



**HAL**  
open science

## L'avenir alimentaire est-il végétal ?

Marie Vincey

► **To cite this version:**

Marie Vincey. L'avenir alimentaire est-il végétal?. Sciences pharmaceutiques. 2018. dumas-01799285

**HAL Id: dumas-01799285**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01799285v1>**

Submitted on 24 May 2018

**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.

# THÈSE

PRÉSENTÉE ET PUBLIQUEMENT SOUTENUE DEVANT LA  
FACULTÉ DE PHARMACIE DE MARSEILLE

Le 16 mai 2018,

PAR

**MARIE VINCEY**

Née le 06 décembre 1989 à Aix-en-Provence

EN VUE D'OBTENIR  
LE DIPLÔME D'ÉTAT DE  
DOCTEUR·E EN PHARMACIE

## **L'avenir alimentaire est-il végétal ?**

### **JURY :**

Président : Monsieur Philippe Charpiot, Professeur de Biochimie fondamentale, moléculaire et clinique

Membres :

- Madame Edwige Tellier, Docteure et Maître de conférences en Biochimie fondamentale, moléculaire et clinique
- Madame Joëlle Boschi, Docteure en Pharmacie



## Liste des membres du corps enseignant

### **ADMINISTRATION :**

<i>Doyen :</i>	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE
<i>Vice-Doyens :</i>	M. Jean-Paul BORG, M. Philippe CHARPIOT, M. Pascal RATHELOT
<i>Chargés de Mission :</i>	M. David BERGE-LEFRANC, M. François DEVRED, Mme Caroline DUCROS, Mme Pascale BARBIER
<i>Conseiller du Doyen :</i>	M. Patrice VANELLE
<i>Doyens honoraires :</i>	M. Jacques REYNAUD, M. Pierre TIMON-DAVID, M. Patrice VANELLE
<i>Professeurs émérites :</i>	M. José SAMPOL, M. Jean-Pierre REYNIER
<i>Professeurs honoraires :</i>	M. Guy BALANSARD, M. Jacques BARBE, M. Yves BARRA, Mme Claudette BRIAND, M. Jacques CATALIN, Mme Andrée CREMIEUX, M. Aimé CREVAT, M. Bernard CRISTAU, M. Gérard DUMENIL, M. Alain DURAND, Mme Danielle GARÇON, M. Maurice JALFRE, M. Joseph JOACHIM, M. Maurice LANZA, M. José MALDONADO, M. Patrick REGLI, M. Jean-Claude SARI
<i>Chef des Services Administratifs :</i>	Mme Florence GAUREL
<i>Chef de Cabinet :</i>	Mme Sandrine NOURIAN
<i>Responsable de la Scolarité :</i>	Mme Myriam TORRE

<p align="center"><b>DEPARTEMENT BIO-INGENIERIE PHARMACEUTIQUE</b> Responsable : Professeur Philippe PICCERELLE</p>
---

<p align="center"><b>PROFESSEURS</b></p>
--

BIOPHYSIQUE	M. Vincent PEYROT M. Hervé KOVACIC
GENIE GENETIQUE ET BIOINGENIERIE	M. Christophe DUBOIS
PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE, BIOPHARMACIE ET COSMETIQUE	M. Philippe PICCERELLE

#### MAITRES DE CONFERENCES

BIOPHYSIQUE	M. Robert GILLI Mme Odile RIMET-GASPARINI Mme Pascale BARBIER M. François DEVRED Mme Manon CARRE M. Gilles BREUZARD Mme Alessandra PAGANO
GENIE GENETIQUE ET BIOTECHNOLOGIE	M. Eric SEREE-PACHA Mme Véronique REY-BOURGAREL
PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE, BIOPHARMACIE ET COSMETOLOGIE	M. Pascal PRINDERRE M. Emmanuel CAUTURE Mme Véronique ANDRIEU Mme Marie-Pierre SAVELLI
NUTRITION ET DIETETIQUE	M. Léopold TCHIAKPE

#### A.H.U.

CULTURE ET THERAPIE CELLULAIRE	M. Jérémy MAGALON
--------------------------------	-------------------

#### ENSEIGNANTS CONTRACTUELS

ANGLAIS	Mme Caroline MONTET
---------	---------------------

#### DEPARTEMENT BIOLOGIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Philippe CHARPIOT

#### PROFESSEURS

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	M. Philippe CHARPIOT
BIOLOGIE CELLULAIRE	M. Jean-Paul BORG
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE Mme Laurence CAMOIN Mme Florence SABATIER-MALATERRE
MICROBIOLOGIE	M. Jean-Marc ROLAIN M. Philippe COLSON
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Nadine AZAS-KREDER

**MAITRES DE CONFERENCES**

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	Mme Dominique JOURDHEUIL-RAHMANI M. Thierry AUGIER M. Edouard LAMY Mme Alexandrine BERTAUD Mme Claire CERINI Mme Edwige TELLIER M. Stéphane POITEVIN
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Nathalie BARDIN Mme Dominique ARNOUX Mme Aurélie LEROYER M. Romaric LACROIX
MICROBIOLOGIE	Mme Michèle LAGET M. Michel DE MEO Mme Anne DAVIN-REGLI Mme Véronique ROUX M. Fadi BITTAR Mme Isabelle PAGNIER Mme Sophie EDOUARD
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Carole DI GIORGIO M. Aurélien DUMETRE Mme Magali CASANOVA Mme Anita COHEN
BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne-Catherine LOUHMEAU

**A.H.U.**

HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Sylvie COINTE
----------------------------	-------------------

**DEPARTEMENT CHIMIE PHARMACEUTIQUE**  
Responsable : Professeur Patrice VANELLE**PROFESSEURS**

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	M. Henri PORTUGAL Mme Catherine BADENS
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Philippe GALLICE
CHIMIE MINERALE ET STRUCTURALE – CHIMIE THERAPEUTIQUE	M. Pascal RATHELOT M. Maxime CROZET
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE	M. Patrice VANELLE M. Thierry TERME
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE, HOMEOPATHIE	Mme Evelyne OLLIVIER

**PROFESSEURS ASSOCIES A TEMPS PARTIEL (P.A.S.T.)**

GESTION PHARMACEUTIQUE, PHARMACOECONOMIE ET ETHIQUE PHARMACEUTIQUE OFFICINALE	M. Jean-Pierre CALISSI
--	------------------------

**MAITRES DE CONFERENCES**

BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE, BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne FAVEL Mme Joëlle MOULIN-TRAFFORT
CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Elisabeth SCHREIBER-DETURMENY Mme Catherine DEFOORT M. Alain NICOLAY Mme Estelle WOLFF Mme Elise LOMBARD
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. David BERGE-LEFRANC M. Pierre REBOUILLON
CHIMIE THERAPEUTIQUE	Mme Catherine DIANA Mme Sandrine FRANCO-ALIBERT Mme Caroline DUCROS M. Marc MONTANA
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE HYDROLOGIE	M. Armand GELLIS M. Christophe CURTI Mme Julie BROGGI M. Nicolas PRIMAS M. Cédric SPITZ M. Sébastien REDON
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE, HOMEOPATHIE	M. Riad ELIAS Mme Valérie MAHIOU-LEDDET Mme Sok Siya BUN Mme Béatrice BAGHDIKIAN

**MAITRES DE CONFERENCE ASSOCIES A TEMPS PARTIEL (M.A.S.T.)**

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Anne-Marie PENET-LOREC
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Thierry ATHUYT
DROIT ET ECONOMIE DE LA PHARMACIE	M. Marc LAMBERT
DROIT ET COMMUNICATION PHARMACEUTIQUES A L'OFFICINE ET GESTION DE LA PHARMAFAC	M. Philippe BESSON

**AHU**

CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE	Mme Manon ROCHE
---------------------------------	-----------------

**ATER**

CHIMIE ANALYTIQUE	Mme Camille DESGROUAS
-------------------	-----------------------

**DEPARTEMENT MEDICAMENT ET SECURITE SANITAIRE**

Responsable : Professeur Benjamin GUILLET

**PROFESSEURS**

PHARMACIE CLINIQUE	Mme Diane BRAGUER
PHARMACODYNAMIE	M. Benjamin GUILLET
TOXICOCINETIQUE ET PHARMACOCINETIQUE	M. Athanassios ILIADIS
TOXICOLOGIE GENERALE	M. Bruno LACARELLE
TOXICOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT	Mme Frédérique GRIMALDI

**MAITRES DE CONFERENCES**

PHARMACODYNAMIE	Mme Suzanne MOUTERDE-MONJANEL
PHYSIOLOGIE	Mme Sylviane LORTET Mme Emmanuelle MANOS-SAMPOL
TOXICOCINETIQUE ET PHARMACOCINETIQUE	M. Hot BUN M. Joseph CICCOLINI Mme Raphaëlle FANCIULLINO
TOXICOLOGIE GENERALE ET PHARMACIE CLINIQUE	M. Pierre-Henri VILLARD M. Stéphane HONORÉ Mme Caroline SOLAS-CHEsNEAU Mme Marie-Anne ESTEVE

**A.H.U.**

PHARMACODYNAMIE	M. Philippe GARRIGUE
-----------------	----------------------

**ATER**

PHARMACODYNAMIE	M. Guillaume HACHE Mme Ahlel BOUHLEL
-----------------	---

**CHARGES D'ENSEIGNEMENT A LA FACULTE**

Mme Nathalie AUSIAS, Pharmacien-Praticien hospitalier  
M. Pierre BERTAULT-PERES, Pharmacien-Praticien hospitalier  
Mme Martine BUES-CHARBIT, Pharmacien-Praticien hospitalier  
M. Gérard CARLES, Pharmacien-Praticien hospitalier  
Mme Nicole FRANCOIS, Pharmacien-Praticien hospitalier  
Mme Sophie GENSOLLEN, Pharmacien-Praticien hospitalier  
Mme Christine PENOT-RAGON, Pharmacien-Praticien hospitalier  
M. Stéphane PICHON, Pharmacien titulaire  
M. Alain RAGON, Pharmacien-Praticien hospitalier  
M. Badr Eddine TEHHANI, Pharmacien – Praticien hospitalier



# PRÉAMBULE

« Rien ne peut exister pour toujours. » (Stephen Hawking)

« L'avenir n'est jamais que du présent à mettre en ordre.  
Tu n'as pas à le prévoir, mais à le permettre. » (Antoine de Saint-Exupéry)

« Quitte à être une goutte d'eau, autant être celle qui fait déborder le vase. »  
(La meuf avec les mots)

C'est pendant mes études de Pharmacie que je me suis ouverte à des problématiques qui sont aujourd'hui les moteurs de mon travail. Je suis intimement convaincue que la Santé, l'Alimentation, en tant que disciplines, doivent être pensées dans des perspectives plus larges, notamment de durabilité environnementale, sans quoi elles font fausse route. Mais c'est la prise de conscience de l'exploitation animale normalisée et institutionnalisée, qui a constitué le point de départ de mon intérêt pour les alimentations végétariennes. C'est ce qui m'a motivée à entamer un long travail de recherches sur des alternatives alimentaires, que je poursuivrai après la soutenance de cette thèse.

Cette thèse clôture mes années d'études, et il me tenait à cœur de choisir ce sujet. J'ai gardé tout au long comme ligne de mire d'être la plus objective possible, et ai mis un point d'honneur à rester factuelle et rigoureuse autant que faire se peut, en mettant de côté donc, le militantisme et la charge émotionnelle évidemment associés à ces thématiques.

Je profite de ce préambule pour prendre l'engagement écrit (je pourrai ainsi plus difficilement m'y dérober !) de trouver les moyens de mettre les connaissances et les compétences que j'ai acquises durant mes études au service de mes idéaux. Avec ce manuscrit, j'espère apporter ma contribution, aussi humble soit-elle, à la reconnaissance des alimentations à dominance végétale et en particulier des alimentations végétaliennes, comme alternatives sérieuses et même cruciales pour l'avenir de la planète et de ses habitant·e·s.

J'ai fait le choix réfléchi d'écrire cette thèse en langage inclusif. Ce type d'écriture est encouragé par le Haut Conseil à l'Égalité entre les femmes et les hommes (HCEFH), qui soulignait dans son rapport de 2015 <sup>1</sup> que « la langue reflète la société et sa façon de penser le monde ».

---

<sup>1</sup> Guide pratique pour une communication publique sans stéréotype de sexe, Haut Conseil à l'Égalité entre les femmes et les hommes, novembre 2015. [Consulté le 20/10/2017]. Disponible sur internet : [http://www.haut-conseil-egalite.gouv.fr/IMG/pdf/hcefh\\_\\_guide\\_pratique\\_com\\_sans\\_stereo-\\_vf-\\_2015\\_11\\_05.pdf](http://www.haut-conseil-egalite.gouv.fr/IMG/pdf/hcefh__guide_pratique_com_sans_stereo-_vf-_2015_11_05.pdf)

# REMERCIEMENTS

J'adresse de sincères remerciements à mon directeur de thèse, Monsieur Philippe Charpiot, pour m'avoir fait confiance en acceptant de me superviser dans mon travail et pour m'avoir orientée tout au long de celui-ci. Merci de m'avoir laissé une grande liberté de travail tout en vous maintenant disponible.

Je suis très reconnaissante aux membres de mon jury, Madame Edwige Tellier et Madame Joëlle Boschi, pour avoir consacré du temps à lire ce manuscrit.

Mes amies me rendent la vie plus belle par leur présence et m'inspirent. Merci en particulier à Mathilde, Émilie, Ariane, Laëtitia, Lolita, Laura. Merci également à Andréa, Fanny, Alice, Marion, Itou, qui ont rendu mes années de pharmacie réjouissantes.

Augustin, mon compagnon dans la vie mais aussi de labeur, a supporté des périodes de doute avec une grande patience et m'a apporté régulièrement son aide dans ce travail.

Ma mère, mon père et ma sœur, m'ont apporté leur soutien pendant toute la durée de ces longues études. Mon père m'a probablement initié à la médecine et a courageusement relu plusieurs fois l'intégralité de cette thèse.

J'apporte ma reconnaissance à toutes celles et ceux qui m'ont inspirée et continueront de le faire.

Enfin, je dédie cette thèse à celles et à ceux qui rêvent d'un monde plus juste et harmonieux et qui travaillent à construire la société de demain. À toutes celles et ceux que les espoirs portent et qui s'en embrasent.

***« L'Université n'entend donner aucune approbation, ni improbation aux opinions émises dans les thèses. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs. »***

## Table des matières

PRÉAMBULE .....	9
REMERCIEMENTS .....	11
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	21
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	25
LISTE DES ANNEXES .....	29
INTRODUCTION .....	31
PREMIÈRE PARTIE : L'ÉTAT DES LIEUX ET LES DÉFIS À RELEVER.....	33
<b>Chapitre 1 : Le rôle de la viande dans l'évolution du genre Homo et la transition nutritionnelle dès la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle en France et dans le monde .....</b>	<b>33</b>
A) Rôle de la viande dans l'évolution des hominidés.....	33
B) Augmentation de la consommation de POA en France depuis la seconde moitié du 20 <sup>ème</sup> siècle.....	36
C) Augmentation de la consommation de POA dans le monde depuis la seconde moitié du 20 <sup>ème</sup> siècle.....	37
D) Prospections réalisées pour 2030 en France et dans le monde .....	38
E) Nouveaux enjeux du 21 <sup>ème</sup> siècle qui pourraient inverser la tendance.....	39
<b>Chapitre 2 : Les défis environnementaux liés à l'agriculture et en particulier à l'élevage .....</b>	<b>41</b>
A) Émissions des gaz à effet de serre (GES) par le secteur de l'élevage dans le contexte actuel des changements climatiques .....	41
I/ Introduction aux changements climatiques et aux GES .....	41
II/ Estimations des émissions actuelles de GES provenant de l'élevage .....	44
III/ Projections futures des émissions de GES issues de l'élevage .....	48
a) Amélioration des systèmes de production pour diminuer les émissions de GES.....	48
b) Études prospectives comparant plusieurs scénarios et mise en évidence de l'importance du changement des habitudes alimentaires .....	50
B) Utilisation et pollution des ressources en eau douce par le secteur de l'élevage .....	54
I/ Raréfaction des ressources en eau douce .....	55
II/ Mise en cause de l'élevage dans l'épuisement et la pollution des ressources en eau douce.....	55
a) Méthodes d'évaluation de l'utilisation d'eau d'un secteur grâce à l'empreinte hydrique.....	55

b) Résultats des calculs de l’empreinte hydrique des POA, selon la Water Footprint Network .....	56
c) L’élevage, premier secteur consommateur d’eau selon l’Organisation des Nations Unies (ONU) ....	57
C) Comparaison de l’impact environnemental de l’élevage en système extensif et en système intensif .....	58
I/ Émissions de GES, par surface ou par kg, dans les systèmes intensifs et extensifs.....	58
II/ Utilisation des terres dans les systèmes intensifs et extensifs.....	60
a) Les systèmes extensifs, responsables des transformations dans l’utilisation des terres .....	60
b) Nécessité de prendre en compte la contrainte « terre » et compétition des terres pour nourrir les humain·e·s ou les animaux d’élevage .....	61
III/ Utilisation de l’eau et pollution de l’eau dans les systèmes intensifs et extensifs.....	62
<b>Chapitre 3 : Les défis de santé liés à l’alimentation .....</b>	<b>65</b>
A) Généralités sur les relations entre les différents groupes d’aliments et maladies.....	65
B) Lien entre les POA et le surpoids .....	68
I/ Introduction sur le surpoids et l’obésité.....	68
II/ Lien entre la viande et le changement de poids .....	69
III/ Lien entre les autres POA et le changement de poids.....	69
C) Lien entre les POA et les maladies cardiovasculaires (MCV) .....	70
I/ Introduction sur les MCV.....	70
II/ Lien entre la viande et les MCV.....	71
III/ Lien entre les autres POA et les MCV .....	72
D) Lien entre les POA et le diabète de type 2 (DT2).....	73
I/ Introduction sur le DT2.....	73
II/ Lien entre la viande et le DT2 .....	74
III/ Lien entre les autres POA et le DT2.....	76
E) Lien entre les POA et les cancers .....	77
I/ Introduction sur les cancers.....	77
II/ Lien entre la viande et les cancers .....	78
a) Classification de la viande hors volaille comme carcinogène « probable ».....	78
b) Classification de la viande transformée (dont la charcuterie) comme carcinogène .....	80
c) Avis récent et nouvelles recommandations de l’ANSES sur la viande hors volaille et la viande transformée.....	81
III/ Lien entre les autres POA et les cancers.....	82
F) Conclusion sur les liens entre les POA et les principales maladies chroniques.....	83
G) Antibiorésistance chez les animaux et les humain·e·s .....	85
<b>DEUXIÈME PARTIE : LES ALIMENTATIONS VÉGÉTARIENNES COMME UNE RÉPONSE POSSIBLE AU DÉFI ALIMENTAIRE ET DE SANTÉ PUBLIQUE DU 21<sup>ÈME</sup> SIÈCLE ?.....</b>	<b>89</b>

<b>Chapitre 1 : Le développement croissant des régimes végétariens et du véganisme.....</b>	<b>89</b>
A) Définitions : végétarisme, végétalisme, ovo-, lacto-, ovo-lacto-végétarisme, flexitarisme, véganisme.....	89
I/ Végétarisme.....	89
II/ Végétalisme .....	89
III/ Autres définitions : ovo-lacto-, ovo-, lacto-, pesco-végétarisme, flexitarisme.....	90
IV/ Véganisme .....	90
B) Motivations des personnes végétariennes, végétaliennes et véganes .....	93
I/ Éthique animale .....	93
II/ Éthique liée à la pratique d'une religion prônant le végétarisme .....	94
a) Le jaïnisme.....	95
b) L'hindouisme .....	95
c) Le bouddhisme.....	96
III/ Considérations environnementales.....	96
IV/ Intérêts pour la santé.....	97
V/ Crises sanitaires récurrentes et risque animal.....	97
VI/ Autres motivations.....	98
C) Percée du végétarisme, du végétalisme et du véganisme dans les sociétés.....	98
I/ Prévalence des végétarien·ne·s, végétalien·ne·s et personnes ayant diminué ou souhaitant diminuer leur consommation de POA, en France et dans le monde.....	98
a) En France.....	99
b) Dans le monde.....	101
II/ Intérêt de la population pour le végétarisme, végétalisme et véganisme en France et dans le monde : données de Google Trends .....	101
a) En France.....	101
b) Dans le monde.....	103
III/ Manifestation de cet intérêt dans la société en France .....	103
 <b>Chapitre 2 : Les recommandations officielles des organismes de santé concernant le végétarisme et le végétalisme, en France, aux États-Unis et au Royaume-Uni .....</b>	<b>107</b>
A) Recommandations officielles en France concernant le végétarisme et le végétalisme.....	107
I/ Dans les guides de l'ANSES .....	107
a) Brochures à destination de tous·tes.....	107
b) Brochures à destination des enfants, pré-adolescent·e·s et adolescent·e·s.....	108
II/ Révision récente du PNNS : révision des repères de consommation alimentaire.....	110
a) Contexte .....	110
b) Résultats du travail d'expertise .....	110
c) Nouvelles recommandations concernant la viande .....	111
d) Nouvelles recommandations concernant les légumineuses .....	112

B) Recommandations officielles aux États-Unis concernant le végétarisme et le végétalisme .....	113
I/ Position de l'U.S Department of Agriculture (USDA): Dietary Guideline for Americans: 2015-2020 ....	113
II/ Position de l'American Dietetic Association (ADA).....	114
C) Recommandations officielles au Royaume-Uni concernant le végétarisme et le végétalisme.....	114
I/ Position du National Health Service (NHS) .....	114
II/ Position de la British Dietetic Association (BDA).....	115
D) Perspectives d'évolution des recommandations françaises sur le végétarisme et le végétalisme.....	116

### **Chapitre 3 : Les bénéfices d'une alimentation végétarienne ou végétalienne bien menée sur la santé humaine**

.....	<b>121</b>
A) Rappel sur les maladies chroniques.....	121
B) Effets des alimentations végétariennes sur les principaux facteurs de risques métaboliques des maladies chroniques.....	122
I/ Effets des régimes végétariens sur le surpoids et l'obésité .....	122
II/ Effets des régimes végétariens sur l'hypertension artérielle.....	124
III/ Effets des régimes végétariens sur l'hyperlipidémie.....	125
IV/ Effets des régimes végétariens sur l'hyperglycémie et sur la résistance à l'insuline .....	128
V/ Conclusion .....	128
C) Bénéfices des alimentations végétariennes sur les maladies cardiovasculaires (MCV) .....	129
I/ Études épidémiologiques comparant l'effet des régimes végétariens et du régime non-végétarien sur les MCV .....	129
II/ Mécanismes et facteurs protecteurs à l'origine des bénéfices des régimes végétariens sur les MCV	132
D) Bénéfices des alimentations végétariennes sur le diabète de type 2 (DT2).....	135
I/ Études épidémiologiques comparant l'effet des régimes végétariens et du régime non-végétarien sur le DT2 .....	135
II/ Mécanismes et facteurs protecteurs à l'origine des bénéfices des régimes végétariens sur le DT2..	137
E) Bénéfices des alimentations végétariennes sur les cancers .....	141
I/ Études épidémiologiques comparant l'effet des régimes végétariens et du régime non-végétarien sur les cancers.....	141
II/ Mécanismes et facteurs protecteurs à l'origine des bénéfices des régimes végétariens sur les cancers .....	143
F) Relations établies entre les alimentations végétariennes et le risque de mortalité toutes causes confondues .....	145

### **Chapitre 4 : Le cas des pays en développement : autres défis nutritionnels à prendre en compte et rôle des protéines végétales pour augmenter la sécurité alimentaire .....**

.....	<b>147</b>
A) « Double fardeau » des pays en développement .....	147
I/ Surpoids/obésité et maladies chroniques liées à l'alimentation.....	147
II/ Dénutrition et malnutrition en matière de micronutriments .....	148

B) Insécurité alimentaire dans les pays en développement .....	149
I/ Évolution de l'insécurité alimentaire.....	149
II/ Causes de l'insécurité alimentaire.....	150
C) Les légumineuses, outil d'amélioration important de la sécurité alimentaire .....	150
I/ Double intérêt économique des légumineuses .....	151
II/ Facilité de culture : adaptation des légumineuses aux climats extrêmes et aux terres marginales.....	151
III/ Réduction du gaspillage alimentaire .....	152
IV/ Agriculture durable et atténuation des changements climatiques.....	152
V/ Intérêt pour lutter contre la malnutrition .....	153
D) Promotion de la consommation de légumineuses par la FAO .....	153

## TROISIÈME PARTIE : COMMENT ADOPTER UNE ALIMENTATION VÉGÉTARIENNE OU VÉGÉTALIENNE ÉQUILBRÉE ET RÔLE DES PROFESSIONNEL·LE·S DE SANTÉ..... 157

### **Chapitre 1 : Les besoins nutritionnels de l'organisme humain..... 157**

A) Définition des besoins nutritionnels .....	157
B) Notion d'essentialité.....	157
I/ Nutriments essentiels (ou indispensables).....	157
II/ Nutriments semi-essentiels (ou conditionnellement indispensables).....	158
III/ Nutriments non essentiels.....	158
C) Généralités sur les références nutritionnelles en France .....	158
D) Besoins énergétiques.....	159
E) Valeurs nutritionnelles de référence chez l'adulte pour les différents nutriments .....	160

### **Chapitre 2 : Les spécificités nutritionnelles des alimentations végétariennes ..... 163**

A) Protéines .....	164
I/ Rappels et généralités .....	164
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne.....	176
a) Tableau clinique de la carence.....	176
b) Statut en protéines chez les populations végétariennes et végétaliennes .....	177
c) Prévention de la carence en protéines et mesures correctives en cas de carence avérée en protéines .....	179
B) Oméga 3 .....	180
I/ Rappels et généralités .....	180
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne.....	187
a) Tableau clinique de la carence en oméga 3 à longue chaîne et biomarqueurs du statut en oméga 3 à longue chaîne .....	187
b) Statut en oméga 3 chez les populations végétariennes et végétaliennes.....	189

c) Prévention de la carence en oméga 3 et mesures correctives en cas de carence avérée en oméga 3	190
C) Fer	193
I/ Rappels et généralités	193
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne	195
a) Tableau clinique de la carence en fer et biomarqueurs du statut en fer	195
b) Statut en fer chez les populations végétariennes et végétaliennes	195
c) Prévention de la carence en fer et mesures correctives en cas de carence avérée en fer	197
D) Iode	199
I/ Rappels et généralités	199
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne	201
a) Tableau clinique de la carence en iode et biomarqueurs du statut en iode	201
b) Statut en iode chez les populations végétariennes et végétaliennes	201
c) Prévention de la carence en iode et mesures correctives en cas de carence avérée en iode	203
E) Zinc	204
I/ Rappels et généralités	204
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne	206
a) Tableau clinique de la carence en zinc et biomarqueurs du statut en zinc	206
b) Statut en zinc chez les populations végétariennes et végétaliennes	207
c) Prévention de la carence en zinc et mesures correctives en cas de carence avérée en zinc	208
F) Calcium	210
I/ Rappels et généralités	210
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne	212
a) Tableau clinique de la carence en calcium et biomarqueurs du statut en calcium	212
b) Statut en calcium chez les populations végétariennes et végétaliennes	213
c) Prévention de la carence en calcium et mesures correctives en cas de carence avérée en calcium	215
G) Vitamine D	216
I/ Rappels et généralités	216
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne	220
a) Tableau clinique de la carence en vitamine D et biomarqueurs du statut en vitamine D	220
b) Statut en vitamine D chez les populations végétariennes et végétaliennes	221
c) Prévention de la carence en vitamine D et mesures correctives en cas de carence avérée en vitamine D	221
H) Vitamine B12	223
I/ Rappels et généralités	223
II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne	230
a) Tableau clinique et biologique de la carence en vitamine B12 et biomarqueurs du statut en vitamine B12	230

b) Statut en vitamine B12 chez les populations végétariennes et végétaliennes.....	232
c) Prévention de la carence en vitamine B12 et mesures correctives en cas de carence avérée en vitamine B12.....	234
<b>Chapitre 3 : Les professionnel-le-s de santé et les régimes végétariens.....</b>	<b>239</b>
A) Récentes et premières études françaises concernant la relation médecin – patient·e .....	239
B) Rôle des professionnel-le-s de santé (médecins, pharmacien-ne-s, etc.) .....	241
C) Nécessité d'évolution du PNNS et des formations initiales universitaires .....	242
 <b>CONCLUSION.....</b>	 <b>247</b>
 <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	 <b>251</b>
 <b>ANNEXES .....</b>	 <b>277</b>



# LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

## Liste des figures

- Figure 1** : Évolution de la consommation (en kg/habitant·e/an) de viande de bovin, porc, volaille et mouton, de 1960 à 2010, en France. Source : Ministère de l’agriculture et de l’alimentation – agreste, 2017 (9) .....36
- Figure 2** : Évolution de la consommation (en kg/an/habitant·e) de produits laitiers de 1960 à 2010, en France. Source : Ministère de l’agriculture et de l’alimentation – agreste, 2017 (9).....37
- Figure 3** : Relation entre calories animales consommées (kcal/personne/jour) et disponibilité alimentaire, représentée par les calories totales consommées (kcal/personne/jour), de 1961-1963 à 2009-2011. Source : Centre d’Étude et de prospectives (CEP), Ministère de l’Agriculture et de l’Alimentation, 2017 (11) .....38
- Figure 4** : Évolution de la consommation en produits issus d’animaux marins (kg de poids vif/pers/an) par grandes régions. Source : Centre d’Étude et de prospectives (CEP), Ministère de l’Agriculture et de l’Alimentation, 2017 (11) .....39
- Figure 5** : Cartographie de l’évolution des températures en surface observée entre 1901 et 2012. Source : GIEC, 2013 (15).....42
- Figure 6** : Évolution des rejets de dioxyde de carbone de 1958 à 2015, enregistrés à Mauna Loa à Hawaï (en rouge) et au pôle sud (en noir). Source : GIEC, 2013 (15) .....43
- Figure 7** : Évolution de la pression partielle de dioxyde carbone dissous à la surface des océans (en bleu) et du pH in situ de l’eau de mer (en vert), provenant de trois stations de l’océan Atlantique (bleu foncé, vert foncé) et Pacifique (bleu clair vert clair). Source : GIEC, 2013 (15) .....44
- Figure 8** : Estimation des émissions de GES (Mt CO<sub>2</sub>-eq/an) par espèce (figure à gauche) ; et estimation des émissions de GES (kg CO<sub>2</sub>-eq) par kg de protéines produites (figure à droite). Source : Gerber et al, 2013 (20).....46
- Figure 9** : Cartographie de l’intensité des émissions de GES (kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de protéines d’origine animale) en fonction des régions du monde. Source : Gerber et al, 2013 (20)49

<b>Figure 10</b> : Production de GES par l'élevage (Mt CO <sub>2</sub> -eq/an) (figure à gauche), et production animale (Mt protéines) (figure de droite), en fonction des animaux et des régions. Source : Gerber et al, 2013 (20) .....	50
<b>Figure 11</b> : Estimation des futures émissions globales de GES (Mt CO <sub>2</sub> -eq/an), en fonction de plusieurs scénarios. Source : Popp et al, 2010 (28).....	52
<b>Figure 12</b> : Estimation des futures émissions de GES liées aux aliments (Gt CO <sub>2</sub> -eq/an), en fonction de différents scénarios, pour 2030, 2050 et 2070, avec comme base l'objectif de rester sur la base de 2°C. Source : Hedenus et al, 2014 (30).....	53
<b>Figure 13</b> : Empreinte environnementale (émissions de CO <sub>2</sub> , consommation d'eau, utilisation des terres) en fonction du régime alimentaire. Source : Rosi et al, 2017 (31).....	54
<b>Figure 14</b> : Facteurs de risque des cancers. Source : INCa, 2014 (55) .....	77
<b>Figure 15</b> : Nombres et pourcentages de cas de cancers attribuables à différents facteurs de risques, en particulier au surpoids / obésité et à l'alimentation, au Royaume-Unis en 2010. Source : Parkin et al, 2011 (69).....	78
<b>Figure 16</b> : Résumé des niveaux de preuve des relations entre les facteurs nutritionnels et différentes localisations de cancers. Source : INCa, 2016 (68).....	79
<b>Figure 17</b> : Comparaison entre le nombre de recherches effectuées sur le web pour le mot « végétarisme » (en bleu) et « véganisme » (en rouge) en France. Source : Google Trends, 2004 à octobre 2017.....	102
<b>Figure 18</b> : Nombres de recherches effectuées sur le web pour le mot « vegan » en France. Source : Google Trends, 2004 à octobre 2017.....	102
<b>Figure 19</b> : Nombre de recherches effectuées sur le web pour le mot « vegan » dans le monde. Source : Google Trends, 2004 à octobre 2017.....	103
<b>Figure 20</b> : IMC en fonction de l'âge et du régime alimentaire. Source : Appleby et al., 1998 (122).....	122
<b>Figure 21</b> : Lien entre le régime alimentaire et les facteurs de risque métabolique, dont le tour de taille et l'IMC. Source : Rizzo et al., 2011 (125) .....	123
<b>Figure 22</b> : Effet des régimes végétariens sur les concentrations plasmatiques en cholestérol total (CT) (A) et LDL-cholestérol (B). Source : Wang et al., 2015 (128).....	126
<b>Figure 23</b> : Effets des régimes végétariens sur les concentrations plasmatiques en non-HDL-CT. Source : Wang et al., 2015 (128) .....	126

<b>Figure 24</b> : Schéma résumant les principaux facteurs de risques comportementaux (encadrés en violet) et métaboliques (encadrés en rouge) des maladies chroniques et les relations pouvant exister entre les facteurs de risques métaboliques et les alimentations végétariennes et végétaliennes. ....	129
<b>Figure 25</b> : Box plot des points de CVR (risque cardiovasculaire) chez les hommes lacto-végétariens et non-végétariens âgés de 24 à 55 ans (n= 169). Source : Yang et al., 2012 (140).....	132
<b>Figure 26</b> : Probabilité de développer une MCV dans les 10 ans, en fonction de l'âge, chez des hommes lacto-végétariens (n=117) et chez des hommes omnivores (n=126), âgés de 24 à 55 ans (n= 169). Source : Yang et al., 2012 (140) .....	132
<b>Figure 27</b> : (A) : Risque relatif (RR) de développer un DT2 avec une consommation de trois portions par jour de céréales complètes (en haut à gauche) ou de céréales raffinées (en haut à droite) ; (B) : Risque relatif (RR) de développer un DT2 en fonction du nombre de portions consommées de céréales complètes (en bas à gauche) ou de céréales raffinées (en bas à droite). Ces résultats ont été calculés après ajustements sur l'IMC. Source : Aune et al., 2013 (149) .....	139
<b>Figure 28</b> : Risque relatif (RR) de développer un DT2 en fonction du nombre de portions de fruits (à gauche) ou de légumes verts (à droite) consommés par jour. Source : Li et al., 2014 (150) .....	140
<b>Figure 29</b> : « <i>Overnight second meal effect</i> » : Réponse glycémique postprandiale après un dîner et après le petit-déjeuner standard suivant, chez des sujets sains (n=21) ayant consommé au dîner des lentilles (index glycémique bas, représenté par o), ou bien du glucose (index glycémique élevé, représenté par •). Source : Wolever et al., 1998 (153) .....	141
<b>Figure 30</b> : Schéma résumant les intérêts pour les pays en développement, à favoriser le remplacement les « protéines animales » par des légumineuses ou « protéines végétales ». ....	154
<b>Figure 31</b> : PDCAAS de protéines alimentaires issues de quelques aliments d'origine animale ou végétale. Source : ANSES, 2017 (184).....	170
<b>Figure 32</b> : Risque de mortalité toutes causes confondues et de mortalités spécifiques (en particulier, MCV, cancers), associée avec une substitution de 3 % de l'apport calorique en protéines animales par des protéines végétales, après divers ajustements (apport	

calorique total, pourcentage d'apport en divers acides gras, tabac, BMI, activité physique, consommation d'alcool, antécédent d'hypertension artérielle, index glycémique, apports en céréales complètes, fibres, fruits, légumes). Source : Song et al., 2016 (198)..... 174

**Figure 33** : Structure chimique des vitamines D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> et de leur provitamine respective

Source : EFSA, 2016 (276) ..... 217

**Figure 34** : Résumé des références fixées par l'EFSA en 2015 ..... 228

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Relations établies entre les aliments végétaux (fruits et légumes, céréales complètes, légumineuses, graines oléagineuses) et plusieurs maladies : le surpoids, les maladies cardiovasculaires (MCV), le diabète de type 2 (DT2), plusieurs cancers (colorectal, du sein, de la prostate). Tableau réalisé à partir des données du récent rapport de l'ANSES (48). ..... 67

**Tableau 2** : Relations établies entre les aliments végétaux (fruits et légumes, céréales complètes, légumineuses, graines oléagineuses) et plusieurs maladies : le surpoids, les maladies cardiovasculaires (MCV), le diabète de type 2 (DT2), plusieurs cancers (colorectal, du sein, de la prostate). Tableau réalisé à partir des données du dernier rapport de l'ANSES (48). ..... 85

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

AA : Acide Arachidonique

AAE : Acide aminé essentiel

ADA : American Dietetic Association

AESA : Apport Énergétique Sans Alcool

AET : Apport Énergétique Total

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

AGPI : Acide gras polyinsaturés

AHS : Adventist Health Studies

AIL : Année Internationale des Légumineuses

ALA : Acide alpha-linoléique

AMM : Acide méthymalonique

ANC : Apports Nutritionnels Conseillés

ANSES : Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AS : Apport Satisfaisant

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

AVF : Association Végétarienne de France

BCAA : Branched-chain amino acid

BDA : British Dietetic Association

BNM : Besoin Nutritionnel Moyen

CIRC (IARC en anglais) : Centre International de Recherche sur le Cancer

CO<sub>2</sub>-eq : équivalent CO<sub>2</sub>

CT : Cholestérol Total

DGS : Direction Générale de Santé

DHA : Acide docosahexaénoïque

DMO : Densité minérale osseuse

DT2 : Diabète de type 2

EFSA : European Food Safety Agency

EPA : Acide eicosapentanénoïque

EPIC : the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition

FAO : Food and Agriculture Organization for the United Nations

FADS : Fatty Acid Desaturase  
FCRN : Food Climate Research Network  
FI : Facteur intrinsèque  
GES : Gaz à effet de serre  
GIEC (IPCC en anglais) : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat  
HDL : High Density Lipoprotein  
HHS : U.S department of Health and Human Services  
Holo-TCII : Holo-transcobalamine II  
HR : Hazard Ratio  
IC : Intervalle de Confiance  
IMC : Indice de Masse Corporelle  
INCa : Institut National du Cancer  
INCA : Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires  
IOM : Institute of Medicine  
LA : Acide linoléique  
LDL : Low Density Lipoprotein  
LSS : Limite Supérieure de Sécurité  
MCV : Maladies cardiovasculaires  
NHANES : National Health and Nutrition Examination Survey  
NHS (cohorte) : Nurse's Health Study  
NHS (organisme) : National Health Service  
OR : Odds Ratio  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
ONU : Organisation des Nation-unies  
PNNS : Plan National Nutrition Santé  
POA : Produits d'origine animale  
RDA : Recommended Dietary Allowance  
RNP : Référence Nutritionnelle pour la population  
RR : Risque Relatif  
SAM : S-adenosyl-méthionine  
TMAO : Triméthylamine-N-oxyde  
UI : Unité Internationale  
UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

USDA : U.S Department of Agriculture

WCRF : World Cancer Research Fund International

WEF : Forum Economique Mondial

WWAP : Programme Mondial pour l'Évaluation des Ressources en Eau

WWI : WorldWatch Institute



## LISTE DES ANNEXES

<b>ANNEXE 1</b> : Consommations alimentaires moyennes (kcal/pers/jour), de 1969-1971 à 2030, dans le monde. ....	277
<b>ANNEXE 2</b> : Consommation de viande dans le monde, en 2011.....	278
<b>ANNEXE 3</b> : Phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes : évaluation à l'échelle du globe des changements récemment observés ainsi que de la contribution humaine aux changements, et projection d'autres changements pour le début et la fin du XXI <sup>e</sup> siècle. ....	279
<b>ANNEXE 4</b> : Émissions globales dues au secteur de l'élevage, par catégorie d'émission. ....	280
<b>ANNEXE 5</b> : La « crise de l'eau » selon le Forum économique Mondial (WEF).....	281
<b>ANNEXE 6</b> : L'importance des interconnexions entre les différentes crises selon le Forum économique Mondial (WEF). ....	282
<b>ANNEXE 7</b> : Tableau résumant des niveaux de preuve existant entre le lait et les produits laitiers, et diverses localisations de cancer, d'après le WCRF. ....	283
<b>ANNEXE 8</b> : Sondage OpinonWay pour TerraEco, Les français et le végétarisme, réalisé en janvier 2016.....	284
<b>ANNEXE 9</b> : Pages de couverture du journal Libération le 21 septembre 2016, et du journal Les Inrockuptibles le 28 septembre 2016.....	286
<b>ANNEXE 10</b> : Sondage ifop pour le collectif AnimalPolitique, portant sur la sensibilité des Français·e·s à la cause animale lors des élections de 2017. ....	287
<b>ANNEXE 11</b> : Le végétarisme et le végétalisme dans le guide nutrition pour les adolescent·e·s.....	289
<b>ANNEXE 12</b> : Le <i>Healthy Vegetarian Eating Pattern</i> : tableau issu du <i>Dietary Guideline for Americans (2015-2020)</i> , représentant les recommandations officielles pour les personnes végétariennes et végétaliennes aux États-Unis. ....	290
<b>ANNEXE 13</b> : Guide de bonne pratique du végétarisme et du végétalisme selon la British Dietetic Association (BDA). ....	292
<b>ANNEXE 14</b> : Apports nutritionnels moyens, ajustés sur l'âge et le sexe, chez les personnes végétariennes, végétaliennes, et non-végétariennes, dans l'étude NutriNet-Santé (2009-2015, n= 93 823).....	294

<b>ANNEXE 15</b> : Prévalence d'apports insuffisants (par rapport aux recommandations françaises) chez les personnes végétariennes, végétaliennes et non-végétariennes, dans l'étude NutriNet-Santé (2009-2015, n= 93 823). .....	294
<b>ANNEXE 16</b> : Principales causes de mortalité dans le monde, en 2000 et en 2015.....	295
<b>ANNEXE 17</b> : Principales causes de mortalité selon le groupe de revenu (bas, moyen inférieur, moyen supérieur, ou élevé) auquel le pays appartient. ....	296
<b>ANNEXE 18</b> : Fiche FAO : Les légumineuses contribuent à la sécurité alimentaire. ....	297
<b>ANNEXE 19</b> : Bande dessinée de la FAO à destination des enfants : Les légumineuses contribuent à la sécurité alimentaire. ....	298
<b>ANNEXE 20</b> : Fiche FAO : Les légumineuses et la biodiversité. ....	302
<b>ANNEXE 21</b> : Fiche FAO : Les légumineuses et le changement climatique.....	303
<b>ANNEXE 22</b> : Fiche FAO : Avantages nutritionnels des légumineuses.....	304
<b>ANNEXE 23</b> : Fiche FAO : Bienfaits des légumineuses sur la santé.....	305
<b>ANNEXE 24</b> : Récapitulatif des références nutritionnelles énergétiques françaises officielles pour les hommes et les femmes adultes, d'après le dernier rapport de l'ANSES sur l'actualisation des repères du PNNS.....	306
<b>ANNEXE 25</b> : Tableau récapitulatif des références nutritionnelles officielles françaises en vitamines et minéraux pour les hommes adultes, d'après le dernier rapport de l'ANSES sur l'actualisation des repères du PNNS.....	307
<b>ANNEXE 26</b> : Tableau récapitulatif des références nutritionnelles officielles françaises en vitamines et minéraux pour les femmes adultes, d'après le dernier rapport de l'ANSES sur l'actualisation des repères du PNNS.....	308
<b>ANNEXE 27</b> : Article du Canard enchaîné, portant sur l'influence des industriels du lait en France. ....	309

# INTRODUCTION

Le rapport annuel de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) de 2011 (1) conjecture que, à moins de changer radicalement de modèle alimentaire, entre 2005 et 2050, la demande de viande augmentera de 73 % et celle de lait de 58 %.

Or en 2009, la FAO consacrait son rapport annuel à l'élevage (2) et jugeait déjà que cette augmentation de la demande de viande pourrait avoir à terme des « conséquences catastrophiques sur les moyens d'existence, la santé humaine et animale, et l'environnement ».

Mais en même temps que la consommation de viande augmente au niveau mondial, on assiste à un intérêt croissant pour le végétarisme et le végétalisme. L'attrait du grand public pour ces modes d'alimentation révèle des préoccupations éthiques, environnementales et de santé. En France, ces alimentations s'ancrent dans le paysage français comme des tendances lourdes, depuis notamment la diffusion des vidéos d'enquêtes dans les abattoirs par l'association L214. La réduction de la consommation de produits d'origine animale (POA) et la crise de l'élevage, témoignent de l'essoufflement du modèle agro-alimentaire mis en place après la Seconde Guerre mondiale.

Si cette tendance alimentaire persiste et s'accroît au sein de la société et si elle est soutenue par la mise en place de politiques, on peut s'attendre à assister à une évolution majeure du système alimentaire dans les prochaines années. Les professionnel·e·s de la santé auront alors un rôle primordial à jouer pour accompagner ce changement de modèle.

Dans cette thèse, nous tenterons notamment de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les défis à relever pour le 21<sup>ème</sup> siècle en matière d'environnement et de santé et quelles sont les relations existantes entre ces problématiques et la consommation de POA ou l'excès de consommation de POA ?

- Est-ce qu'une alimentation végétarienne ou végétalienne bien menée pourrait être une réponse possible au défi alimentaire et de santé publique de notre siècle ? En particulier, en quoi ce type d'alimentation pourrait être bénéfique à la prévention du surpoids/obésité et à la prévention des maladies chroniques ?
- Quelles sont les précautions à prendre pour garantir une alimentation végétarienne ou végétalienne sans carence et quels sont les moyens de maximiser les bénéfices de ces alimentations ?
- Comment les professionnel-le-s de la santé peuvent accompagner ce changement de modèle alimentaire ?

Par commodité, le terme « alimentations végétariennes » (au pluriel), sera souvent utilisé pour désigner au sens large – comme c'est souvent le cas dans la littérature scientifique –, les alimentations végétarienne et végétalienne. Par ailleurs, dans la littérature scientifique internationale, les termes les plus utilisés pour désigner les personnes qui ont une alimentation conventionnelle (*ie* qui mangent des produits carnés) sont *meat eaters*, *non vegetarian*, ou *omnivorous*. Dans cette thèse, par souci d'exactitude (« omnivore » étant une caractéristique physiologique), ces populations seront qualifiées de « non-végétariennes ».

# PREMIÈRE PARTIE : L'ÉTAT DES LIEUX ET LES DÉFIS À RELEVER

## Chapitre 1 : Le rôle de la viande dans l'évolution du genre Homo et la transition nutritionnelle dès la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle en France et dans le monde

### A) Rôle de la viande dans l'évolution des hominidés

L'Homo sapiens est omnivore, de même que ses ancêtres du genre Homo : par définition, son appareil digestif lui permet d'absorber des aliments d'origine végétale comme animale, même si la base de son alimentation est constituée de produits végétaux (céréales, fruits, graines, légumes, racines, feuilles, etc.).

Le régime omnivore est un régime alimentaire opportuniste, c'est-à-dire que le sujet omnivore est capable d'adapter son régime alimentaire aux circonstances ou aux ressources disponibles. Il peut donc être amené à faire des choix alimentaires (3) : par exemple, une famine, ses goûts propres, ses croyances, les convenances sociales, les considérations éthiques, les connaissances scientifiques, peuvent influencer sur ces choix. Le régime omnivore facilite l'adaptation et la survie de l'espèce.

Le régime alimentaire des premières espèces d'hominidés était essentiellement composé de végétaux et l'incorporation de protéines animales aurait débuté chez les premiers représentants du genre Homo (4). Ainsi, il y a 2,5 millions d'années, il existe un certain nombre de preuve (par exemple, outils en pierre, infection commune des hyènes et des représentant·e·s de l'humain·e par les mêmes ténias) montrant que les premiers représentant·e·s de la lignée humaine, les Homo habilis, mangeaient de la viande, possiblement issue de la charogne, puis de la chasse (5).

Il y a environ 1,5 millions d'années, les représentants du genre Homo ont commencé à augmenter leur consommation de viande (5). À cette même époque, l'habitat des hominidés a changé, ses mâchoires ont diminué en taille, son cerveau a grossi (5).

Il est admis aujourd'hui que la viande a eu une influence sur des changements morphologiques, comme une diminution de la taille de l'intestin ou une diminution de la taille des mâchoires (4). Elle aurait également joué un rôle important dans l'« encéphalisation », qui désigne l'accroissement relatif du cerveau par rapport à la taille du corps (4).

La chercheuse britannique Leslie Aiello a mené une importante étude en collaboration avec Peter Wheeler, publiée en 1995 (6) et qui est à l'origine du récent lien supposé entre l'encéphalisation et la viande. Son étude fait souvent l'objet de raccourcis, à l'origine d'une mauvaise interprétation : selon l'hypothèse d'Aiello, la viande n'aurait pas permis au cerveau de se développer, comme on peut souvent l'entendre, mais plutôt de pouvoir se développer. La relation dont on parle souvent entre la taille relative du cerveau et le régime alimentaire est en réalité une relation entre la taille relative du cerveau et la taille relative de l'intestin, cette dernière étant déterminée par la qualité de l'alimentation. Plus précisément, selon Aiello, la consommation d'aliments de « grande qualité » (viandes, graines, tubercules) et digestes (notamment, grâce à la cuisson) aurait permis une diminution de la taille relative de l'intestin, le rendant moins coûteux en énergie et laissant plus d'énergie disponible à l'organisme et notamment au cerveau, pour que ce dernier puisse se développer. C'est ce qu'Aiello a appelé la « théorie des tissus coûteux » : l'accroissement de la taille relative du cerveau ne peut se faire qu'au détriment d'un autre organe coûteux en énergie, l'intestin, selon ses études. Cette « théorie des tissus coûteux » fait aujourd'hui consensus, mais le rôle de l'intestin est remis en question par d'autres théories. L'une d'elles, soutenue par Navarette et publiée récemment dans le journal Nature, estime que l'accroissement relatif de la taille du cerveau se serait faite non pas grâce à une diminution de la taille relative de l'intestin, mais plutôt grâce à une réduction de la masse graisseuse (7). Le rôle d'une alimentation de grande qualité et digestible est important, mais l'encéphalisation aurait également été permise par d'autres facteurs (non exclusifs entre eux), comme les interactions sociales, le partage et la constitution des réserves, des apports énergétiques stables (évitement des périodes de jeûne), la bipédie (qui diminue le coût énergétique des déplacements) ou encore, la diminution des coûts de reproduction et du rythme de vie (7). Par ailleurs, le lien entre les capacités cognitives et la masse cérébrale aurait été surestimé, en raison que la corrélation positive entre ces deux est réelle mais modeste : les capacités cognitives ne seraient pas liées principalement à l'augmentation de la taille du cerveau par rapport au corps, mais plutôt à la

structure du cerveau et agencement des lobes qui le composent, selon une méta-analyse de 88 études sur le sujet, menée par Pietschnig (8).

Outre l'influence sur les changements morphologiques (réduction de la taille de l'intestin, diminution de la taille des mâchoires, augmentation de la taille relative du cerveau), la viande et surtout la chasse auraient contribué à la construction bioculturelle de l'Homo sapiens. La chasse aurait par exemple engendré une division accrue du travail entre les sexes et une différenciation sexuelle : les mâles chassaient tandis que les femmes, confrontées à des maternités plus intensives, élevaient les jeunes hominidés (4) (5) ; elle aurait conduit à la vocalisation et au développement du langage (nécessité d'une interaction coopérative) (4). La chasse aurait également favorisé le développement de caractéristiques humaines fondamentales, en particulier la coopération et à la réciprocité (partage de la viande), la stratification sociale et le pouvoir, la religion, ou l'expression culturelle (4). L'art puise ainsi ses origines dans les rituels de chasse, durant le paléolithique supérieur. Plus tard, les rituels de chasse ainsi que le sacrifice animal, faisaient partie intégrante de différentes religions et étaient très présents dans les mythes et contes populaires (4). Aujourd'hui encore, la chasse peut être considérée comme un moyen d'échapper aux tensions sociales et le partage des aliments favorisent les liens sociaux.

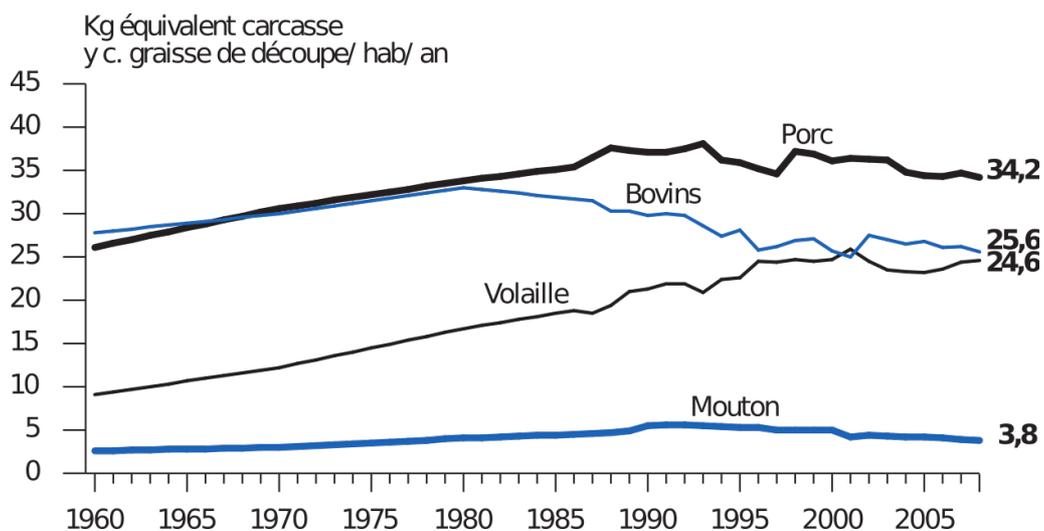
À mesure que les techniques de chasse, puis plus tard d'agriculture se sont développées – invention de l'élevage au néolithique puis de l'élevage intensif au 20<sup>ème</sup> siècle –, la consommation de viande a encore été facilitée.

La viande fait ainsi partie de l'héritage de l'Homo sapiens et son rôle dans l'évolution des hominidés ne doit pas être négligé (4). Par ailleurs, outre ces considérations évolutives, la viande est un aliment de haute valeur nutritive, du fait de sa densité énergétique élevée et de la présence de certains micronutriments – tels que la vitamine B12, la vitamine A, ou le zinc –, en grandes quantités. C'est également une des raisons pour lesquelles elle est souvent présente dans le régime alimentaire quotidien des humain·e·s (4).

## B) Augmentation de la consommation de POA en France depuis la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle

Avec l'industrialisation des systèmes alimentaires, d'une manière générale en France, la consommation de viande a connu un très fort développement après la Seconde Guerre mondiale et plus encore pendant les années 1970, avant de connaître un temps d'arrêt suite aux scandales sanitaires de la vache folle, de la grippe aviaire et de la grippe porcine.

En particulier, la consommation de viande de bovin, en augmentation depuis les années 1950-1960, ne cesse de décroître depuis 1980. La consommation de viande de porcs, qui a augmenté des années 1950-1960 jusque dans les années 1980, a aujourd'hui tendance à diminuer. En revanche, la consommation de viande de volaille croît constamment depuis la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle (Figure 1).

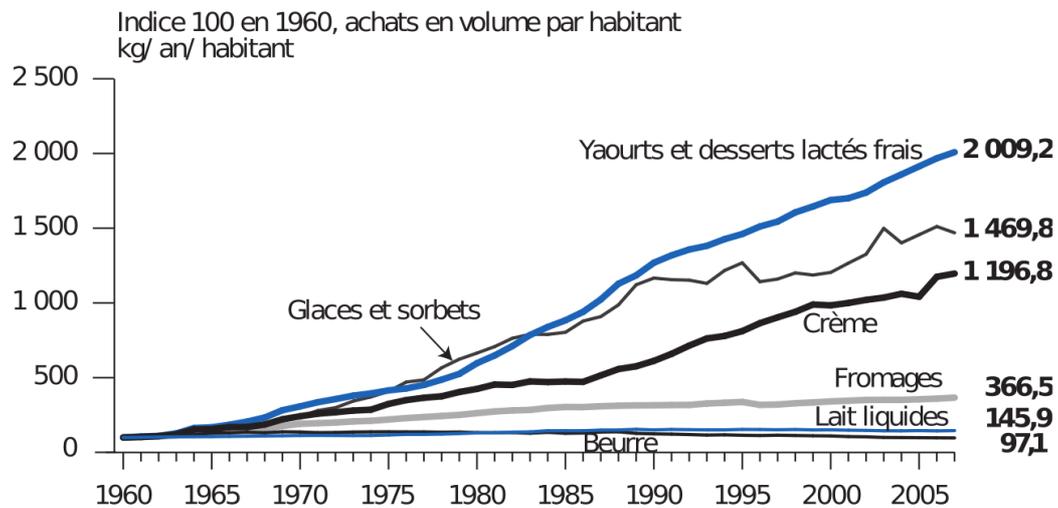


**Figure 1** : Évolution de la consommation (en kg/habitant-e/an) de viande de bovin, porc, volaille et mouton, de 1960 à 2010, en France.

Source : Ministère de l'agriculture et de l'alimentation – agreste, 2017 (9)

Ainsi, alors qu'en France et plus généralement dans les pays les plus développés, la consommation de gros animaux (bovins, porcs) ne cesse de diminuer, la consommation de petits animaux (volailles) ne cesse de croître.

La consommation de produits laitiers a elle aussi explosé dans les années 1960-1970 et est depuis en constante augmentation (Figure 2).



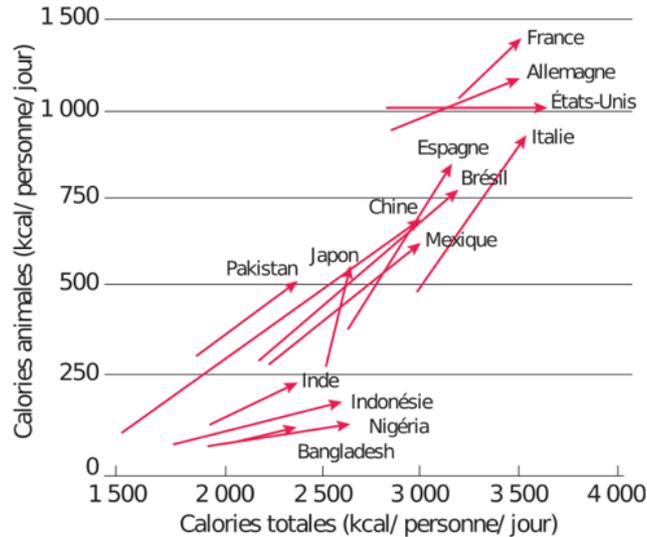
**Figure 2** : Évolution de la consommation (en kg/an/habitant·e) de produits laitiers de 1960 à 2010, en France.

Source : Ministère de l'agriculture et de l'alimentation – agreste, 2017 (9)

### C) Augmentation de la consommation de POA dans le monde depuis la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle

De 1960 à 2016, la disponibilité alimentaire moyenne, à l'échelle du monde, est passée d'environ 2 190 kcal/pers/jour à 2 870 kcal/pers/jour (ANNEXE 1). D'après la FAO, cette croissance qui va se poursuivre dans les années à venir : en 2030, cette disponibilité devrait s'établir à environ 2 960 kcal/pers/jour, selon des travaux publiés en 2012 (10).

Or, cette augmentation de la disponibilité alimentaire est allée de pair avec l'augmentation de la consommation de POA (Figure 3).



**Figure 3** : Relation entre calories animales consommées (kcal/personne/jour) et disponibilité alimentaire, représentée par les calories totales consommées (kcal/personne/jour), de 1961-1963 à 2009-2011.

Source : Centre d'Étude et de prospectives (CEP), Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2017 (11)

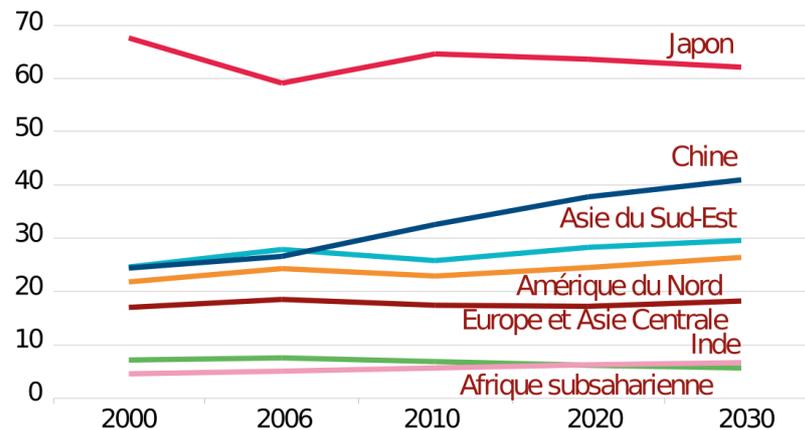
De 1961 à 2011, la consommation mondiale de produits carnés (viande de volaille, porc et bovin pour l'essentiel) est ainsi passée d'environ 23 kg de poids sec/pers/an à 42 kg de poids sec/pers/an ; celle de poissons et produits issus d'animaux marins d'environ 9 kg de poids vif/pers/an à 21 kg de poids vif/pers/an ; et celle de lait d'environ 75 kg à 91 kg (11).

Le mécanisme observé est connu et il est généralement commun à tous les pays : avec l'amélioration du niveau de vie, les quantités consommées augmentent, puis la structure de la ration alimentaire évolue : la part des glucides dans l'alimentation diminue tandis que celle des lipides augmente et les protéines végétales sont remplacées par des protéines animales (11).

#### D) Prospections réalisées pour 2030 en France et dans le monde

Avec l'augmentation de la population, de l'urbanisation, et l'augmentation des revenus, d'ici 2030, la croissance de ces consommations devrait se généraliser (ANNEXE 2), avec une poursuite de l'augmentation de la demande en viande de volaille (+ 170 %) pour toutes les

régions et une diminution de celle en viande bovine et en lait partout, sauf en Asie de l'Est et dans le Pacifique (11). L'Asie du Sud-Est, la Chine (viandes porcines et de volaille, lait) et l'Inde (viande de volaille, œufs, produits laitiers) seront des moteurs importants de cette croissance (11). La consommation mondiale de produits issus d'animaux marins devrait quant à elle s'établir à 152 millions de tonnes en 2030 (Figure 4) (11).



**Figure 4** : Évolution de la consommation en produits issus d'animaux marins (kg de poids vif/pers/an) par grandes régions.

Source : Centre d'Étude et de prospectives (CEP), Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2017 (11)

Des diversités devraient se maintenir malgré tout entre grandes régions, entre pays (y compris de même niveau de développement économique), voire au sein d'un même pays. Les contextes locaux (culturels, politiques) jouent un rôle important, comme par exemple au Japon (forte consommation de poisson et produits issus d'animaux marins) ou en Inde (poids du végétarisme) (11).

#### E) Nouveaux enjeux du 21<sup>ème</sup> siècle qui pourraient inverser la tendance

La tendance globale dans le monde est à l'augmentation de la consommation de viande et les perspectives réalisées vont aussi, comme nous venons de le voir, dans le sens d'une augmentation de la consommation de viandes pour le futur. Pourtant, le 21<sup>ème</sup> siècle doit faire face à de nouveaux défis, qui pourraient peser dans cette tendance. Comme il est difficile d'estimer dans quelle mesure chacun de ces défis va peser, les perspectives réalisées ne les prennent pas forcément en compte.

Ainsi, les questions relatives à l'éthique animale s'imposent dans la société ; les questions environnementales deviennent de plus en plus préoccupantes ; un certain nombre de maladies « civilisationnelles » (en particulier le surpoids et l'obésité, ainsi que des maladies chroniques comme le diabète, les maladies cardiovasculaires ou les cancers) sont en constante augmentation dans les pays les plus développés comme dans les pays en développement ; enfin, l'insécurité alimentaire continue de sévir dans les pays les moins développés.

Ces questions relatives à l'éthique animale, à l'environnement, au développement des maladies chroniques, apparaissent comme de nouveaux défis à relever pour les sociétés du 21<sup>ème</sup> siècle. L'amélioration de la sécurité alimentaire n'est pas à proprement dit un nouveau défi et il sera abordé quant à lui dans la deuxième partie de cette thèse, au chapitre 4 (« Le cas des pays en développement : autres défis nutritionnels à prendre en compte »).

Dans la suite de cette première partie, nous dresserons ainsi un état des lieux des défis qui sont liés à l'environnement et à la santé. Nous verrons également quelles sont les relations existantes entre la consommation de POA ou d'excès de POA et ces problématiques. Le défi lié à l'éthique animale, bien que préoccupant et d'importance grandissante dans les sociétés, ne fera pas l'objet d'une partie de cette thèse, parce que plus éloigné du domaine de la santé humaine.

## Chapitre 2 : Les défis environnementaux liés à l'agriculture et en particulier à l'élevage

L'agriculture constitue la principale raison d'utilisation des terres par les humains : en particulier, selon un rapport de la FAO de 2006 intitulé *Livestock's long shadow*, l'organisation estime que l'élevage représente 70 % de toutes les terres agricoles, soit 30 % de la surface terrestre de la planète. Sur ces 30 %, 26 % sont occupées pour le pâturage et 4 % pour la culture fourragère (ces 4 % représentent pourtant environ 33 % de l'utilisation totale des terres arables selon la FAO) (12). Selon ce même rapport de la FAO :

« Le secteur de l'élevage apparaît comme l'un des deux ou trois plus grands responsables des principaux problèmes environnementaux, à tous les niveaux, local ou mondial. [...] L'élevage devrait être au cœur des politiques mises en place pour faire face aux problèmes de dégradation des sols, de changement climatique, de pollution de l'air, de manque de ressources en eau ou de leur pollution et d'érosion de la biodiversité ». (12)

En conséquence, même si certaines formes de cultures productivistes, qui utilisent des engrais, des pesticides, ont un impact sur l'environnement qui ne peut être négligé, nous nous intéresserons dans cette thèse à l'impact de l'élevage sur l'environnement. D'autant qu'un tiers selon la FAO (13), à 37 % selon le WRI, des céréales produites dans le monde le sont à destination des animaux d'élevage et que près de 85 % de la production mondiale de soja est destinée à l'alimentation animale (14).

### A) Émissions des gaz à effet de serre (GES) par le secteur de l'élevage dans le contexte actuel des changements climatiques

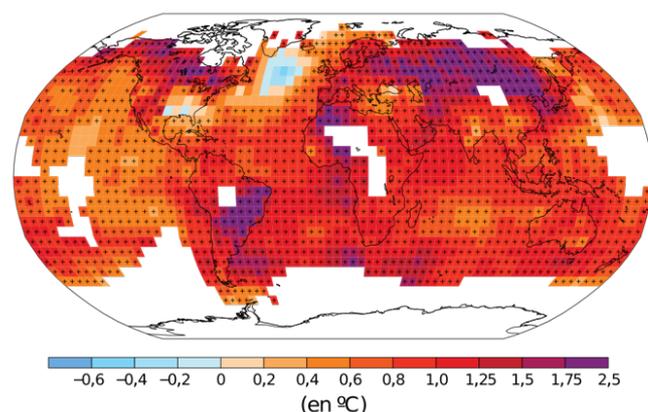
#### */ Introduction aux changements climatiques et aux GES*

La synthèse des informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique relatives aux changements climatiques est réalisée régulièrement par un groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC pour les anglo-saxons). Ce groupe a été formé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en vue de fournir aux responsables politiques des évaluations scientifiques périodiques concernant les changements climatiques, leurs

incidences et les risques futurs, et de leur présenter des stratégies d'adaptation et d'atténuation. Le GIEC est composé de centaines d'experts éminents, spécialistes des divers domaines traités dans ses rapports. Des milliers d'autres experts apportent leur contribution en tant qu'examineurs, grâce à quoi les rapports reflètent tout l'éventail des points de vue exprimés par la communauté scientifique.

Les changements climatiques incluent le réchauffement climatique et ses conséquences (fonte des glaciers, élévation du niveau des mers, etc.), mais également de nombreux autres changements tels que l'acidification des océans, les phénomènes météorologiques extrêmes, ou encore la modification des courants d'eau. Pour le GIEC, « le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires » (15).

Le réchauffement climatique est un phénomène qui consiste en une augmentation des températures dans l'atmosphère de la Terre et dans la plupart des océans, due à une augmentation de la quantité de chaleur retenue à la surface terrestre (Figure 5). La tendance linéaire de la moyenne globale des données de température de surface combinant les terres émergées et les océans indique un réchauffement de 0,85 [0,65 à 1,06] °C au cours de la période 1880-2012 (15).

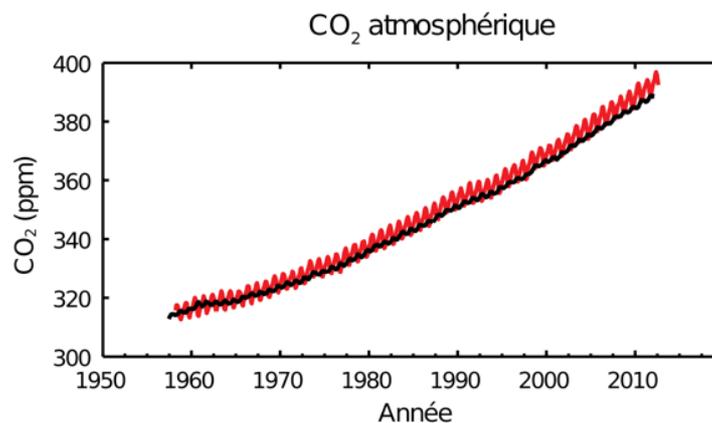


**Figure 5** : Cartographie de l'évolution des températures en surface observée entre 1901 et 2012.

Source : GIEC, 2013 (15)

Cette augmentation des températures est due principalement à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES), principalement de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>) et d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O). Toutefois, ces différents GES ont des potentiels de réchauffement climatique différents : les potentiels de réchauffement global (PRG) du CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> sont respectivement de 1, 25 et 298, d'après le GIEC (16). Le CO<sub>2</sub> est utilisé comme référence et les émissions des autres GES sont exprimées en équivalents CO<sub>2</sub>. L'équivalent CO<sub>2</sub> permet ainsi de quantifier la contribution d'un gaz au réchauffement global.

Le CO<sub>2</sub> atmosphérique est enregistré depuis 1958 à l'observatoire de Mauna Loa à Hawaï (Figure 6). C'est la station qui a enregistré la plus longue série temporelle de CO<sub>2</sub> atmosphérique dans le monde.



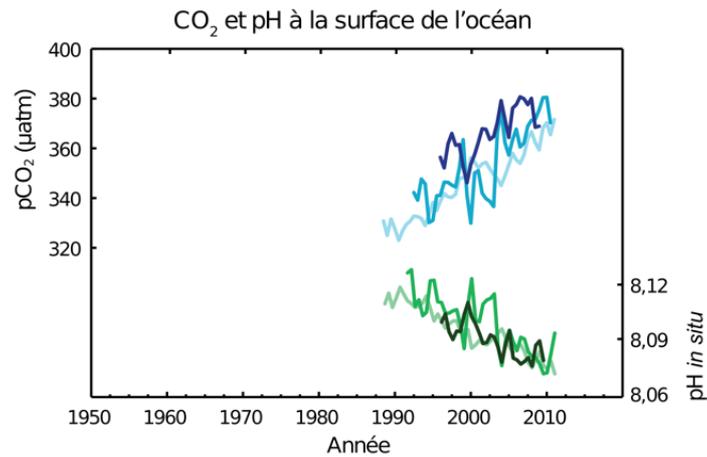
**Figure 6** : Évolution des rejets de dioxyde de carbone de 1958 à 2015, enregistrés à Mauna Loa à Hawaï (en rouge) et au pôle sud (en noir).

Source : GIEC, 2013 (15)

Le GIEC estime qu'il est « probable » que les nombreux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes observés depuis 1950 soient liés au réchauffement climatique et aux activités humaines (ANNEXE 3). Ces phénomènes sont par exemple :

- la diminution du nombre de journées et de nuits froides et l'augmentation du nombre de journées et de nuits chaudes, à l'échelle du globe ;
- l'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur sur une grande partie de l'Europe, de l'Asie et de l'Australie ;
- l'augmentation de la fréquence ou l'intensité des épisodes de fortes précipitations en Amérique du Nord et en Europe principalement.

L'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique provoque également une acidification des océans (Figure 7).



**Figure 7** : Évolution de la pression partielle de dioxyde carbone dissous à la surface des océans (en bleu) et du pH in situ de l'eau de mer (en vert), provenant de trois stations de l'océan Atlantique (bleu foncé, vert foncé) et Pacifique (bleu clair, vert clair).

Source : GIEC, 2013 (15)

Selon le GIEC, en l'absence de mise en place de politiques pour lutter contre les changements climatiques, l'augmentation des concentrations en GES pourraient entraîner une augmentation des températures de 7°C d'ici la fin du siècle par rapport au début de l'ère industrielle (17).

Pour limiter cette augmentation des températures à moins de 2°C avec une probabilité de 50 % à la fin du siècle (en partant du début de l'ère industrielle), les concentrations de GES dans l'atmosphère devront être stabilisées sous les 450 ppm (parties par million) de CO<sub>2</sub>-eq (18). Afin d'atteindre cet objectif, les émissions de GES en 2050 devront être réduites de 40 à 80 % par rapport à celles 2000, selon le GIEC (19). Il est donc primordial de comprendre quelles sont les principales causes des émissions de GES.

## *II/ Estimations des émissions actuelles de GES provenant de l'élevage*

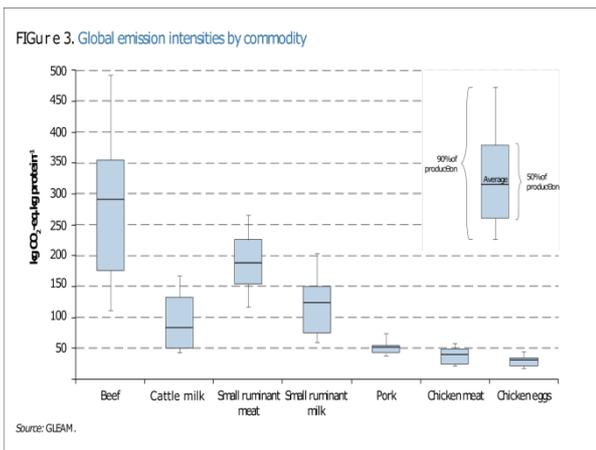
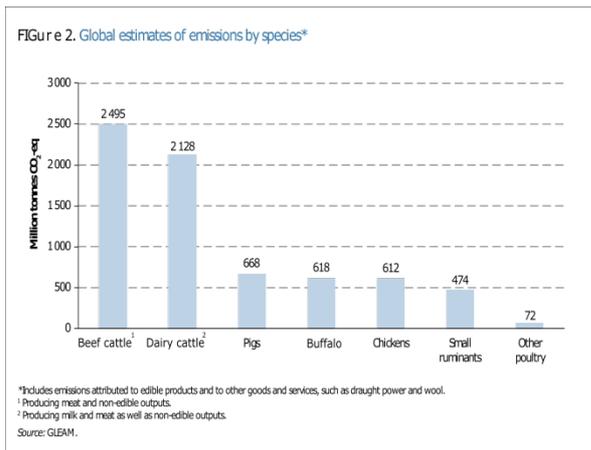
Les données officielles concernant les émissions des GES sont émises par la FAO. En 2006, la FAO mettait en garde contre l'impact majeur de l'élevage sur l'environnement dans un rapport intitulé *Livestock's long shadow : Environmental Issues and Options* (12). Le rapport

affirmait que l'industrie de l'élevage était responsable de 18 % des émissions totales de GES d'origine humaine. Selon le même rapport, l'élevage était également responsable de 37 % des émissions de méthane et de 65 % des émissions d'oxyde nitreux.

En 2013, ces résultats ont été analysés de façon plus précise et la FAO a revu à la baisse les pourcentages dans son rapport *Tackling climate change through livestock* (20). Les émissions totales de GES provenant de la chaîne d'approvisionnement du bétail seraient responsables de 14,5 % (représentant 7,1 Gt d'équivalent CO<sub>2</sub>/an) de l'ensemble des émissions de GES d'origine anthropique et joueraient donc un rôle important dans les changements climatiques. Plus particulièrement, l'élevage serait responsable à l'échelle globale, de 44 % des émissions anthropogéniques de méthane, 53 % des émissions d'oxyde nitreux, et 5 % des émissions de dioxyde de carbone, selon le GIEC (16). Le CH<sub>4</sub> contribue à 3,1 Gt CO<sub>2</sub>-eq/an, le N<sub>2</sub>O et le CO<sub>2</sub> à 2 Gt CO<sub>2</sub>-eq/an.

D'après la FAO, l'élevage bovin contribuerait majoritairement à ces émissions (Figure 8) en émettant 4,6 Gt CO<sub>2</sub>-eq/an, ce qui correspond à 65 % des émissions liées à l'élevage. Dans l'élevage bovin, la production de viande de bœufs contribuerait à 2,9 Gt CO<sub>2</sub>-eq/an (41 % des émissions du secteur de l'élevage), alors que les émissions provenant des élevages laitiers représentent 1,4 Gt CO<sub>2</sub>-eq/an (soit 20 % des émissions). Le reste des émissions (0,3 Gt CO<sub>2</sub>-eq/an) proviennent notamment des animaux de traits, qui sont particulièrement nombreux en Asie du Sud et dans l'Afrique sub-saharienne. Les élevages de porcs, volailles, buffles, et petits ruminants émettent beaucoup moins de GES, respectivement 9 % (soit 0,7 Gt CO<sub>2</sub>-eq/an émis par les élevages de porc), 8 %, 8 %, 6 % des émissions du secteur (20).

Lorsque l'on exprime les émissions en fonction du kilogramme de protéines produites, la viande de bœufs est celle qui a une intensité d'émission la plus élevée (environ 300 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de protéine), suivi par la viande et le lait des petits ruminants (respectivement 165 et 112 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de protéine). L'intensité des émissions de GES est beaucoup plus faible pour les élevages de vaches laitières, de volailles et de porcs (< 100 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de protéine) (Figure 8) (20).



**Figure 8** : Estimation des émissions de GES (Mt CO<sub>2</sub>-eq/an) par espèce (figure à gauche) ; et estimation des émissions de GES (kg CO<sub>2</sub>-eq) par kg de protéines produites (figure à droite).  
 Source : Gerber et al, 2013 (20)

D'après le rapport de 2013 de la FAO, les émissions de GES sont principalement liées à/aux (ANNEXE 4) (20) :

- la production, la transformation et le transport de la nourriture des animaux : c'est la première source d'émissions de GES puisqu'elle représente environ 45 % des émissions du secteur. Parmi ces 45 % d'émissions alimentaires, 25 % des émissions sont dues à la fertilisation des cultures fourragères et au dépôt du fumier sur les pâturages (émission d'oxyde nitreux NO<sub>2</sub>) ; 13,4 % sont dues à la production d'aliments pour les animaux ou « *feed* » (émission de CO<sub>2</sub>) ; enfin, l'expansion des pâturages et des terres cultivées pour le soja (pour l'alimentation animale), à l'origine d'une déforestation, représente environ 10 % des émissions de GES (émission de CO<sub>2</sub>) ;
- la fermentation entérique représente près de 40 % des émissions totales du secteur. La fermentation microbienne qui a lieu dans l'estomac des ruminants décompose les carbohydrates en molécules plus simples comme le CH<sub>4</sub> dont le potentiel de réchauffement global (PRG) est estimé à 34 (21). Les bovins sont ceux qui émettent le plus de CH<sub>4</sub> (77 %), suivis par les buffles (13 %) puis les petits ruminants (10 %). Les animaux non-ruminants, comme les cochons en émettent aussi, mais dans des proportions plus faibles comparé aux ruminants ;
- émissions de CH<sub>4</sub> et de NO<sub>2</sub> provenant du stockage et de la transformation du fumier (à l'exclusion des émissions liées à l'épandage décrit précédemment) représentent environ 10 % des émissions du secteur. Le fumier comprend à la fois les urines et les fèces produites par

l'élevage. Le gaz CH<sub>4</sub> est produit par la décomposition anaérobie des effluents stockés ou traités, alors que le NO<sub>2</sub> est produit directement par les processus de nitrification et de dénitrification dans le fumier et indirectement par les processus de volatilisation et re-dépôt de l'azote, ainsi que par la lixiviation de l'azote du fumier.

D'autre part, toutes causes confondues, les émissions liées à la consommation d'énergie représentent au total près de 20 % des émissions du secteur. Elles correspondent essentiellement à l'énergie nécessaire pour la production de fourrage et d'engrais. Les émissions liées au transport du bétail représentent 2,9 % des émissions totales du secteur. Les émissions liées à la consommation d'énergie pour faire fonctionner les fermes représentent 1,5 % des émissions (20).

L'élevage émettrait ainsi plus de GES que les transports, selon le 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC, rendu public en 2014 (22) (23).

Par ailleurs, la contribution de l'élevage aux émissions de GES a été revue à la hausse en 2009 par le WorldWatch Institute (WWI), un organisme de recherche indépendant, dans le rapport intitulé *Livestock and Climate change* (24). Selon Robert Goodland et Jeff Anhang, tous deux anciens experts à la Banque mondiale et auteurs de ce rapport, la FAO aurait largement sous-estimé les émissions des GES liées à l'élevage, en ne prenant pas en compte certains paramètres comme la respiration des animaux d'élevage. L'Institut estime également que les rejets de méthane ont été sous-estimés, de même que l'impact des cultures fourragères, le nombre d'animaux élevés à l'échelle globale, ainsi que l'augmentation importante de la production animale entre 2002 et 2009.

L'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) a ainsi estimé que le rapport du WWI permet de renforcer les preuves montrant le lien entre l'élevage et le changement climatique (25). Pour autant, cette étude n'a pas été validée par les pairs et certains éléments de la méthodologie utilisée ont fait l'objet de quelques critiques. D'abord, les institutions internationales, à commencer par le GIEC, considèrent que le CO<sub>2</sub> émis à travers la respiration des animaux fait partie du cycle naturel du carbone et ne doit donc pas être comptabilisé dans les émissions d'origine anthropique. Aussi, Goodland et

Anhang intègrent dans leur estimation la part de GES qui n'a pas pu être séquestré par les végétaux du fait de la conversion des forêts en terres cultivées et pâturage pour le bétail. Cependant, dans un monde hypothétique sans bétail, il faudrait également des terres arables pour alimenter la population mondiale, ce qui entraînerait également une perte pour la séquestration du carbone, ce qui n'est pas prise en compte par le rapport du WWI (26).

Le GIEC estime que l'application des recommandations de l'école de santé publique de Harvard – limiter la consommation de viande de ruminants à 10 g par jour et celle des autres animaux, du poisson et des œufs, à 80 g par jour –, pourrait réduire de 26 % les émissions de GES d'origine agricole et de plus de 8,5 % les émissions de GES totales (22). Cette mesure serait aussi efficace que de diviser par deux l'ensemble du trafic routier mondial.

### *III/ Projections futures des émissions de GES issues de l'élevage*

Différentes mesures ont été proposées pour réduire dans le futur les émissions de GES issues de l'élevage : réduire la consommation de protéines animales, améliorer les systèmes de production, ou mettre en place une combinaison des deux.

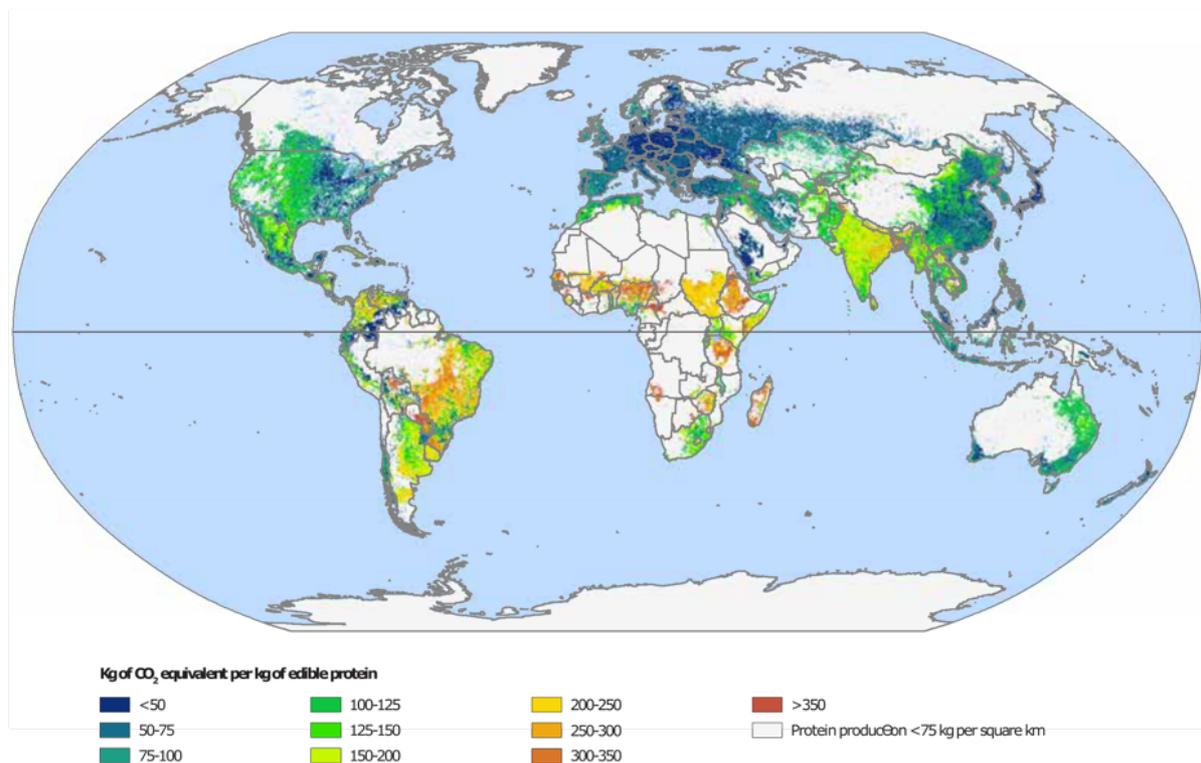
#### *a) Amélioration des systèmes de production pour diminuer les émissions de GES*

L'intensité des émissions varie de manière importante suivant les producteurs et les pays, particulièrement dans les élevages de ruminants (Figure 9 ; Figure 10) (20).

Le potentiel de réduction des émissions le plus important se trouve selon la FAO dans l'amélioration des méthodes de production dans les élevages de ruminants qui opèrent à faible productivité dans le sud de l'Asie, en Amérique latine, et en Afrique (Figure 9) (20). D'après la FAO, une réduction de 30 % des émissions de GES serait possible dans certaines régions du monde, si les moyens de production utilisés étaient les même que ceux utilisés par les systèmes de production les plus efficaces.

Ces techniques d'atténuation des émissions de GES peuvent être par exemple, selon le rapport de la FAO :

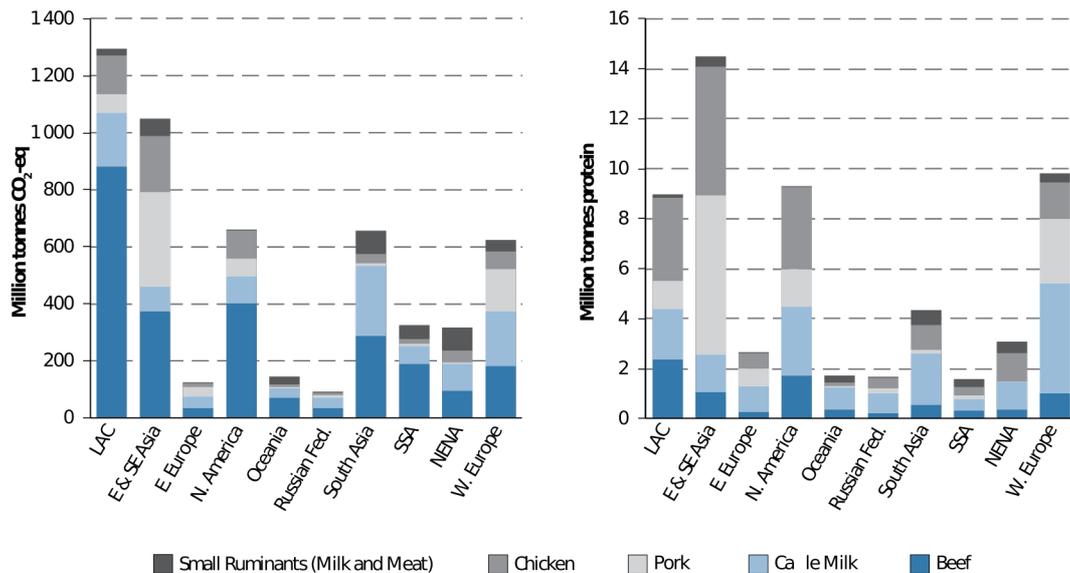
- l'utilisation d'additifs alimentaires et la modification de l'alimentation donnée aux animaux, afin de réduire les émissions de CH<sub>4</sub> liées à la fermentation entérique. L'alimentation du bétail affecte également la composition du fumier produit et donc les émissions de NO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> produites par celui-ci. Une alimentation plus riche en fibre et plus pauvre en protéines pourrait réduire les émissions de NO<sub>2</sub>. La diminution du temps de stockage du fumier ainsi que le traitement de celui-ci (aération, acidification, etc.) permettrait également de réduire la formation de CH<sub>4</sub> ;
- l'amélioration de la santé animale et de l'élevage : les mesures de santé préventives comme la vaccination contre les maladies et la réduction du stress (ombrage et eau) jouent également un rôle dans la réduction des taux de mortalité et l'augmentation des taux de croissance et de fécondité, améliorant ainsi les performances des animaux et des troupeaux ;
- une meilleure gestion des pâturages.



Source: GLEAM.

**Figure 9** : Cartographie de l'intensité des émissions de GES (kg CO<sub>2</sub>-eq/kg de protéines d'origine animale) en fonction des régions du monde.

Source : Gerber et al, 2013 (20)



Source: GLEAM.

**Figure 10** : Production de GES par l'élevage (Mt CO<sub>2</sub>-eq/an) (figure à gauche), et production animale (Mt protéines) (figure de droite), en fonction des animaux et des régions.

Source : Gerber et al, 2013 (20)

LAC : Amérique Latine et caraïbes.

## b) Études prospectives comparant plusieurs scénarios et mise en évidence de l'importance du changement des habitudes alimentaires

Trois importantes études prospectives quant à l'estimation des émissions de GES ont notamment été réalisées, entre 2009 et 2014. Elles se basent sur la comparaison de différents scénarios possibles d'atténuation des GES. Une quatrième étude, très récente, s'intéresse à la comparaison de l'empreinte environnementale entre différents régimes alimentaires.

### • Première étude prospective

Selon Stehfest et son équipe (27), un changement des habitudes alimentaires vers un arrêt progressif (sur une période de transition de 20 ans) de la consommation de viande de ruminants ou de produit animaux (régime végétalien) entrainerait une diminution de 57 à 76 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2050 par rapport à un scénario de référence. La réduction la plus importante des émissions de GES serait liée au remplacement de la viande de ruminants, les autres

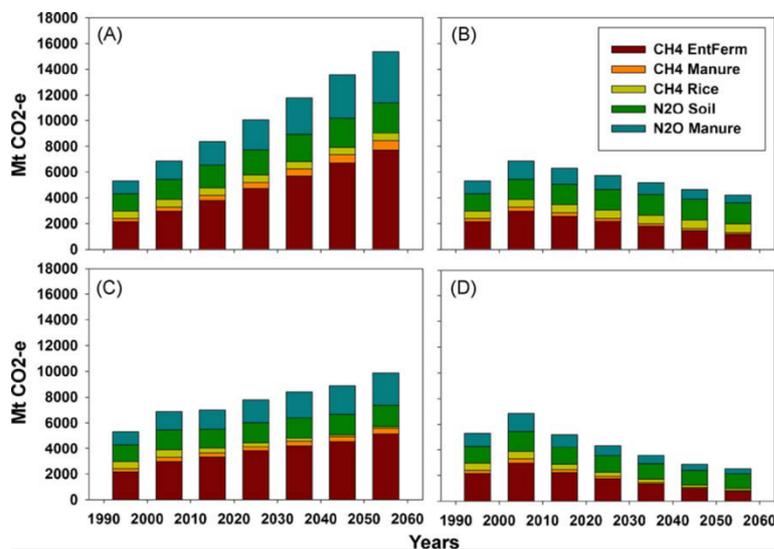
scénarios « plus extrêmes » ayant un impact plus faible sur la réduction des émissions. Selon ces scénarios de changement des habitudes alimentaires, entre 65 et 75 % de la réduction des émissions de GES serait liée au développement de nouveaux puits de carbone (ancien pâturage reboisé) et à l'évitement de la déforestation. Dans un scénario plus plausible dans lequel est envisagée une diminution de la consommation de viande de ruminants et de porcs, au profit d'une augmentation de la consommation de poissons, volailles et des œufs (recommandations nutritionnelles de la Harvard Medical School for Public Health), la concentration de GES serait réduite de 30 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2050 par rapport au scénario de référence et cela permettrait de réduire les pâturages de 1 360 Mha (qui serviraient alors de puit de carbone).

- Deuxième étude prospective

Popp et son équipe (28) ont également estimé les émissions futures de GES issues de l'agriculture, grâce au modèle MAgPIE (Model of Agricultural Production and its Impact on the Environment) qui prend en compte des données quantitatives sur le rendement des cultures (estimées à partir de données climatiques sur la teneur en eau pour l'irrigation et la qualité des sols) ainsi que des données socio-économiques (population, produit intérieur brut, demande alimentaire, coûts moyens associés aux différentes activités de production etc.). Ces données sont associées à un quadrillage géographique du globe terrestre d'une résolution spatiale de 3° de latitude et longitude. Dans leur scénario de référence, où les préférences alimentaires et la demande alimentaire reste constantes (mais où l'expansion des terres et la croissance démographique sont prises en compte), les émissions de GES atteindraient 8,69 Gt CO<sub>2</sub>-eq en 2055. Cette augmentation est principalement liée à l'augmentation démographique mondiale qui atteindra 9 milliards et demi d'humains en 2050 (29). Dans un scénario selon lequel la demande en viande augmenterait de manière importante, les émissions de GES atteindraient près de 15 Gt CO<sub>2</sub>-eq en 2055.

Leurs résultats montrent également que les solutions techniques d'atténuation des GES peuvent permettre de diminuer de manière significative les émissions, mais que ces solutions restent moins efficaces qu'un changement des préférences alimentaires (Figure 11). En effet, dans leur scénario « *Decreased meat* », selon lequel la part de produits animaux dans les apports caloriques est réduite de 25 % tous les 10 ans jusqu'en 2055, les émissions de GES

diminuent de 51 % par rapport au scénario de référence. Cela est dû à une diminution importante de la fermentation entérique (- 68 %) et de la gestion du fumier (- 69 %).



**Figure 11** : Estimation des futures émissions globales de GES (Mt CO<sub>2</sub>-eq/an), en fonction de plusieurs scénarios.

Source : Popp et al, 2010 (28)

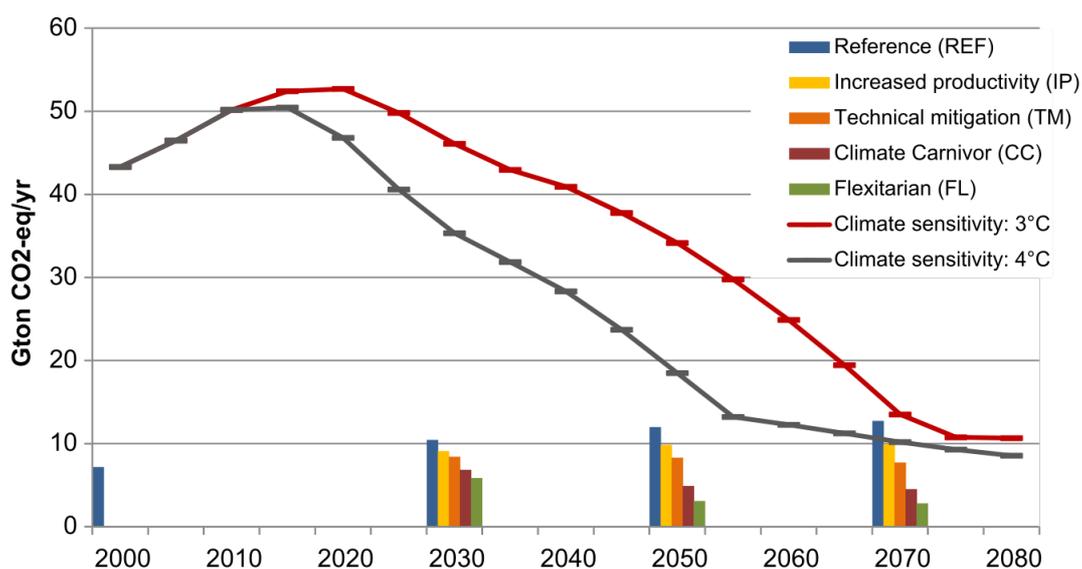
**(A)** : scénario selon lequel la consommation de viande augmente ; **(B)** : scénario selon lequel la consommation de viande diminue de 25 % tous les 10 ans jusqu'en 2050 ; **(C)** scénario selon lequel la consommation de viande augmente et des techniques d'atténuation des GES sont mis en place ; **(D)** : scénario selon lequel la consommation de viande diminue de 25 % tous les 10 ans jusqu'en 2050 et des techniques d'atténuation des GES sont mis en place.

- Troisième étude prospective

Une étude réalisée par Hedenus et son équipe (30) a estimé les émissions futures des GES durant le XXI<sup>e</sup> siècle, selon différents scénarios d'atténuation : amélioration de la productivité (scénario 1) ; mise en place de mesures techniques d'atténuation des émissions de GES (scénario 2) ; et enfin, modification des habitudes alimentaires (scénario 3).

Plus précisément, ils ont proposé deux scénarios de modification des habitudes alimentaires, un scénario *flexitarian* dans lequel 75 % des POA seraient remplacés par des légumineuses et des céréales, et un scénario *climate carnivore* dans lequel 75 % de la viande de ruminants et des produits laitiers seraient remplacés par de la viande provenant d'autres animaux. Leurs résultats (Figure 12) montrent qu'une réduction importante des émissions de GES, nécessaire pour atteindre l'objectif des 2°C avec une probabilité de plus de 50 %, est peu plausible sans des modifications importantes des habitudes alimentaires, en diminuant notamment certains

produits animaux très émetteurs, comme la viande issue de ruminants et les produits laitiers. Le scénario qui consiste à remplacer 75 % des POA par des légumineuses et des céréales serait largement plus efficace que le scénario qui consiste à remplacer 75 % de la viande de ruminants et des produits laitiers par d'autres animaux (Figure 12). Il est important de remarquer que les émissions liées aux aliments, si elles ne diminuent pas drastiquement, sont en voie d'absorber la plus grande partie sinon la totalité de la quantité annuelle d'émission à long terme autorisée par l'objectif de 2°C (Figure 12).



**Figure 12** : Estimation des futures émissions de GES liées aux aliments (Gt CO<sub>2</sub>-eq/an), en fonction de différents scénarios, pour 2030, 2050 et 2070, avec comme base l'objectif de rester sur la base de 2°C.

Source : Hedenus et al, 2014 (30)

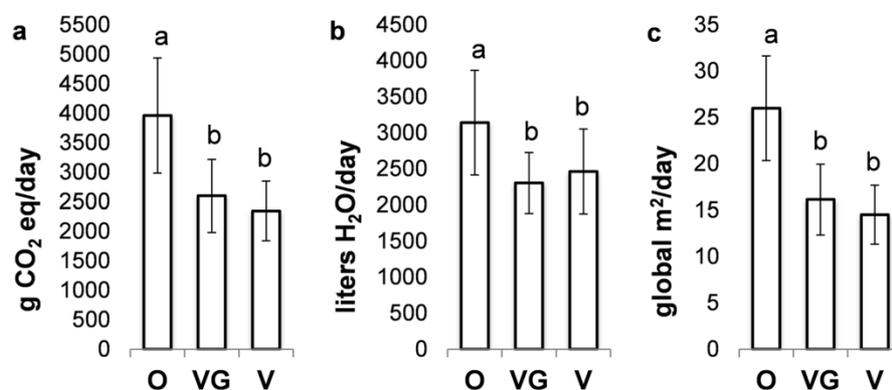
REF : scénario référence : les habitudes alimentaires restent les mêmes (en bleu) ; IP : la productivité augmente (en jaune) ; TM : des techniques d'atténuation des GES sont mis en place (en orange) ; CC : 75 % de la viande de ruminants et des produits laitiers sont remplacés par de la viande provenant d'autres animaux (en rouge) ; FL : 75 % des produits d'origine animale sont remplacés par des légumineuses et des céréales (en vert).

La courbe noire et la courbe rouge correspondent respectivement à deux scénarios de sensibilité permettant d'atteindre l'objectif 2°C : avec la sensibilité de 3°C (courbe rouge), l'objectif de la barre des 2°C a 50 % de chance d'être atteint ; avec la sensibilité de 4°C, il a plus de 50 % de chance d'être atteint.

• Quatrième étude : comparaison de l'empreinte environnementale de plusieurs régimes alimentaires

Une étude récente (31) publiée dans la revue Nature a comparé les empreintes carbone, hydrique, et écologique associées aux régimes non-végétarien, (ovo-lacto-)végétarien, et végétalien. Cette étude est selon les auteurs la première réalisée à partir de données

provenant d'individus (échantillon de 51 individus par régime alimentaire) et non d'estimations réalisées sur une population, comme cela est généralement le cas. Les résultats montrent que le régime non-végétarien est associé aux empreintes les plus élevées, c'est-à-dire aux plus fortes émissions de CO<sub>2</sub>, à la plus grande consommation d'eau et à la plus importante utilisation des terres. Les empreintes ne sont pas significativement différentes entre les régimes (ovo-lacto-)végétarien et végétalien (Figure 13). Les auteur-e-s ont montré l'existence d'une grande variabilité au sein de chaque régime, avec même certaines personnes végétaliennes pouvant avoir des empreintes aussi élevées que les personnes non-végétariennes.



**Figure 13** : Empreinte environnementale (émissions de CO<sub>2</sub>, consommation d'eau, utilisation des terres) en fonction du régime alimentaire.

Source : Rosi et al, 2017 (31)

**O** : non-végétarien ; **VG** : ovo-lacto-végétarien ; **V** : végétalien.

(a) : émissions de CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub>-eq/jour) ; (b) consommation d'eau (litres d'eau/jour) ; (c) utilisation des terres (m<sup>2</sup>/jour).

Ces quatre études montrent la relation entre le régime alimentaire et les émissions globales de GES : la réduction drastique de la consommation de POA, notamment la viande issue de ruminants, semble indispensable pour atteindre l'objectif fixé d'un réchauffement ne dépassant pas 2°C à la fin du siècle (en partant du début de l'ère industrielle). Ce changement des habitudes alimentaires doit être associé à des solutions technologiques d'atténuation des émissions de GES.

## B) Utilisation et pollution des ressources en eau douce par le secteur de l'élevage

## *I/ Raréfaction des ressources en eau douce*

La demande en eau devrait augmenter significativement dans le monde durant les prochaines décennies, en particulier parce que la population humaine devrait atteindre près de 9 milliards et demi d'ici 2050 selon l'US Department of Commerce (USDC) (29), ce qui conduira à une raréfaction des ressources hydriques de la planète.

La « crise de l'eau » a été identifiée par le Forum économique Mondial (WEF) dans son dernier rapport annuel, comme étant le 3<sup>ème</sup> risque le plus préoccupant de la planète pour les personnes et les économies, au cours des dix prochaines années (juste derrière les armes de destruction massive et les événements météorologiques extrêmes) (ANNEXE 5) (32). Le rapport souligne l'importance des interconnexions entre les différentes crises (ANNEXE 6) (32). Par exemple, un important changement climatique ou une crise de l'eau peut déclencher ou exacerber des risques géopolitiques ou sociétaux, comme des conflits ou des migrations involontaires, particulièrement dans des zones géopolitiquement fragiles.

## *II/ Mise en cause de l'élevage dans l'épuisement et la pollution des ressources en eau douce*

### *a) Méthodes d'évaluation de l'utilisation d'eau d'un secteur grâce à l'empreinte hydrique*

C'est l'« empreinte hydrique », ou « empreinte eau », qui permet d'évaluer les usages directs et indirects d'eau. C'est un concept créé en 2002 par Y. Hoekstra, qui est donc beaucoup plus récent que l'empreinte carbone : à l'instar de la Global Footprint Network pour l'empreinte écologique, la Water Footprint Network a mis au point et améliore les standards de la comptabilité de l'empreinte eau.

L'intérêt de déterminer l'empreinte hydrique est de mesurer les impacts environnementaux relatifs à l'utilisation d'eau pour un produit, un procédé ou un service, d'un point de vue quantitatif (diminution des ressources en eau douce disponible) et qualitatif (pollution des milieux aquatiques récepteurs par les effluents des stations d'épuration, par les pesticides utilisés en agriculture, etc.). Le calcul permet de quantifier une eau « invisible », l'*eau virtuelle*, mais qui existe et dont on doit tenir compte. L'eau virtuelle est ainsi le volume d'eau

nécessaire à la production d'un produit. Des calculs de l'empreinte hydrique des aliments ont été effectués pour la première fois en 2007 par Y. Hoekstra.

Les impacts environnementaux relatifs à l'eau sont catégorisés et quantifiés en prenant en compte trois éléments :

- l'eau bleue, ou eau consommée : volume d'eau de surface et souterraine capté pour les usages domestiques, industriels ou agricoles (ex : irriguer les cultures, abreuver les animaux, etc.) ;
- l'eau verte, ou eau évaporée : volume d'eau de pluie et d'humidité capté dans le sol sous forme d'humidité et qui s'évapore *via* les surfaces cultivées ;
- l'eau grise, ou eau polluée : volume d'eau polluée par les processus de production, calculé comme étant le volume d'eau requis pour diluer les polluants dans des proportions suffisantes pour que la qualité de l'eau corresponde aux normes acceptables.

#### b) Résultats des calculs de l'empreinte hydrique des POA, selon la Water Footprint Network

Il ressort des calculs de la Water Footprint Network que par tonne de produit, les POA ont généralement une empreinte hydrique bien supérieure à l'empreinte hydrique des produits d'origine végétale (33). Les résultats de calcul des empreintes hydriques établis par l'Institut International de Gestion de l'eau (IWMI) sont les suivants :

- viande de bovin = 15 400 L/kg
- viande de mouton = 10 400 L/kg
- viande de porc = 6 000 L/kg
- viande d'agneau = 5 300 L/kg
- viande de volaille = 4 300 L/kg
- œufs = 3 300 L/kg
- lait de vache = 1 000 L/kg

Les résultats sont du même ordre si l'on s'intéresse à l'empreinte hydrique par kcal. Selon les résultats de la Water Foodprint Network, l'empreinte hydrique par kcal de viande de bovin est par exemple vingt fois supérieure à celle des céréales (34).

Une autre méthode, créée plus récemment, et inspirée de celle de la Water Foodprint Network, permet d'évaluer l'empreinte hydrique des aliments ou d'un secteur. Elle est basée sur l'application de la norme ISO 14046. Des discussions au niveau international sont en cours pour harmoniser la méthode de calcul de l'empreinte hydrique. Le but de ces discussions est que l'empreinte hydrique devienne un indicateur clé, au même titre que l'empreinte carbone et qu'il serve de base pour conduire des politiques publiques de réduction de l'empreinte de l'eau. Actuellement, en France, les chiffres avancés par la Water Foodprint Network sont contestés par l'Institut de l'élevage, qui évalue l'empreinte hydrique de la viande de bovin à seulement 200 L/kg. Ils sont aussi contestés par l'Interprofession du Bétail et des Viandes (Interbev), qui estime qu'en calculant l'empreinte hydrique suivant la norme ISO 14046, la quantité d'eau nécessaire à la production d'1 kg de viande bovine n'est que de 50 L. En effet, pour ces derniers, il n'est notamment pas pertinent de prendre en compte l'eau verte dans les calculs de l'empreinte hydrique. D'autre part, Interbev reproche au calcul de l'empreinte hydrique de favoriser l'élevage intensif par rapport à l'élevage extensif, qui nécessite davantage d'eau verte.

#### c) L'élevage, premier secteur consommateur d'eau selon l'Organisation des Nations Unies (ONU)

L'UNESCO, agence spécialisée de l'Organisation des Nations Unies (ONU), publie tous les ans un rapport sur l'eau, dans le cadre de son Programme Mondial pour l'Évaluation des Ressources en Eau (WWAP). Selon le rapport de 2009 (WWAP3), intitulé « l'eau dans un monde qui change » (35), l'agriculture est de loin le secteur le plus consommateur d'eau douce : elle représente plus de 70 % des prélèvements d'eau douce dans les rivières, les lacs et les aquifères, et jusqu'à plus de 90 % dans certains pays en voie de développement. Une partie des pressions actuelles exercées sur les ressources en eau provient de la demande croissante nécessaire pour le fourrage (l'alimentation des animaux). Selon ce rapport, la production de viande nécessite huit à dix fois plus d'eau que la production de céréales ou de légumineuses. Par exemple, selon les chiffres de la FAO, il faut seulement 1 250 litres d'eau pour produire 1 kg de lentilles, alors qu'il en faut 13 000 litres pour produire 1 kg de viande de bœuf (36).

Il existe actuellement une approche qui vise à optimiser le rendement des cultures céréalières ou de légumineuses, en utilisant moins d'eau (« *more crops per drop* » ou « plus de cultures par gouttes »), par la réutilisation des eaux usées, la mise en place de systèmes d'irrigation et de surveillance au goutte-à-goutte ou de précision, ou encore l'amélioration des serres et de la sélection des cultures (37). Une approche efficace serait aussi d'optimiser la valeur nutritionnelle par volume d'eau utilisé (« *more nutritional value per drop* »), en privilégiant une alimentation plus végétale et en venir ainsi à une approche plus holistique des systèmes alimentaires.

### C) Comparaison de l'impact environnemental de l'élevage en système extensif et en système intensif

La question de la comparaison de l'impact environnemental de l'élevage extensif avec celui de l'élevage intensif est débattue parce que complexe et insuffisamment étudiée jusqu'à aujourd'hui. Selon le Food Climate Research Network (FCRN), plusieurs points sont à prendre en compte. D'une part, toute utilisation des terres par les animaux d'élevage peut être considérée comme potentiellement problématique compte tenue de la croissance actuelle prévue de l'élevage et de la déforestation importante qu'elle engendre. Cependant, il faut également prendre en compte que l'impact n'est pas le même si les terres utilisées pour les animaux sont des terres arables ou des terres non-arables. Enfin, l'impact n'est pas le même non plus si les animaux d'élevage sont utilisés de manière à améliorer la qualité de la terre et à maintenir les propriétés de stockage du carbone de celle-ci, ou s'ils contribuent au contraire à la dégradation des terres (38).

Les élevages en système intensif et en système extensif sont généralement définis de la manière suivante : en système intensif, les animaux sont confinés dans des hangars au sein desquels la densité d'animaux est importante. La productivité y est également importante. En système extensif, les animaux sont élevés dans des pâturages et leur densité y est faible.

*1/ Émissions de GES, par surface ou par kg, dans les systèmes intensifs et extensifs*

En ce qui concerne l'élevage de ruminants, pour une surface donnée, un système extensif émet généralement moins de GES qu'un système intensif. Mais les rendements (en lait ou en viande) sont plus faibles dans les systèmes extensifs : il faut donc plus d'animaux pour produire la même quantité de viande ou lait, ce qui se traduit par davantage d'émissions de méthane, pour une quantité donnée de lait ou de viande. Les émissions globales de GES par kg de lait ou de viande sont donc plus élevées dans les systèmes extensifs (38). Cela reste le cas si l'on tient compte des émissions supplémentaires générées au cours de la production et du transport des aliments destinés aux animaux dans les élevages intensifs (38). La plupart des études montrent ainsi que les bovins issus de l'agriculture biologique émettent plus d'émissions de GES par kg de viande ou de lait que les bovins issus des élevages intensifs, en grande partie parce que ces élevages tendent à être plus extensifs (38).

Le rapport de 2006 de la FAO *Livestock Long Shadow* évalue que les systèmes intensifs contribuent à hauteur de 5 % des émissions globales de GES, tandis-que les systèmes extensifs contribuent à 13 % du total (0,7 milliard de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> contre 1,8) (12). Pourtant selon ce même rapport, les systèmes de pâturage ne représentent que 8 % de la production mondiale de viande, tandis-que les systèmes mixtes représentent 46 % et les systèmes intensifs (« sans terre ») 45 % de la production mondiale de viande (12).

En ce qui concerne le cas des cochons et volailles (le plus souvent élevés en systèmes intensifs industriels), les émissions de GES sont comme nous l'avons vu plus faibles, non seulement parce qu'ils émettent moins de méthane, mais aussi parce que leur taux de conversion étant plus élevé, il faut moins d'aliments pour les nourrir (38).

Il existe des arguments selon lesquels les animaux dans les systèmes extensifs pourraient jouer un rôle bénéfique, notamment en maintenant des services écosystémiques par leur capacité à fixer le carbone (39). Cette séquestration est cependant limitée dans le temps et difficile à évaluer (38). D'autre part, toute séquestration de carbone doit être mise en balance avec la production de méthane et d'oxyde nitreux. Or l'absorption de dioxyde de carbone par les pâturages n'est pas en mesure de compenser l'impact que les animaux eux-mêmes ont sur le climat, compte tenu de l'importance de la contribution du méthane dans les émissions de GES (38) (40). Enfin, si au lieu de servir de pâturages, les terres marginales et les prairies

étaient transformées en foresterie, ou en production de biocarburants, la végétation et la terre séquestreraient de plus grandes quantités de carbone, tandis que les émissions de méthane et d'oxyde nitreux seraient évitées (38) (40). Un autre argument avancé, – notamment par l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) en France –, est que l'élevage contribue à la diversité des paysages et au patrimoine culturel (39).

## *II/ Utilisation des terres dans les systèmes intensifs et extensifs*

### *a) Les systèmes extensifs, responsables des transformations dans l'utilisation des terres*

Les systèmes intensifs utilisent moins de terre que les systèmes extensifs, même si l'on prend en compte les terres qui ont servi à produire la nourriture des animaux (38). En effet, dans les systèmes intensifs, les animaux sont nourris avec davantage de céréales et légumineuses que dans les systèmes extensifs. Or les cultures arables étant plus productives en calories que les pâturages, il faut moins de terres arables pour nourrir un animal dans un élevage intensif.

Bien que la production intensive ait augmenté rapidement ces dernières années (en particulier la production porcine et avicole intensive), c'est l'expansion des systèmes extensifs qui est en grande partie responsable de l'augmentation des terres exploitées et de la déforestation qu'elle engendre, selon le FCRN (38).

Le rapport *Livestock's Long Shadow* de la FAO (12) montre que la plus grande partie de l'augmentation de l'approvisionnement en aliments pour animaux a été réalisée non pas par une augmentation de la superficie, mais par l'intensification, sous la forme de sélection végétale, d'engrais et de mécanisation : alors que la production totale de cultures arables a augmenté de 46 % entre 1980 et 2004, la superficie cultivée a diminué de 5,2 %. Cela dit, il faut préciser que l'image globale masque la variation régionale puisque par exemple en Amérique latine, la superficie cultivée a augmenté de 15 % entre 1980 et 2003, au détriment de la forêt. En Afrique subsaharienne et en Asie, les superficies cultivées ont également augmenté respectivement de 22 % et 12 %.

Comme nous l'avons dit en introduction de ce chapitre, la FAO estime que l'élevage représente 70 % de toutes les terres agricoles, soit 30 % de la surface terrestre de la planète. Sur ces 30 %, la grande majorité (26 %) sont des terres utilisées pour le pâturage, avec seulement 4 % pour la culture fourragère (ces 4 % représentent pourtant environ 33 % de l'utilisation totale des terres arables selon la FAO) (12).

#### b) Nécessité de prendre en compte la contrainte « terre » et compétition des terres pour nourrir les humain·e·s ou les animaux d'élevage

Avec l'augmentation de la population humaine, les terres agricoles de première nécessité (qui fournissent la majorité de nos besoins énergétiques) sont de plus en plus rares. Il y a donc une contrainte « terre », qu'il est nécessaire de prendre en considération, si l'on veut améliorer la sécurité alimentaire dans le monde. En prenant en compte la contrainte terre, l'élevage extensif ne permet pas d'utiliser au mieux les terres disponibles (38). Il est cependant possible d'atténuer cette utilisation sous-optimale des terres en choisissant de faire paître les animaux ruminants sur des terres marginales (38).

En outre, la conversion des calories végétales en calories animales est très faible : une récente étude de la FAO montre que dans les pays occidentaux, il faut en moyenne 7 kg de végétaux pour produire 1 kg de viande de bovin ; 6 kg de végétaux pour produire 1 kg de viande de volaille et de porc ; et 3 kg de végétaux pour produire 1 kg d'œufs (14).

Ainsi, un tiers selon la FAO (13), à 37 % selon le WRI, des céréales produites dans le monde le sont à destination des animaux d'élevage ; près de 85 % de la production mondiale de soja est destinée à l'alimentation animale (14), sous forme de tourteaux de farine. Le soja, dont les plus grands producteurs sont les États-Unis, le Brésil et l'Argentine (41), est incorporé dans l'alimentation des vaches laitières, en particulier celles nourries à partir d'ensilage de maïs naturellement pauvre en protéines. Il est également la principale source de protéines dans les alimentations des porcs ou des volailles (surtout sur les continents américains et asiatiques) et est incorporé dans l'alimentation des poissons d'élevage. Nourrir les animaux de céréales et légumineuses qui pourraient être consommées directement et plus efficacement par les

humain·e·s peut alors être considéré comme une utilisation sous-optimale des terres arables, selon le FCRN (38).

En conclusion, l'impact de l'élevage extensif sur les émissions de GES ainsi que sur la déforestation (et donc sur la perte de biodiversité engendrée), est bien plus important que celui engendré par l'élevage intensif. L'élevage est d'ailleurs la première cause de perte de la biodiversité (42).

En nous limitant à ces faits, les systèmes intensifs pourraient être considérés comme les plus efficaces, car moins de terres sont utilisées pour produire une quantité donnée de viande ou de lait. En outre, la dynamique de la demande future de produits d'origine animale ajoute de la complexité aux discussions sur la production intensive par rapport à la production extensive : les projections futures suggèrent que la demande pour ces aliments devrait augmenter et peut-être doubler d'ici 2050 (12). De par leur efficacité, les systèmes intensifs sont plus à même de répondre à cette demande croissante.

Cependant, pour certain·e·s chercheur·se·s, même en favorisant les systèmes intensifs, il sera physiquement impossible de nourrir suffisamment les animaux d'élevage pour répondre à la demande (43). De plus, il est aussi nécessaire de prendre que compte (nous allons le détailler au chapitre suivant) que l'élevage engendre une importante utilisation des ressources en eau, ainsi qu'une pollution de l'air et de l'eau, d'autant plus grande dans les systèmes intensifs.

### *III/ Utilisation de l'eau et pollution de l'eau dans les systèmes intensifs et extensifs*

L'empreinte des eaux grises (eaux polluées) est plus importante dans les systèmes intensifs que dans les systèmes extensifs (34). Les élevages intensifs génèrent souvent une quantité de déchets qui ne peuvent pas être entièrement recyclés sur les terres avoisinantes, ce qui peut sérieusement affecter les systèmes d'eau douce (12) (44), engendrant par exemple :

- l'eutrophisation des eaux de surface : l'azote (contenu par exemple dans les nitrates et les nitrites) et le phosphore (contenus dans les phosphates) sont rejetés dans les cours d'eau, ce qui alimente la prolifération d'algues. Les algues absorbent l'oxygène de l'eau, ce qui a pour conséquence de tuer les poissons et autres organismes aquatiques ;

- la lixiviation des nitrates dans les eaux sous-terraines, ce qui menace l’approvisionnement en eau potable ;
- l’accumulation de nutriments excédentaires et de métaux lourds dans le sol, ce qui détériore la fertilité des sols et fait diminuer les ressources en terres arables ;
- la destruction d’écosystèmes fragiles tels que les zones humides, les mangroves et les récifs coralliens, qui sont des réservoirs irremplaçables de biodiversité et le dernier refuge de nombreuses espèces menacées de disparition.

Également, les antibiotiques utilisés en élevage sont rejetés dans l’eau et le sol via les fèces et les urines, sous leur forme initiale ou sous la forme d’un ou plusieurs métabolites. Cette contamination de l’eau et des sols entraîne une toxicité pour les écosystèmes. En 2010, 63 151 tonnes d’antibiotiques ont ainsi été utilisés pour les animaux d’élevage selon un récent rapport de la FAO (45) et l’usage d’antibiotiques chez les porcs et les volailles devraient encore doubler (46). Les antibiotiques sont souvent utilisés de façon systématique dans les élevages intensifs, à dose thérapeutique ou sous-thérapeutique (46).

En conclusion de ce chapitre, les systèmes d’élevage provoquent de nombreux types de dommages environnementaux, en libérant de vastes quantités de GES dans l’atmosphère, en transformant les terres, en défrichant les forêts, en conduisant des espèces à l’extinction et en polluant l’air et les cours d’eau. C’est également la conclusion du récent rapport du FCRN intitulé « *Grazed and Confused* », qui s’intéresse à l’impact de l’élevage sur le futur de la planète (47). Le rapport conclut qu’aucun système d’élevage (ni intensif, ni extensif et quel que soit le degré de sophistication de ceux-ci ou le type d’animal) n’est une solution aux changements climatiques et aux transformations de l’utilisation des terres, mais que manger moins de viande est en revanche une solution (47). Comme nous l’avons vu, les études montrent en effet que la plupart des régimes végétariens émettent beaucoup moins de GES et nécessitent moins de terres que les régimes non-végétariens. Le développement des régimes végétariens constituent un important levier d’action pour freiner les changements climatiques et la destruction des écosystèmes, et pour améliorer la santé environnementale.



## Chapitre 3 : Les défis de santé liés à l'alimentation

### A) Généralités sur les relations entre les différents groupes d'aliments et maladies

Cette partie est essentiellement basée sur l'analyse de la récente expertise de l'ANSES (Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), dont les résultats ont été publiés dans le rapport de 2016 intitulé « Actualisation des repères du PNNS : étude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles » (48). L'agence a également publié un résumé des relations entre les différentes catégories d'aliments et les maladies non transmissibles dans le chapitre « Prévenir le risque de maladies chroniques non transmissibles » du rapport intitulé « Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires » (49). Pour établir les relations entre les aliments (dont les POA) et les risques de maladies, les expert-e-s de l'ANSES ont pris comme point de départ les dernières expertises de l'EFSA (European Food Safety Agency), de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et de la NHMRC (Australian National Health and Medical Research Council), qui dans un rapport de 2008 établissait déjà les relations susceptibles d'exister entre les différents aliments et la morbidité.

Dans le chapitre qui suit, les viandes hors volaille désignent les viandes de bœuf, porc, veau, mouton, agneau, chèvre et cheval. Ces viandes sont regroupées sous le terme *red meat* dans les études épidémiologiques et documents d'expertise. Il ne faut donc pas confondre avec le terme français « viande rouge », qui ne regroupe que les viandes de bœuf, mouton, agneau et cheval.

Les viandes transformées regroupent les viandes qui ont subi des procédés de transformation dans le but d'améliorer la conservation et/ou de développer les arômes, tels que la salaison, le séchage, la fermentation ou le fumage. Ce sont par exemple le jambon, les saucisses, le saucisson, le pâté, les viandes en conserve les préparations et les sauces à base de viande.

En conformité avec la classification du World Cancer Research Fund (WCRF), la relation susceptible d'exister entre un groupe d'aliment et une maladie sera qualifiée de :

- « convaincante », s'il existe plusieurs études de bonne qualité dont au moins deux études prospectives indépendantes, sans hétérogénéité inexplicée, avec une plausibilité biologique

soutenue par des études expérimentales soit chez l'humain·e, soit dans des modèles animaux pertinents. Il existe un effet dose/réponse d'association non nécessairement linéaire si la non-linéarité est plausible biologiquement ;

- « probable », s'il existe deux études prospectives indépendantes ou au moins cinq études cas-témoins de bonne qualité, sans hétérogénéité inexplicée, et une plausibilité biologique de la relation ;
- « limitée » mais suggestive, ou encore « suggérée », si les données suggèrent une augmentation ou une réduction du risque mais sont insuffisantes pour conclure à une relation de causalité ;
- « insuffisante » s'il n'y a pas suffisamment de données pour conclure.

Dans son récent rapport, l'ANSES a notamment étudié pour la première fois les relations existantes entre les différentes catégories d'aliments d'origine végétale et plusieurs maladies, que sont le surpoids, les maladies cardiovasculaires (MCV), le diabète de type 2 (DT2) et plusieurs cancers (colorectal, du sein, de la prostate). Le tableau ci-dessous résume les relations définies (Tableau 1).

	Surpoids	DT2	MCV	Cancer colorectal	Cancer du sein	Cancer de la prostate
Fruits et légumes						
Céréales complètes						
Légumineuses					Soja <sup>1</sup>	
Graines oléagineuses						

		Degré de certitude
<b>Augmentation du risque</b>		Convaincant
		Probable
		Données suggestives mais limitées (association mais données insuffisantes pour conclure à un lien causal)
<b>Diminution du risque</b>		Convaincant
		Probable
		Données suggestives mais limitées (association mais données insuffisantes pour conclure à un lien causal)
		Pas de relation définie par l'ANSES ou preuves insuffisantes

<sup>1</sup> Relation observée uniquement chez la population asiatique. Chez la population occidentale, il n'y pas de preuves suffisantes pour pouvoir définir une relation entre le soja et le cancer du sein.

**Tableau 1** : Relations établies entre les aliments végétaux (fruits et légumes, céréales complètes, légumineuses, graines oléagineuses) et plusieurs maladies : le surpoids, les maladies cardiovasculaires (MCV), le diabète de type 2 (DT2), plusieurs cancers (colorectal, du sein, de la prostate). Tableau réalisé à partir des données du récent rapport de l'ANSES (48).

Les aliments végétaux – en particulier les fruits, légumes et céréales complètes –, sont bénéfiques à la prévention de plusieurs de ces maladies, le degré de certitude allant jusque « convaincant » entre les fruits et légumes et les MCV. En ce qui concerne les légumineuses et graines oléagineuses, les recherches sont plus récentes et de futures études sont encore nécessaires d'après l'ANSES pour établir une relation solide avec ces maladies. Néanmoins, les études déjà disponibles montrent que les légumineuses et oléagineux pourraient avoir un impact positif sur leur prévention, comme nous le détaillerons dans la deuxième partie au

chapitre 3 (« Les bénéfices d'une alimentation végétarienne ou végétalienne bien menée sur la santé humaine »).

Quoi qu'il en soit, parmi ces quatre groupes d'aliments végétaux, aucun n'est associé à une augmentation du risque d'une ou plusieurs de ces maladies.

Dans la suite de ce chapitre, nous détaillerons les relations existantes entre les POA et ces maladies cardiométaboliques en nous basant sur les travaux récents de l'ANSES. Nous détaillerons également les relations existantes entre les POA et les cancers, en nous basant sur les travaux de l'OMS, de l'INCa (Institut National du Cancer) et de l'ANSES.

## B) Lien entre les POA et le surpoids

### */ Introduction sur le surpoids et l'obésité*

Le surpoids et l'obésité se définissent comme une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle, qui peut nuire à la santé. Pour estimer le surpoids et l'obésité chez l'adulte, on utilise l'indice de masse corporelle (IMC), qui correspond au poids divisé par le carré de la taille, exprimé en kg/m<sup>2</sup>. Pour l'adulte, il y a surpoids si l'IMC est supérieur à 25 et obésité si l'IMC est supérieur à 30, selon l'OMS (50).

D'après les estimations de l'OMS, en 2016, 39 % des adultes étaient en surpoids (soit 1,9 milliard d'adultes), 13 % étaient obèses (soit 650 millions d'adultes). Également en 2016, 18 % des enfants et adolescent·e·s étaient en surpoids ou obèses (contre 4 % en 1975), et 41 millions d'enfants de moins de 5 ans étaient en surpoids ou obèses. Entre 1975 et 2016, dans le monde, la prévalence de l'obésité a presque triplé (50).

Autrefois sévissant dans les pays les plus développées, le surpoids et l'obésité sont désormais en augmentation dans les pays en développement (50).

Le surpoids et l'obésité sont d'importants facteurs de risque pour le développement de nombreuses maladies chroniques, notamment les MCV, le DT2, les troubles

musculo-squelettiques ou certains cancers (cancer de l'endomètre, du sein, des ovaires, de la prostate, du foie, de la vésicule biliaire, du rein et du côlon) (50).

Le surpoids et l'obésité, ainsi que les maladies qui y sont associées, peuvent être en grande partie évités, selon l'OMS (50) :

- en limitant l'apport énergétique provenant de la consommation des lipides totaux et de sucres ;
- en consommant davantage de fruits et légumes, de légumineuses, de céréales complètes et de graines oléagineuses ;
- en pratiquant une activité physique régulière (60 minutes par jour pour un enfant et 150 minutes par semaine pour un adulte).

### *II/ Lien entre la viande et le changement de poids*

Dans son récent rapport sur l'actualisation des repères du Plan National Nutrition Santé (PNNS), l'ANSES a réalisé une synthèse de la relation existante entre les viandes et le surpoids/obésité (48). L'agence conclut que l'ensemble des études suggèrent que la consommation de viande augmente le risque de prise de poids, en précisant que le mécanisme est inconnu et qu'il est difficile de trouver une explication. Pour parvenir à ce résultat, l'ANSES a sélectionné cinq études prospectives, réalisées sur trois cohortes : la cohorte EPIC (the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) – une cohorte américaine de 1730 hommes suivis pendant dix ans – et la cohorte NHS (Nurse's Health Study), NHS II et HPFS (Health Professionals Follow-up Study) (48).

### *III/ Lien entre les autres POA et le changement de poids*

Jakobsen et son équipe ont étudié le lien existant entre la consommation de poissons et le poids au sein de la cohorte EPIC et ont publié les résultats de deux études prospectives à ce sujet (51) (52). Leurs résultats montrent, après ajustement sur l'apport énergétique, qu'une augmentation de la consommation de poissons (maigres comme gras) est corrélée significativement avec une augmentation du poids et du tour de taille chez l'homme. Les résultats ne sont pas significatifs chez la femme. Selon l'ANSES, les données sont cependant

insuffisantes pour conclure à une relation entre la consommation de poissons et le changement de poids (48).

En ce qui concerne le lien entre les produits laitiers et le changement de poids, l'ANSES s'est basée trois études prospectives et de trois méta-analyses publiées entre 2008 et 2014. Sa conclusion est que chez les sujets normo-pondéraux, il n'y a pas de changement significatif du poids en fonction de la consommation de produits laitiers (48). En revanche, chez les sujets en surpoids en restriction énergétique, la consommation de produits laitiers est associée à une plus forte perte de poids. Les données sont cependant insuffisantes pour établir une relation de cause à effet (48).

### C) Lien entre les POA et les maladies cardiovasculaires (MCV)

#### *I/ Introduction sur les MCV*

Les MCV constituent un ensemble de troubles affectant le cœur et les vaisseaux. Il s'agit notamment des maladies cardiaques coronariennes (ou ischémiques), des accidents vasculaires cérébraux (AVC), des maladies artérielles périphériques, des cardiopathies rhumatismales, des cardiopathies congénitales, des thromboses veineuses profondes et embolies pulmonaires (53).

Les MCV sont la première cause de mortalité dans le monde. L'OMS estime à 17,5 millions le nombre de décès imputables aux MCV, soit 31 % de la mortalité mondiale totale. Parmi ces décès, on estime que 7,4 millions sont dus à une cardiopathie coronarienne et 6,7 millions à un accident vasculaire cérébral (chiffres de 2012) (53).

Les principaux facteurs de risques des cardiopathies et des accidents vasculaires cérébraux sont une mauvaise alimentation, un manque d'activité physique, le tabagisme et l'usage nocif de l'alcool (48).

Les effets des facteurs de risque comportementaux peuvent se traduire chez les personnes par (53) :

- une hypertension (pression artérielle systolique  $\geq 140$  mmHg et/ou pression artérielle diastolique  $\geq 90$  mmHg et/ou traitement par médicaments agissant sur la pression artérielle) ;
- une hyperglycémie (glycémie à jeun  $\geq 7,0$  mmol/l et/ ou traitement par médicaments antidiabétiques oraux) ;
- une hyperlipidémie (triglycéridémie  $\geq 1,7$  mmol/l et/ou LDLémie  $\geq 4,1$  mmol/l et/ou HDLémie  $\leq 1,0$  mmol/l et/ou traitement par des médicaments hypolipémiants) ;
- le surpoids et l'obésité.

Les facteurs de risque comportementaux seraient responsables d'environ 80 % des MCV, selon l'ANSES (48).

## *II/ Lien entre la viande et les MCV*

Selon l'ANSES, la consommation de viande hors volaille et de viande transformée entraîne un risque accru de MCV avec un niveau de preuve « probable » (48). L'ANSES estime que le risque de MCV serait augmenté de l'ordre de 40 % pour chaque augmentation de 50 g/j de viande transformée ; celui d'AVC serait quant à lui augmenté de plus de 10 % pour chaque augmentation de 100 g/j de viande hors volaille et de viande transformée ensemble, de 100 g/j de viande hors volaille, et de 50 g/j de viande transformée (48).

Cette relation pourrait être expliquée selon l'agence par la richesse des viandes en (48) :

- acides gras saturés, dont les effets pro-athérogènes résulteraient de leur effet indirect sur l'augmentation de LDL-cholestérol, mais aussi de leur effet direct pro-inflammatoire ;
- cholestérol, pro-athérogène ;
- fer héminique, responsable d'un stress oxydatif, pouvant le rendre toxique ;
- sel, responsable d'hypertension artérielle ;
- nitrites (utilisés pour la conservation des viandes transformées), pro-athérogènes et pouvant engendrer un dysfonctionnement vasculaire.

Les études montrent que cette relation pourrait également s'expliquer par la présence de L-carnitine en grande quantité dans la viande hors volaille, menant à une production d'oxyde de triméthylamine (TMAO), pro-athérogène (54). Ce mécanisme est détaillé dans la partie sur les protéines (chapitre 2 de la troisième partie).

L'effet pro-athérogène de certains de ces composés (cholestérol, nitrites, TMAO), est responsable d'athérosclérose, elle-même en grande partie responsable des MCV. L'athérosclérose correspond à inflammation chronique menant à l'épaississement de la paroi des vaisseaux et conduisant à la formation de plaques d'athérome. Ce processus commence par une accumulation de lipides, principalement des LDL-CT, au niveau de l'intima des artères, puis une calcification de celle-ci (dépôt de carbonate de calcium) ; en s'épaississant et en réduisant ainsi la lumière artérielle (sténose), la plaque peut mener à une diminution du flux sanguin, engendrant alors une ischémie, avec possiblement des symptômes associés comme l'angine de poitrine si les artères coronaires sont affectées. Aussi, le processus inflammatoire rend la plaque d'athérome instable, ce qui peut provoquer une rupture de la média des artères : les débris d'athérome sont alors libérés dans le sang et peuvent alors provoquer des thromboses en bouchant les artères, engendrant un infarctus du myocarde ou un AVC si les artères coronaires et cérébrales sont respectivement affectées.

### *III/ Lien entre les autres POA et les MCV*

Selon l'ANSES, la consommation de poissons est associée à une diminution du risque d'AVC, avec un niveau de preuve « probable » (48).

L'analyse de la littérature montre que la consommation de produit laitiers semble associée à une réduction du risque de MCV, mais les données sont insuffisantes pour mettre en évidence une relation de cause à effet selon l'agence (48).

Toujours d'après l'ANSES, les données de la littérature sont insuffisantes pour conclure à une augmentation de MCV due à la consommation d'œufs (48).

## D) Lien entre les POA et le diabète de type 2 (DT2)

### *1/ Introduction sur le DT2*

Le DT2 est une maladie chronique qui se manifeste par une hyperglycémie liée à une insulino-résistance et à un déficit de la sécrétion d'insuline. C'est la forme la plus fréquente de diabète (9 cas sur 10). S'il n'est pas équilibré avec des mesures hygiéno-diététiques et/ou un traitement, il peut être responsable de graves complications, en particulier au niveau du système cardiovasculaire – infarctus, AVC –, des reins, du système nerveux périphérique ou de la rétine (48). Au point de vue biologique, il se caractérise par une glycémie à jeun  $\geq 7,0$  mmol/L (126 mg/dl) ou un taux d'hémoglobine glyquée HbA1c  $> 6,5\%$ .

Selon l'OMS (55), le DT2 est la 6<sup>ème</sup> cause de mortalité dans le monde (1,6 millions de décès). Le diabète est aussi la 4<sup>ème</sup> cause de mortalité dans le monde, parmi les maladies non transmissibles (plus communément appelées « maladies chroniques »). Une augmentation constante du nombre de cas de diabète et de la prévalence de la maladie a été observée depuis plusieurs décennies. Le nombre des personnes atteintes de diabète est passé de 108 millions en 1980 à 422 millions en 2014. La prévalence mondiale du diabète chez les adultes de plus de 18 ans est ainsi passée de 4,7 % en 1980 à 8,5 % en 2014. La fréquence du diabète est en augmentation partout dans le monde et des études révèlent que les enfants courent de plus en plus de risques de développer cette maladie. Elle a augmenté plus rapidement dans les pays à revenu faible ou intermédiaire.

Le nombre de cas de diabète a atteint des proportions épidémiques et reflète l'augmentation de la prévalence de l'obésité dans le monde (56). Le diabète constitue un problème de santé publique majeur.

Pourtant, le DT2 est « largement évitable » selon l'OMS (57). Si certains facteurs de risque du DT2 – facteurs génétiques, ethniques et liés à l'âge –, ne sont pas modifiables, d'autres, comme le surpoids et l'obésité, une mauvaise alimentation, une activité physique insuffisante et le tabagisme, sont modifiables moyennant des changements comportementaux et environnementaux (57).

Le premier facteur de risque de DT2 est l'excès de masse grasse, mesuré par le tour de taille et l'IMC (57). Cette relation varie selon les populations : le diabète se déclare par exemple à un plus faible niveau d'IMC chez les populations d'Asie du Sud-Est que chez les populations d'origine européenne (58).

Dans son rapport de 2004, l'OMS conseillait, pour prévenir le risque de diabète, d'adopter un régime alimentaire sain et d'éviter le sucre et les graisses saturées, ainsi que les acides gras *trans* se trouvant principalement dans les POA (viande de ruminants, produits laitiers), mais aussi dans les huiles végétales partiellement hydrogénées (raffinées, non vierges) (59).

En 2016, l'OMS a lancé un appel pour enrayer la progression alarmante des cas de diabète dans le monde et a publié son premier Rapport Mondial sur le Diabète (57), dans lequel elle a insisté à nouveau sur ces recommandations nutritionnelles, qui sont en accord avec celles de la FAO :

- pratiquer régulièrement un niveau satisfaisant d'activité physique ;
- remplacer les acides gras saturés par des acides gras polyinsaturés, ou tout du moins de limiter l'apport en graisses saturées à moins de 10 % de l'apport alimentaire total, (moins de 7 % pour les groupes à haut risque) ;
- assurer un apport suffisant en fibres alimentaires (apport de minimum 20 g par jour) par une consommation régulière de céréales complètes, de légumineuses, de fruits et de légumes.

Quant au traitement du DT2, l'OMS estime dans son rapport de 2016 que les interventions liées à l'alimentation et à l'activité physique sont plus efficaces que les médicaments (57).

## *II/ Lien entre la viande et le DT2*

L'ANSES a établi dans son rapport de 2016 (49) que la consommation de viandes hors volaille ainsi que les viandes transformées sont associées à une augmentation du risque de DT2, avec un niveau de preuve « probable ». Ce résultat est expliqué en partie par l'IMC, mais reste significatif même après ajustement sur l'IMC. Il existe donc une association spécifique entre la consommation de viande (transformée ou non) et le DT2.

Cette conclusion de l'ANSES s'appuie sur l'analyse de sept études prospectives d'observation et deux méta-analyses, publiées entre 2010 et 2013, qui concordent entre elles. En particulier, la méta-analyse la plus récente (60) a observé un HR (Hazard ratio) de 1,19 (95 % Intervalle de confiance (IC) : 1,04–1,37), donc une augmentation risque de 19 % pour 100 g/j additionnels de viande hors volaille ; et de 1,51 (IC : 1,25–1,83), donc de 51 %, pour 50 g/j additionnels de viande transformée.

Selon le rapport de l'ANSES, les mécanismes à l'origine de cet effet ne sont pas bien élucidés, mais l'agence évoque différentes hypothèses, comme la présence d'acides gras saturés, les phénomènes inflammatoires liés à la consommation de viande, les apports en fer héminique (qui peut diminuer la sensibilité à l'insuline et engendrer un stress oxydant), ou encore la présence d'additifs et de conservateurs dans les viandes transformées (48).

Une importante analyse de la littérature (61) concernant les mécanismes en jeu a été publiée en 2015, donc postérieurement à l'expertise de l'ANSES, par Kim et son équipe. Pour les chercheur-se-s, les mécanismes pourraient mettre en jeu :

- les acides gras saturés. Ce mécanisme est cependant mal élucidé ;
- les produits de la glycation avancée (produit notamment lors de la cuisson par la réaction de Maillard) ;
- les nitrates ou nitrites, utilisés dans la conservation des viandes transformées. Ils forment des nitrosamines en s'associant à de composés aminés, qui sont toxiques pour les cellules bêta du pancréas ;
- l'oxyde de triméthylamine ou TMAO (provenant du métabolisme de la phosphatidylcholine et de la L-carnitine par la flore intestinale) ;
- les perturbateurs endocriniens ;
- les acides aminés à chaîne latérale ramifiée ou BCAA (branched-chain amino acid), que sont la leucine, l'isoleucine et la valine. En effet, un apport élevé en protéines et en particulier en BCAA pourrait jouer un rôle dans le risque de survenue d'un DT2. Un taux élevé en BCAA plasmatique est associé avec une résistance à l'insuline et avec un taux élevé d'hémoglobine glyquée HbA1c (62). Aussi, la concentration plasmatique élevée en BCAA observée chez les adultes et chez les enfants obèses, pourrait être associée indépendamment de l'IMC, avec une

future insulino-résistance, observée 18 mois plus tard et pourrait ainsi être un marqueur de risque élevé pour le DT2 (63) ;

- le fer héminique. Il est à l'origine d'un fort taux de ferritine sérique (biomarqueur des réserves de fer dans l'organisme) chez les non-végétariens. Trois méta-analyses (64) (65) (66) montrent une forte corrélation positive entre l'incidence d'un DT2 et le taux de ferritine sérique ainsi qu'entre l'incidence d'un DT2 et l'apport en fer héminique. Un fort taux de ferritine sérique, et/ou un fort apport en fer héminique, est donc un marqueur de risque de DT2. Le mécanisme pourrait être un stress oxydant ou une inflammation (61). Notons que le taux de fer non héminique (contenu dans les aliments végétaux) n'est en revanche pas significativement associé à un risque augmenté de DT2 (65).

C'est particulièrement l'interaction entre tous ces composants pourrait jouer un rôle dans l'accélération du développement d'un DT2 (61).

### *III/ Lien entre les autres POA et le DT2*

D'après l'ANSES, la consommation de poissons est associée à un risque plus élevé de DT2 au sein de la population occidentale, mais pas chez la population asiatique. Les études aux États-Unis concordent entre elles ; en revanche, celles-ci sont limitées en Europe et non concordantes (48). Les mécanismes en jeu, d'après l'agence, pourraient être liés à l'effet des acides gras oméga 3 à longue chaîne (AGPI n-3) sur l'augmentation de la glycémie (en diminuant l'utilisation du glucose et en augmentant la néoglucogénèse hépatique) ; à la cuisson des AGPI n-3, qui pourrait engendrer un stress oxydant et une augmentation de composés pro-inflammatoires ; ou encore, à la présence de métaux lourds et de dioxine (48).

La consommation de produits laitiers (tous types) semble associée à une réduction du risque de DT2, avec un niveau de preuve « probable », selon l'ANSES (48).

Un certain nombre d'études convergent vers une augmentation du risque de DT2 avec la consommation d'œufs. Le mécanisme en jeu pourrait alors être lié à la teneur des œufs en cholestérol et acides gras saturés. Cependant, l'ANSES conclut que les preuves sont limitées pour définir un effet (48).

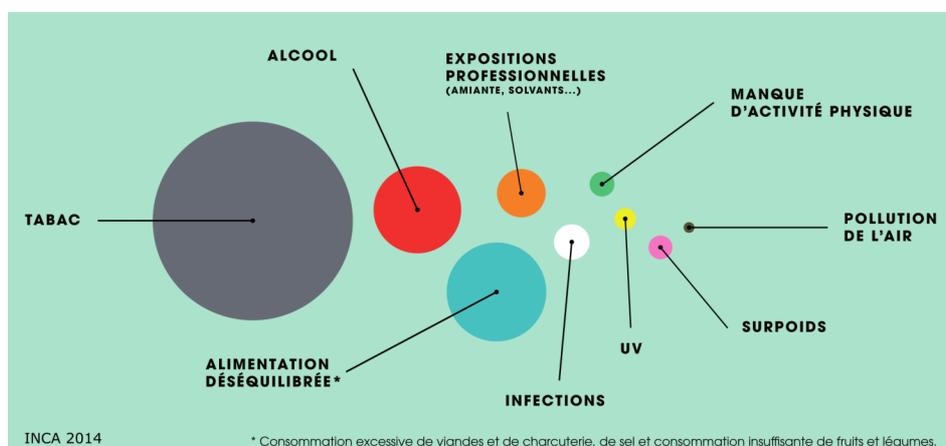
## E) Lien entre les POA et les cancers

### 1/ Introduction sur les cancers

Le cancer constitue la deuxième cause de décès dans le monde (8,8 millions de décès en 2015) et le nombre de nouveaux cas devrait augmenter de 70 % environ au cours des deux prochaines décennies, selon l'OMS. Les cancers les fréquents sont le cancer du poumon (1,69 million de décès), le cancer du foie (788 000 décès), le cancer colorectal (774 000 décès), cancer de l'estomac (754 000 décès) et le cancer du sein (571 000 décès) (67).

De multiples causes peuvent être à l'origine d'un cancer : prédisposition génétique, environnement (rayons solaires, particules diesel, lieu de travail (amiante, etc.), habitudes de vie (tabac, nutrition, etc.). L'Institut National du Cancer (INCa) estime dans son rapport d'activité de 2014 que la part des cancers liés aux prédispositions génétiques est estimée à moins de 10 % alors que celle liée à l'exposition à divers facteurs de risque évitables, liés aux modes de vie et aux comportements, est estimée à 40 %. Selon l'INCa, 40 % des cancers sont ainsi évitables (68).

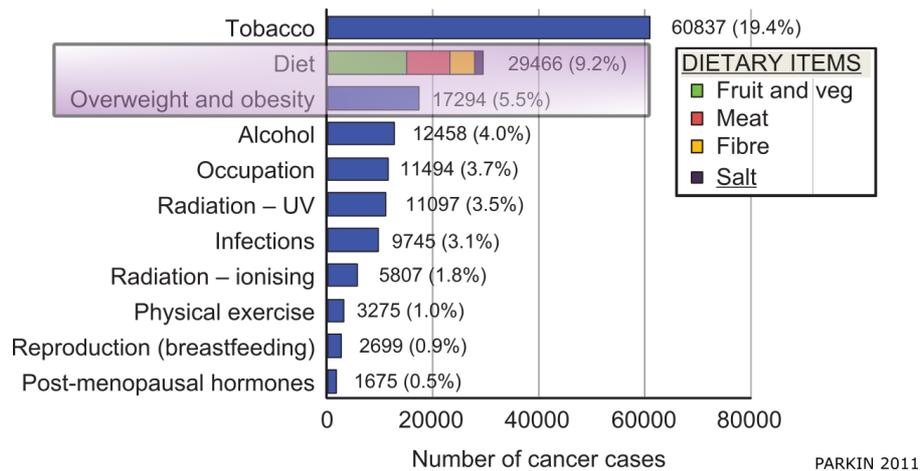
Notamment, une alimentation déséquilibrée – trop riche en viande et charcuterie, sel, et pauvre en fruits et légumes et fibres –, ainsi que le surpoids, sont deux facteurs de risques importants (Figure 14) (55).



**Figure 14** : Facteurs de risque des cancers.

Source : INCa, 2014 (55)

Les études menées au Royaume-Uni estiment quant à elles qu'en 2010, en moyenne 9,2 % des cancers ont été attribuables au régime alimentaire (excès de viandes, charcuteries, sel, et apport faible en fruits, légumes ou fibres, par rapport aux recommandations nutritionnelles au Royaume-Uni) et 5,5 % des cancers ont été attribuables au surpoids et à l'obésité. Ce sont les deux facteurs de risque les plus importants après le tabac, d'après Parkin et son équipe (69) (Figure 15).



**Figure 15** : Nombres et pourcentages de cas de cancers attribuables à différents facteurs de risques, en particulier au surpoids / obésité et à l'alimentation, au Royaume-Unis en 2010.  
 Source : Parkin et al, 2011 (69)

Dans son rapport de 2015 intitulé « Nutrition et prévention primaire des cancers », l'INCa a estimé que 20 à 25 % des cancers sont imputables aux comportements alimentaires (70).

## II/ Lien entre la viande et les cancers

### a) Classification de la viande hors volaille comme carcinogène « probable »

L'objectif des rapports de l'INCa « Nutrition et prévention primaire des cancers » publié en juin 2015 (70) et « Les cancers en France » publié en avril 2016 (71) était d'actualiser l'état des connaissances sur les liens entre différents facteurs nutritionnels et le risque de cancer primitif, depuis la publication du rapport WCRF en 2007 (72).



L'augmentation du risque de cancers par la consommation de viande hors volaille a été confirmée par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC ou IARC en anglais) (73), l'agence de l'OMS spécialisée dans la recherche sur le cancer. Un résumé de la monographie du CIRC concernant la relation entre les viandes et les cancers a été publié dans le *Lancet Oncology* (74). Le CIRC classe les viandes hors volaille comme carcinogènes « probables » pour l'humain·e (groupe 2A). Il existe en effet un niveau de preuve « probable » entre les viandes hors volaille et le cancer colorectal, de la prostate et du pancréas. Ce classement repose sur l'analyse des études épidémiologiques chez l'humain·e, montrant une association positive entre les viandes hors volaille et ces cancers, mais avec des preuves limitées (dues notamment à l'hétérogénéité relative des résultats) (73).

Les mécanismes en jeu, pourraient notamment être liés, d'après l'ANSES (48) :

- au fer héminique, qui peut favoriser la formation de composés N-nitrosés cancérigènes par les bactéries du côlon ainsi que la production de cytokines pro-inflammatoires, de radicaux libres et d'autres substances favorisant le développement de tumeurs ;
- aux amines hétérocycliques et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, qui sont des agents mutagènes produits lorsque la viande est cuite à haute température ou lorsque la cuisson est prolongée. Notamment chez des personnes présentant un polymorphisme génétique relatif aux enzymes détoxifiantes ;
- aux acides gras *trans* ;
- un virus d'origine bovine, pour le cancer colorectal.

#### b) Classification de la viande transformée (dont la charcuterie) comme carcinogène

L'INCa qualifie la relation entre les viandes transformées (dont la charcuterie) et le risque de cancer colorectal de « convaincante » ; il existe également un niveau de preuve « suggéré » entre la consommation de charcuterie et l'augmentation du risque de cancer de l'estomac et du pancréas (Figure 16) (68).

L'augmentation du risque de cancers par la consommation de charcuterie a également été confirmée par le CIRC (73), qui classe la viande transformée comme un carcinogène pour l'humain·e (groupe 1). L'expertise du CIRC repose sur des études épidémiologiques montrant

des preuves convaincantes du lien causal entre la consommation de viande transformée et le cancer colorectal chez l'humain·e. L'agence estime que l'augmentation du risque de cancer colorectal est estimée à 18 % pour chaque consommation par pallier de 50 g/j de viande transformée.

Les mécanismes en jeu, d'après l'ANSES, pourraient notamment être liés à l'hème et aux amines hétérocycliques et hydrocarbures aromatiques polycycliques produits lors de la cuisson, comme pour les viandes hors volaille, mais aussi à l'ajout de nitrites et de nitrates (pour la conservation) qui augmentent l'exposition aux nitrosamines, aux composés N-nitrosés et à leurs dérivés (48).

En outre, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les viandes transformées, mais également les viandes non transformées (hors volaille) sont un facteur de risque pour le surpoids et l'obésité (Figure 16) (68). Or le surpoids et l'obésité sont d'après l'INCa d'importants facteurs de risque pour de nombreux cancers : le niveau de preuve du lien entre le surpoids et les cancers est jugé « convaincant » pour le cancer de l'œsophage, du côlon-rectum, du rein, du sein (après la ménopause), de l'endomètre ; il est jugé « probable » pour le cancer du foie, de la vésicule biliaire, de l'ovaire, de la prostate au stade avancé et des lignées hématopoïétiques (lymphome hodgkinien et non hodgkinien, leucémie, myélome multiple) ; enfin, il est « suggéré » pour le cancer de l'estomac proximal et de la thyroïde (Figure 16) (68).

#### c) Avis récent et nouvelles recommandations de l'ANSES sur la viande hors volaille et la viande transformée

En accord avec les conclusions établies par l'INCa et par le CIRC, l'ANSES estime dans son rapport de 2016 que les viandes hors volaille ainsi que les viandes transformées augmentent le risque de cancer colorectal avec un niveau de preuve « convaincant » et augmentent le risque de cancer du sein et de la prostate avec un niveau de preuve « limité » mais « suggestif » (49).

L'ANSES établit que pour les maladies dont le lien avec la consommation de viande hors volaille est jugé convaincant ou probable – c'est-à-dire le cancer colorectal, mais également les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2 –, les méta-analyses montrent que pour chaque augmentation d'apport quotidien de viande hors volaille de 100 g, le risque de ces maladies augmente de 10 à 20 %. Pour les viandes transformées incluant la charcuterie, chaque augmentation de 50 g/j induit des augmentations du risque allant jusqu'à 50 % (49).

Au regard de ces résultats, l'ANSES a jugé nécessaire d'établir une limite maximale d'apport (49). L'agence a pour cela considéré les études épidémiologiques sur le cancer colorectal et a conclu que la majorité d'entre elles rapporte une augmentation statistiquement significative du risque par rapport à la classe de référence, dès 70 à 80 g/j de consommation de viande hors volaille (49). Cette valeur est cohérente avec la limite maximale de consommation individuelle de 500 g par semaine de viande hors volaille proposée en 2011 par le WCRF (75). En ce qui concerne les viandes transformées, l'analyse par l'ANSES des études individuelles rapporte des augmentations statistiquement significatives de risque à partir de 25 g/j. Ces augmentations du risque étant importantes et du fait qu'il n'existe pas selon l'agence de données concernant l'augmentation du risque pour des consommations plus faibles, il est nécessaire de limiter la consommation de charcuterie (49).

### *III/ Lien entre les autres POA et les cancers*

La consommation de poissons cuits à forte température, salés ou fumés serait associée à une augmentation du risque de cancer de la prostate, avec un niveau de preuve « limité » mais suggestif, d'après l'ANSES. Pour le cancer du sein, les données sont insuffisantes pour conclure à une relation. Concernant le cancer colorectal, les études montrent une absence de relation avec la consommation de poissons (48). Le mécanisme responsable de la possible augmentation du risque de cancer de la prostate pourrait être notamment lié à la présence d'amines hétérocycliques produites par une cuisson intense et/ou prolongée des poissons ou par des procédés de transformation (salage, fumage) (48).

Le lait pourrait être un facteur protecteur pour le cancer colorectal, avec un niveau de preuve « probable », d'après l'INCa (Figure 16) (68) ; en revanche, le fromage pourrait augmenter le risque de cancer colorectal, mais davantage d'études sont nécessaires, d'après le WCRF (72). Des études suggèrent que le lait ainsi que les produits laitiers pourraient également augmenter le risque de cancer de la prostate, avec un niveau de preuve « suggéré » selon l'INCa (68) et « probable » selon le WCRF (ANNEXE 7) (72). Enfin, il se pourrait que le lait et les produits laitiers augmentent le risque de cancer du sein. En effet, en raison de leur contribution importante à l'apport protéique et énergétique, le lait et les produits laitiers peuvent moduler la synthèse endogène de l'hormone de croissance l'IGF-1 (Insulin-like Growth Factor-1). Or cette dernière est significativement associée à l'augmentation du risque de cancer du sein ER+ (48). D'après l'ANSES, les données sont cependant insuffisantes pour conclure à une augmentation du risque de cancer du sein (48).

En ce qui concerne les œufs, les données ne permettent pas de montrer une quelconque relation avec les cancers, d'après l'ANSES (48).

#### F) Conclusion sur les liens entre les POA et les principales maladies chroniques

Les liens établis entre la consommation de viande, poissons, produits laitiers et les principales maladies chroniques non transmissibles sont résumés dans le tableau ci-après (Tableau 2). Ces conclusions s'appuient principalement sur l'expertise récente de l'ANSES.

Les viandes hors volaille et les viandes transformées augmentent le risque de surpoids, de cancers (colorectal, du sein, de la prostate), de DT2 et de MCV avec des niveaux de preuves allant de « probables » à « convaincants », d'après l'ANSES (48). Au vu de ces conclusions, l'ANSES classe pour la première fois les viandes hors volaille et charcuteries dans les « groupes d'aliments dont la consommation augmente le risque de maladies chroniques », dans son rapport de 2016 sur l'actualisation des repères de consommation (49). Comme nous l'avons déjà dit, pour ces maladies (surpoids, DT2, MCV, cancers colorectal, du sein et de la prostate), les méta-analyses indiquent en effet que pour chaque augmentation d'apport quotidien de viandes hors volaille de 100 g, le risque augmente de 10 à 20 % ; et pour chaque augmentation

d'apport quotidien de viandes transformées (incluant la charcuterie) de 50 g/j, le risque augmente jusqu'à 50 % (49).

Le poisson, le lait et les produits laitiers, semblent augmenter le risque de certaines maladies et diminuer le risque d'autres maladies : le poisson augmente le risque de cancer de la prostate et de DT2 avec un niveau de preuve « suggestif » et diminue le risque d'AVC avec un niveau de preuve « probable ». Le lait et les produits laitiers augmentent le risque de cancer de la prostate avec un niveau de preuve « suggestif » et diminuent le risque de MCV avec un niveau de preuve également « suggestif » et le DT2 avec un niveau de preuve « probable ». Le lait (mais pas les produits laitiers) diminue le risque de cancer colorectal avec un niveau de preuve « probable », d'après l'ANSES. Les données sont insuffisantes pour conclure à une relation entre le lait et les produits laitiers et le surpoids, d'après l'agence. Enfin, des liens ont été mis en évidence entre la consommation d'œufs et l'augmentation du DT2 et MCV, mais les niveaux de preuve sont respectivement « limités » et « insuffisants ».

	Surpoids	DT2	MCV	Cancer colorectal	Cancer du sein	Cancer de la prostate
Viandes (hors volaille et transformées)						
Poissons			AVC			
Lait et produits laitiers	Chez les personnes en surpoids			Lait		
	Pas de diminution du risque chez les normo-pondéraux			Autres que le lait		

		Degré de certitude
Augmentation du risque		Convaincant
		Probable
		Données suggestives mais limitées (association mais données insuffisantes pour conclure à un lien causal)
Diminution du risque		Convaincant
		Probable
		Données suggestives mais limitées (association mais données insuffisantes pour conclure à un lien causal)
		Pas de relation définie par l'ANSES ou preuves insuffisantes

**Tableau 2** : Relations établies entre les aliments végétaux (fruits et légumes, céréales complètes, légumineuses, graines oléagineuses) et plusieurs maladies : le surpoids, les maladies cardiovasculaires (MCV), le diabète de type 2 (DT2), plusieurs cancers (colorectal, du sein, de la prostate). Tableau réalisé à partir des données du dernier rapport de l'ANSES (48).

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

### G) Antibiorésistance chez les animaux et les humain·e·s

D'après l'OMS, 50 % des antibiotiques dans le monde sont utilisés pour les animaux d'élevage (76). Comme nous l'avons dit dans le chapitre précédent, en 2010, 63 151 tonnes

d'antibiotiques ont été utilisés pour les animaux d'élevage selon un récent rapport de la FAO (45) et l'usage d'antibiotiques chez les porcs et les volailles devrait doubler (46).

Les éleveurs utilisent les antibiotiques (77) :

- en prévention des maladies, souvent de manière systématique dans les élevages intensifs ;
- en métaphylaxie (usage intermédiaire entre le préventif et le curatif) ;
- en traitement curatif, individuel ou collectif ;
- en zootechnie comme facteur de croissance, à dose sous-thérapeutique dans la ration alimentaire. Cette pratique est interdite en Europe depuis 2006 mais autorisée et utilisée de façon systématique aux États-Unis ou dans d'autres pays.

Les antibiotiques utilisés chez les animaux sont généralement issus de la pharmacopée humaine. Ces utilisations chez les animaux d'élevage sont responsables d'antibiorésistances chez les animaux mais aussi chez les humain·e·s : en effet, les bactéries multi-résistantes peuvent se transmettre depuis les animaux vers les humain·e·s, directement ou via la chaîne alimentaire (77).

Par ailleurs, la consommation annuelle moyenne d'antibiotiques chez les humain·e·s, exprimée par kg de POA consommé, est estimée à 45 mg/kg, 148 mg/kg et 172 mg/kg respectivement pour les bovins, volailles et porcs (46).

En conclusion de cette première partie, sans changements radicaux dans nos habitudes alimentaires, les prospections réalisées vont dans le sens d'une augmentation de la production de POA, presque partout dans le monde. Pourtant, le 21<sup>ème</sup> siècle devra répondre à un défi environnemental crucial et les alimentations végétariennes sont notamment un levier important d'atténuation des changements climatiques et possiblement, d'amélioration de la santé environnementale, par extension.

Ces changements radicaux dans les habitudes alimentaires ne seront possibles que par des positions gouvernementales fortes, pour contrer la résistance de l'industrie alimentaire (78). À ce propos, le FCRN a récemment rédigé, conjointement avec la FAO, un rapport évaluant les directives diététiques émises par les gouvernements du monde entier (en regardant

notamment si elles prennent en compte la durabilité environnementale des régimes alimentaires). En s'appuyant sur les directives les plus avant-gardistes, le FCRN propose différentes approches (en fonction du niveau de revenu du pays) pour améliorer les directives nationales par un encouragement à la diminution de la consommation de viande, et il propose également des moyens de rendre ces directives plus efficaces (79).

Par ailleurs, la viande hors volaille (transformée ou non) est fortement liée à une augmentation du surpoids/obésité et « maladies civilisationnelles », qui sont devenues un problème de santé aussi bien individuel que publique, au niveau mondial. Au vu de ces relations, il se pourrait que l'exclusion de viande dans les régimes alimentaires soit un outil important d'amélioration de la santé individuelle et publique.

Néanmoins, la viande a aussi des avantages nutritionnels : ses protéines sont riches en acides aminés essentiels et facilement digestibles, et elle est riche en micronutriments précieux comme la vitamine B12, vitamine A, le fer, le zinc ou le sélénium. En outre, la viande est un aliment à densité énergétique élevée. Exclure la viande de son alimentation revient à diminuer probablement le risque de surpoids/obésité et des principales maladies chroniques, mais également à se priver de ses avantages nutritionnels.

Nous allons voir dans le chapitre suivant si les alimentations qui excluent la chair animale (végétarisme), ou tout POA (végétalisme), sont possibles sans engendrer de carences et sans engendrer d'effets délétères pour l'organisme humain. Si tel est le cas, nous verrons si elles peuvent être envisagées comme une réponse possible au défi nutritionnel de notre siècle.



# DEUXIÈME PARTIE : LES ALIMENTATIONS VÉGÉTARIENNES COMME UNE RÉPONSE POSSIBLE AU DÉFI ALIMENTAIRE ET DE SANTÉ PUBLIQUE DU 21<sup>ème</sup> SIÈCLE ?

## Chapitre 1 : Le développement croissant des régimes végétariens et du véganisme

A) Définitions : végétarisme, végétalisme, ovo-, lacto-, ovo-lacto-végétarisme, flexitarisme, véganisme

### *I/ Végétarisme*

Le végétarisme est un régime alimentaire excluant toute chair animale (viandes, poissons), mais qui admet en général la consommation de POA comme les œufs, le lait et les produits laitiers (fromage, yaourts). Autrefois désignées sous les termes pythagoriciens ou encore légumistes, les personnes suivant ce régime alimentaire sont *végétariennes*.

### *II/ Végétalisme*

Le végétalisme est un régime alimentaire excluant toute chair animale (viandes, poissons), ainsi que tout produit issu des animaux (produits laitiers, œufs, etc.). Les personnes suivant ce régime alimentaire sont *végétaliennes*.

Le terme *végétalien-ne* se réfère uniquement à une pratique alimentaire et non à des considérations éthiques. Ainsi, une personne végétalienne pourra porter des vêtements issus des animaux (laine, cuir, fourrure, soie, etc.), aller voir des spectacles mettant en scène des animaux sauvages, ou encore porter du maquillage ayant été testé sur les animaux.

Dans la littérature scientifique, le végétalisme est souvent désigné par le terme « *veganism* ». Aussi, dans les articles scientifiques anglophones, par commodité (et abus de langage), le végétalisme (*veganism*) est souvent inclus dans le végétarisme (*vegetarism*), qui prend alors

un sens plus large. Le terme « plant-based diet » est également souvent utilisé dans la littérature scientifique anglophone et désigne les régimes végétariens et végétaliens.

### *III/ Autres définitions : ovo-lacto-, ovo-, lacto-, pesco-végétarisme, flexitarisme*

Le terme *ovo-lacto-végétarisme* est parfois utilisé pour désigner le végétarisme, régime alimentaire excluant la consommation de chair animale mais autorisant la consommation d'œufs et de produits laitiers.

L'*ovo-végétarisme* est le régime alimentaire excluant la consommation de chair animale et de produits laitiers mais autorisant la consommation d'œufs.

Le *lacto-végétarisme* est le régime alimentaire excluant la consommation de chair animale et d'œufs mais autorisant la consommation de produits laitiers.

Le *pesco-végétarisme* est le régime alimentaire excluant la consommation de chair d'animaux terrestres mais autorisant la consommation de chair animale d'animaux marins, d'œufs et de produits laitiers.

Le *flexitarisme*, ou *semi-végétarisme*, vient de *flexitarian*, néologisme datant de 2003, qui désigne la pratique alimentaire des personnes qui mangent moins de viande, poissons, et/ou moins de POA, sans pour autant être végétariennes. Cependant, l'usage de ce terme est controversé : en particulier, pour les associations de défense animale, il est considéré comme hasardeux voire très inapproprié dans le cadre d'un végétarisme éthique.

### *IV/ Véganisme*

*Véganisme* vient de l'anglais *veganism*, terme créé en 1944 par Donald Watson, et dont la définition officielle date de 1951 : « Doctrine selon laquelle les humains doivent vivre sans exploiter les animaux » (80).

Le terme *véganisme* est apparu très récemment dans les dictionnaires de langue française. Hachette, en 2013, est le premier dictionnaire français à en donner une définition :

**VÉGANISME** *nm* Mode de vie qui exclut toute utilisation de produits animaux (laitages, viande, cuir, etc.). DER **végan, ane** *a, n.* (Dictionnaire Hachette, 2013)

En 2015, les termes *végane* et *véganisme* entrent dans les dictionnaires Petit Robert et Larousse, mais avec pour la première fois la notion d'éthique et de respect des animaux :

**VÉGANE** : [vegan] **n. et adj.** — végan 1959 ◊ anglais *vegan* (1944), contraction de *vegetarian* « végétarien » ■ Personne qui exclut de son alimentation tout produit d'origine animale (> **végétalien**) et adopte un mode de vie respectueux des animaux (habillement, transports, loisirs...). — **adj.** *Le mouvement végane.* > **véganisme.** (Le Petit Robert de la langue française, 2015)

**VÉGANISME** **n.m.** (angl. *veganism*). Mode de vie alliant une alimentation exclusive par les végétaux (végétalisme) et le refus de consommer tout produit (vêtements, chaussures, cosmétiques, etc.) issu des animaux ou de leur exploitation. (Le Petit Larousse illustré, 2015)

Le véganisme est considéré à la fois comme (81) (82):

- un mode de vie politisé, qui consiste à boycotter autant que possible les produits issus de l'exploitation animale et par extension promouvoir des alternatives non issues de l'exploitation animale. Les véganes ont ainsi un régime alimentaire végétalien, ne portent pas de cuir, laine ou fourrure, boycottent les cirques avec animaux, etc. ;
- un engagement éthique, qui vise à mettre fin à l'exploitation animale ;
- un mouvement social, et même un mouvement de justice sociale, parce qu'animé par un idéal de justice et s'opposant à des situations d'inégalités ou d'oppression. En suivant cette définition, les véganes ne le sont pas par choix personnel, mais pour une question de justice. En effet, comme le rappelle Ophélie Véron, chercheuse en science sociale, « la justice n'est pas un option mais une exigence » (81).

Le véganisme est ainsi un engagement quotidien pour servir l'intérêt général et rendre le monde plus égalitariste.

Le véganisme est souvent lié à la notion d'antispécisme, qui refuse la discrimination entre les individus sur la seule base de leur espèce, car jugée arbitraire. Pour les antispécistes, le supposé suprématisme humain n'est qu'une illusion, lui servant à justifier l'exploitation des animaux. L'argument spéciste n'est pas fondé sur des arguments rationnels, mais est au contraire l'expression d'une préférence émotionnelle, une tendance naturelle qu'aurait toute espèce – en l'occurrence ici l'espèce humaine –, à favoriser ses intérêts propres. Les antispécistes réclament, non pas une égalité de traitement entre les espèces, comme on peut parfois pourtant l'entendre, mais une égalité de considération des intérêts propres à une espèce, qui dépendent des caractéristiques de chacune. Par exemple, dès lors que l'on sait que la douleur d'un cochon est la même que celle d'un·e humain·e, les deux ont un intérêt égal à ne pas souffrir : en conséquence, la douleur du cochon doit être prise en considération, autant que celle de l'humain·e (83).

Le véganisme est également lié à la notion d'éthique animale en tant que discipline philosophique autonome, apparue au début des années 1970. L'éthique animale s'appuie sur les données de l'éthologie et devient de plus en plus prégnante à mesure que les affinités physiques, intellectuelles et morales existant entre l'humain·e et les animaux sont mises à jour. L'idée soutenue par ce courant est que les animaux sont des êtres sensibles (ou sentients) capables de souffrir, ce qui suffit à les rendre dignes de considération morale de la part des humain·e·s. Une autre idée soutenue est que les animaux sont des sujets de droit : il en découle que les humain·e·s ont le devoir moral de respecter leurs droits fondamentaux, comme celui de ne pas les exploiter. L'éthique animale s'interroge alors sur nos devoirs envers les animaux, qui sont ici considérés en tant qu'individus et non en tant qu'espèce (par opposition à l'éthique environnementale).

Dans la langue française, la graphie anglophone *vegan* est parfois encore utilisée, à tort, pour désigner une personne *végane*, telle que l'on vient de la définir. L'utilisation de ce terme est incorrecte, car le terme anglophone *vegan* se traduit en français par végétalien·ne et se réfère donc uniquement à la diététique. *Vegan* et *végane* n'ont ainsi pas la même signification, *végane* étant d'abord un concept moral et non diététique.

## B) Motivations des personnes végétariennes, végétaliennes et véganes

Dans les pays occidentaux, la principale motivation des personnes végétariennes et végétaliennes est l'éthique animale, loin devant les intérêts pour la santé (84)(85)(86). Les personnes végétariennes et végétaliennes ont généralement plusieurs motivations à la fois (84)(86). Les motivations éthiques seraient plus efficaces que les motivations de santé, pour entamer un changement de régime alimentaire (84). Les personnes végétariennes motivées pour des raisons de santé seraient moins susceptibles d'évoluer vers le végétalisme que celles qui le sont pour des raisons d'éthique animale (85).

Dans les pays orientaux, les principales motivations des personnes végétariennes sont liées à la pratique d'une religion prônant le végétarisme.

### *1/ Éthique animale*

En France, un sondage d'OpinionWay (87) mené en janvier 2016 sur un échantillon représentatif de 1 052 personnes, montre que la première motivation des végétarien-ne-s est l'éthique animale (ANNEXE 8). Aux États-Unis, la première raison qui pousse les gens à adopter un régime végétarien, végétalien, ou à devenir végane, est aussi l'éthique animale (84). C'est de même la première raison qui pousse les personnes végétariennes, végétaliennes ou véganes, à le rester et des chercheur-se-s ont montré que lorsque la motivation principale est l'éthique animale, l'adhésion dans le temps à ces régimes alimentaires est plus longue (84). De plus, par souci de cohérence, les personnes végétariennes pour des raisons d'éthique animale seraient aussi plus susceptibles de poursuivre leur transition vers le végétalisme et le véganisme (85).

Ainsi, une personne peut choisir de devenir végétarienne, végétalienne, ou végane par :

- refus de participer à la souffrance animale ;
- refus de participer à l'exploitation des animaux ;
- refus de tuer les animaux (directement ou indirectement).

L'adoption d'un tel régime alimentaire peut aussi venir d'une volonté de vivre *en prenant le moins de vies possibles*. En effet, en choisissant ce type de régime alimentaire, on épargne des vies animales, mais aussi un grand nombre de végétaux : comme nous l'avons vu, une récente étude de la FAO montre que dans les pays occidentaux, il faut en moyenne 7 kg de végétaux pour produire 1 kg de viande de bovin, 6 kg de végétaux pour produire 1 kg de viande de volaille et de porc et 3 kg de végétaux pour produire 1 kg d'œufs (14).

Comme nous l'avons vu plus haut, il y a une dimension politique dans le véganisme, ce qui n'est pas forcément le cas dans le végétarisme et le végétalisme.

## *II/ Éthique liée à la pratique d'une religion prônant le végétarisme*

Dans les sociétés orientales, certaines religions, telles que l'hindouisme, le jaïnisme, ou le bouddhisme, prônent le végétarisme. Dans ces trois religions, cette pratique alimentaire est liée à la pratique réelle de l'*Ahimsâ*, la non-violence universelle ou respect impérieux de tout ce qui vit (respect des humains, des animaux et des végétaux). L'*Ahimsâ* et son corollaire, le végétarisme, seraient apparus au VII-VI<sup>ème</sup> siècle avant J.-C (88), sous l'impulsion conjointe de l'hindouisme, du jaïnisme, et du bouddhisme. Il sert alors de remise en question de la notion de sacrifice animalier, jusqu'alors en vigueur (88).

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle en Inde, Mahatma Gandhi a donné une nouvelle impulsion au végétarisme, en insistant sur le lien entre la non-violence et celui-ci. C'est un ouvrage découvert lors de son voyage en Angleterre, intitulé « Plaidoyer pour le végétarisme » de Henry Stephens Salt, qui lui a fait comprendre le bien-fondé du végétarisme. Dès lors, Mahatma Gandhi s'est donné comme mission de propager le végétarisme. L'Inde est aujourd'hui le pays où le végétarisme est le plus observé : les végétariens en Inde représentent 35 % de la population, soit 450 millions de personnes (88).

Le végétarisme indien exclut la consommation de chair animale et d'œuf, mais admet la consommation de produits laitiers (88).

L'Inde est le pays qui connaît ainsi le plus faible taux de consommation de viande au monde, avec seulement 3,2 kg par an et par habitant (contre 125,4 kg aux États-Unis et 88,7 kg en France) (82).

#### a) Le jaïnisme

Le jaïnisme serait apparu aux alentours du IX<sup>ème</sup> ou X<sup>ème</sup> siècle avant notre ère. Les jaïns ont un grand respect pour toutes les formes de vie et chaque acte, intentionnel ou non, qui va à l'encontre d'une créature vivante (animale comme végétale), est considéré comme un acte de violence. Ils condamnent les sacrifices d'animaux (contrairement aux hindou·e·s).

Pour les jaïns, manger de la chair animale (viande ou poisson) est considéré comme une source infinie de violence. Les jaïns ne consomment pas non plus d'œufs ou de miel, considérant que ces produits appartiennent à celles qui les ont conçus, les poules et les abeilles. Les jaïns peuvent consommer du lait, mais veillent à laisser à la vache un tiers de celui-ci afin qu'elle puisse nourrir son veau. Certain·e·s jaïns prônent le véganisme, parce que la production de lait et de produits laitiers implique de la violence à l'égard des vaches (82).

#### b) L'hindouisme

L'hindouisme a hérité du jaïnisme le principe de non-violence, et représente la troisième religion au monde après le christianisme et l'islam. Elle rassemble près d'un milliard de fidèles. Certains textes hindous prônent le végétarisme, mais dans l'ensemble, l'hindouisme n'interdit pas la consommation de viande et de poisson. Contrairement aux jaïns, les personnes hindoues ne sont ainsi pas toutes végétariennes. Malgré tout, un grand nombre d'hindou·e·s pratiquent le lacto-végétarisme au nom de la non-violence et du respect de la vie animale. Hormis ces considérations d'ordre éthiques, la nourriture non-végétarienne est perçue comme mauvaise pour la santé et pour le développement spirituel. Elle est ainsi considérée comme étant « impure » (82).

Parmi les hindouistes, la communauté des Bishnoïs, qui vit dans les régions désertiques du Rajasthan, et celle qui va la plus loin dans le respect des animaux et des végétaux. Par exemple,

les Bishnoïs ne déracinent ni ne coupent les jeunes arbres, fournissent un abri aux animaux abandonnés et ont pour habitude de réserver un dixième de leurs récoltes céréalières pour nourrir la faune locale. Les Bishnoïs pratiquent le végétarisme et les animaux ne sont exploités en aucune façon (82).

### c) Le bouddhisme

Le premier précepte du bouddhisme, commun aux laïcs comme aux moines, est celui de la non-violence. Pour autant, la consommation de chair animale n'est pas interdite et la viande n'est pas considérée comme « impure ». Certaines écoles bouddhiques prônent le végétarisme, mais ce n'est pas le cas de toutes. Malgré tout, pour le bouddhisme en général, s'abstenir de viande reste un moyen de manifester sa compassion à l'égard des animaux.

Les bouddhistes chinois et vietnamiens pratiquent le végétarisme strict. Ce n'est pas le cas des bouddhistes nomades tibétains, puisqu'en raison de l'altitude et du climat, les fruits et les légumes sont peu abondants au Tibet. Ces derniers considèrent cependant que tuer des animaux est immoral et ne tuent que le nombre d'animaux strictement nécessaire à leur survie. Aujourd'hui, de plus en plus de bouddhistes au Tibet pratiqueraient le végétarisme, en particulier depuis l'ouverture de voies ferroviaires permettant l'acheminement de denrées de consommation dans le pays (82).

Pour le moine bouddhiste tibétain et proche du Dalaï-Lama Matthieu Ricard, cesser de manger les animaux est au cœur même du bouddhisme.

### *III/ Considérations environnementales*

En France, le sondage OpinionWay réalisé en janvier 2016 montre que pour 22 % des végétariens, les considérations environnementales sont la motivation principale (ANNEXE 8) (87).

Comme nous l'avons vu dans la première partie, l'élevage est en partie responsable de problématiques actuelles comme l'augmentation des émissions de GES, la déforestation, la perte de la biodiversité, la pollution de l'eau et l'épuisement des ressources en eau. La surpêche est quant à elle responsable d'une perte de la biodiversité marine.

#### *IV/ Intérêts pour la santé*

Les intérêts pour la santé du végétarisme et du végétalisme ainsi que les possibles mécanismes connus associés sont développés dans le chapitre 3 de cette deuxième partie (« Les bénéfices d'une alimentation végétarienne ou végétalienne bien menée sur la santé humaine »).

Il existe des preuves épidémiologiques de plus en plus probantes (89) selon lesquelles les régimes végétariens et végétaliens, lorsqu'ils sont bien menés, pourraient avoir un effet protecteur sur la santé humaine en diminuant l'incidence de certaines maladies chroniques telles que :

- le surpoids et l'obésité ;
- les MCV (hypertension artérielle, maladies ischémiques, etc.) ;
- le DT2 ;
- les dyslipidémies ;
- certains types de cancer : en particulier le cancer colorectal et le cancer de la prostate.

Ils pourraient aussi diminuer le risque d'autres maladies, comme les calculs rénaux, les maladies diverticulaires, ou la cataracte (89).

#### *V/ Crises sanitaires récurrentes et risque animal*

Parmi les plus importants scandales sanitaires de ces dernières années, on peut citer :

- la crise de la « vache folle » ou de l'encéphalite Spongiforme Bovine dès 1996 ;
- la fièvre aphteuse en 2001 ;
- les gripes aviaires dues aux virus H1N1, H5N1, H7N9, et tout récemment, H5N8 : en avril et mai 2017, le ministère de l'agriculture a ainsi ordonné l'abattage de 4,5 millions de palmipèdes (canards et oies) sur 1 134 communes dans le but d'établir un « vide sanitaire » servant à

stopper l'épizootie de grippe aviaire H5N8 qui était apparue fin novembre 2016 dans le Sud-Ouest de la France.

Les scandales sanitaires autour des POA sont récurrents et ont généralement pour effet de bousculer la confiance accordée dans ces produits. Par exemple, lors de la première crise de la vache folle en 1996 apparue en Angleterre, la consommation de viande a diminué de 25 % au Royaume-Uni et de 30 à 40 % en France, dans les deux semaines après l'annonce du risque. En 2000, lors de la deuxième crise de la vache folle, le phénomène a été largement amplifié, avec une baisse de 50 % dans les 30 jours après l'annonce du risque, et encore 30 % de réduction un an après la crise. De manière générale, les recherches confirment que la seconde occurrence d'une même crise alimentaire pourrait avoir un impact plus important sur le consommateur (90). Cependant, les conséquences au long terme des scandales sanitaires seraient plus limitées (91).

En outre, si ces scandales ont pour conséquences de faire baisser la consommation de POA sur une période plus ou moins longue, ils ne sont pas au vu des études disponibles, de réels facteurs de motivation poussant les personnes à adopter un régime végétarien.

#### *VI/ Autres motivations*

D'autres considérations peuvent amener à diminuer ou supprimer sa consommation de viande et de POA comme la solidarité avec les pays du Tiers-Monde, les croyances familiales, les influences parentales, ou encore le coût élevé de la viande. Certaines personnes déclarent aussi ne pas manger de viande par inappétence pour la chair animale (85). Toutefois, cette aversion s'opère généralement après que la personne s'y soit opposée idéologiquement et elle augmente au fil du temps (85). Elle n'est donc à proprement parler un critère motivationnel.

#### *C) Percée du végétarisme, du végétalisme et du véganisme dans les sociétés*

*I/ Prévalence des végétarien-ne-s, végétalien-ne-s et personnes ayant diminué ou souhaitant diminuer leur consommation de POA, en France et dans le monde*

## a) En France

En France, les estimations récentes proviennent notamment des quatre sondages et études suivantes :

- Étude INCA3

Cette étude fournit les seules estimations en France provenant d'une enquête nationale et officielle. La dernière étude individuelle nationale de consommation alimentaire (INCA3) (92), dont les données ont été collectées sur une période allant de 2014 à 2015, a été publiée en juin 2016. Dans l'étude, est défini comme végétarienne toute personne se déclarant comme telle dans le questionnaire et indiquant au minimum ne pas consommer de viande, donc étant pesco-végétarienne au minimum. Les participant-e-s à l'étude ont été tiré-e-s au sort. Sur un échantillon 2 288 adultes tirés au sort en France, 3 sont végétaliennes, ce qui représente par extrapolation 87 838 personnes végétaliennes en France, soit 0,13 % de la population en 2017 (92). Les personnes ayant diminué leur consommation de POA (personnes pesco-végétariennes, végétariennes, végétaliennes incluses), sont 13 fois plus nombreuses, représentant 1 171 168 personnes, soit 1,8 % de la population. Chez les enfants de 0 à 17 ans, il y a 0,4 % de végétarien-ne-s (n=11), et aucun végétalien-ne (contre 0,2 % [0,1 % - 0,5 %] dans l'étude INCA2 de 2006-2007). Chez les adultes de 18 à 79 ans, 1,8 % [1,1 % - 2,9 %] (n=40) de la population suit un régime excluant au minimum la viande (contre 0,5 % dans l'étude INCA2) et parmi cette sous-population, seulement 4,9 % des personnes [1,4 % - 15,4 %] sont végétaliennes, ce qui représente seulement 0,013 % de la population totale. Dans l'étude INCA2, aucune personne ne déclarait être végétalienne. L'ANSES précise que des précautions sont à prendre car la taille de l'échantillon ne permet pas de garantir un effectif suffisant pour les sous-populations végétariennes et végétaliennes, qui restent faibles au sein de la population générale. La marge d'erreur est supérieure au faible pourcentage de ces sous-populations. Malgré tout, ces résultats sont en accord avec ceux de la dernière enquête nationale de consommation alimentaire belge (93) qui indique que 1,7 % de la population des 3 à 64 ans suit un régime caractérisé par une part limitée de POA.

- Sondage Opinionway de TerraEco

Ce sondage a été réalisé les 26 et 27 janvier 2016 sur un panel représentatif de 1052 personnes âgées de 18 ans et plus. L'échantillon a été constitué selon la méthode des quotas et a été interrogé par un questionnaire auto-administré en ligne. L'enquête s'est effectuée selon la procédure ISO 20252. Les résultats montrent que 3 % des personnes se déclarent végétariennes, et que 10 % de la population qui ne l'est pas envisage de l'être, dont 12 % des jeunes entre 18 et 24 ans et 15 % des 35-49 ans (ANNEXE 8) (87).

- Sondage Harris Interactive

Une enquête de Harris Interactive, intitulée « Les pratiques alimentaires d'aujourd'hui et de demain » a été réalisée selon la méthode des quotas du 12 au 21 octobre 2016 sur un panel de 1 000 personnes représentatives de la population française âgée de 15 ans et plus. L'étude s'est faite en ligne et les participants ont répondu à un questionnaire. Les termes « végétarien », « végétalien », « flexitarien » n'ont pas été définis dans ce questionnaire. Elle estime qu'il y a parmi la population française 5 % de personnes végétariennes (dont 32 % le sont depuis plus de 5 ans) et identifie ce qu'elle nomme « nouvelles tendances » : le flexitarisme, pratiqué par 6 % de la population adulte (37 % depuis moins de 6 mois), et le végétalisme, pratiqué par 4 % de la population adulte (47 % depuis moins de 6 mois) (94).

- Sondage Diplomeo

Un sondage intitulé « Les jeunes, tous futurs veggie ? » a été réalisé en novembre 2017 sur 3 435 jeunes de 16 à 25 ans : 11 % des sondés se déclarent pesco-végétarien-ne-s, végétarien-ne-s, végétalien-ne-s, ou encore véganes. Par ailleurs, 47 % des sondé-e-s n'ayant pas fait le choix d'une alimentation végétarienne ont envisagé de réduire leur consommation de viande et les raisons sont, par ordre d'importance : la protection des animaux (pour 54 %), la préservation de l'environnement (pour 49 %), les raisons de santé (pour 43%) et les récents scandales sanitaires (pour 21 %). Enfin, parmi les personnes n'ayant pas décidé d'adopter un régime végétarien, 28 % se déclarent potentiellement prêtes à devenir au moins végétariennes dont 10 % qui pensent devenir un jour végétariennes ou véganes (95).

Ainsi, si la population végétarienne a longtemps été estimée à 2 à 3 % de la population en France, ces trois enquêtes, plus récentes que l'étude INCA3, montrent que la population végétarienne et végétalienne française pourrait être en augmentation, en particulier chez les jeunes. Ces estimations n'ont cependant pas été conduites par des études observationnelles nationales ou officielles.

#### b) Dans le monde

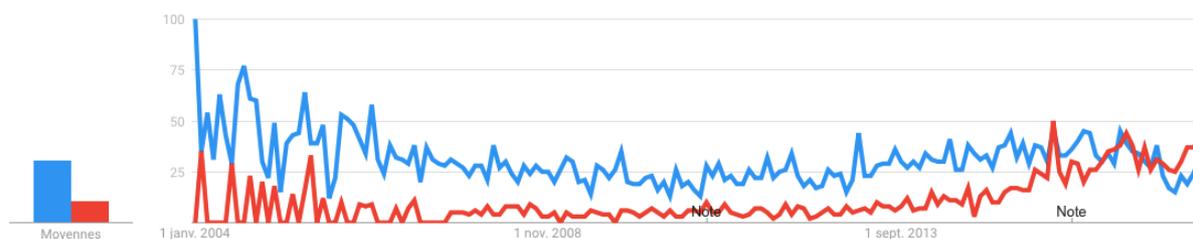
Dans les pays occidentaux, entre 1 et 10 % de la population, selon le pays, suit un régime alimentaire végétarien (89). Les récentes enquêtes montrent que la population végétarienne représente 8 % de la population au Canada, 3 % aux États-Unis, 1 à 2 % en Nouvelle-Zélande, 3 % en Australie, 6 % en Irlande, 9 % en Allemagne, 8,5 % en Israël, et 40 % en Inde. La population végétalienne représente 5 % de la population en Israël, 2 % en Angleterre, 1 à 2 % aux États-Unis, 1 % en Allemagne et en Australie (85).

### *II/ Intérêt de la population pour le végétarisme, végétalisme et véganisme en France et dans le monde : données de Google Trends*

#### a) En France

Google Trends est un bon indicateur de l'intérêt d'une population pour un sujet donné. C'est l'outil de suivi et d'analyse des tendances de mots-clés saisis sur les moteurs de recherche de Google. Le logiciel calcule le nombre de recherches sur les mots clés tapés par les internautes par rapport au nombre total de recherches effectuées sur Google sur une période donnée. Au niveau de l'affichage, Google Trends réalise une mise à l'échelle pour faciliter l'interprétation des résultats avec des valeurs calibrées entre 0 et 100. La valeur 100 correspondant au record de trafic journalier pour une requête.

Si l'on compare le nombre de recherches effectuées sur le web pour le mot « végétarisme » et « véganisme » en France (Figure 17), il est intéressant de constater qu'à partir de l'année 2015, le véganisme suscite autant voire plus d'intérêt que le végétarisme.



**Figure 17** : Comparaison entre le nombre de recherches effectuées sur le web pour le mot « végétarisme » (en bleu) et « véganisme » (en rouge) en France.

Source : Google Trends, 2004 à octobre 2017

L'analyse du mot clé « vegan » sur Google Trends <sup>2</sup> (Figure 18) de 2004 à aujourd'hui, montre que la recherche du mot clé sur internet a été multiplié par 20 entre 2012 et 2017 et a doublé entre janvier 2016 et octobre 2017 en France. Cette analyse montre un intérêt croissant pour ce mouvement au sein de la population française.



**Figure 18** : Nombres de recherches effectuées sur le web pour le mot « vegan » en France.

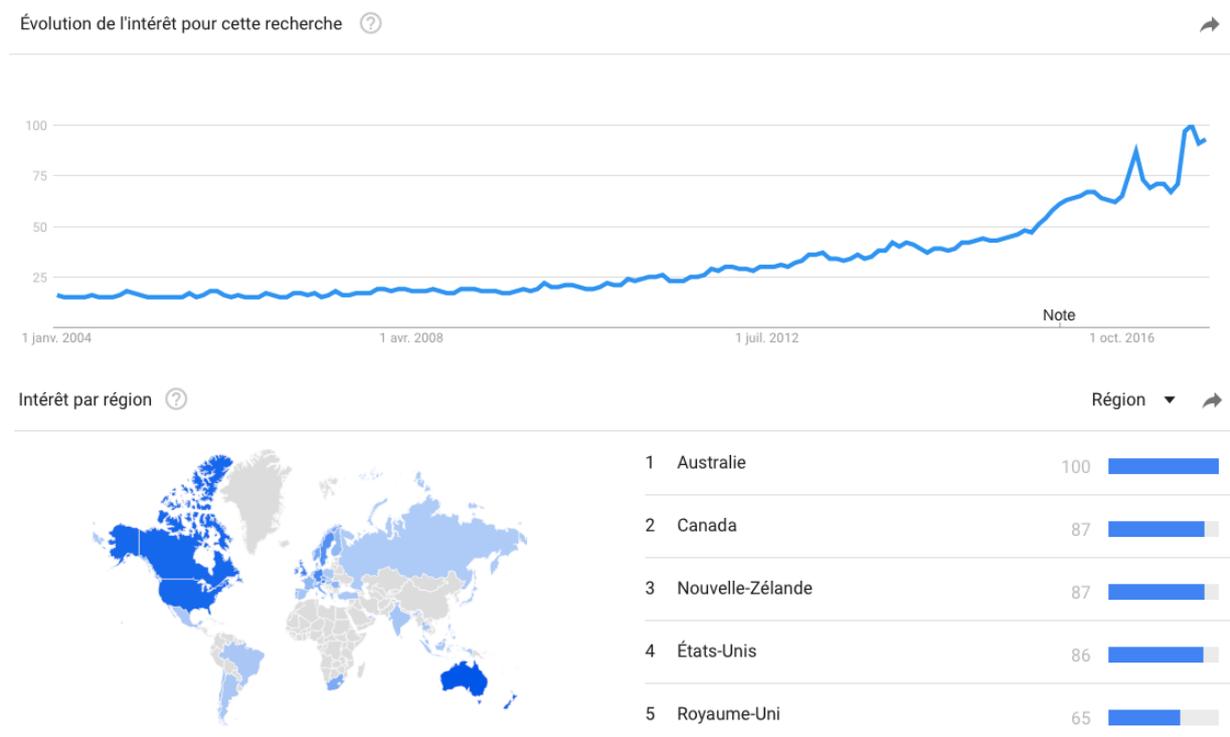
Source : Google Trends, 2004 à octobre 2017

Le mouvement végétarien et végane est aussi très présent dans les médias français, depuis 2016 (ANNEXE 9).

<sup>2</sup> Nous analysons le mot « vegan » et non le mot « végane », car d'une part, comme le montre les tendances de Google Trends (non présentées ici), l'utilisation du mot « végane » est encore peu courante en France et négligeable par rapport à l'utilisation du mot « vegan ». D'autre part, le terme anglophone « vegan » peut être utilisé dans toutes les pays, ce qui permet de faire des comparaisons entre les différents pays.

## b) Dans le monde

L'analyse du nombre de recherche sur le mot « vegan » sur Google Trends (Figure 19) dans le monde, de 2004 à aujourd'hui, montre que la recherche du mot clé sur internet a été multiplié par plus de trois entre 2012 et 2017 et a doublé entre octobre 2015 et août 2017. L'Australie et Nouvelle-Zélande sont les pays où le véganisme suscite le plus fort intérêt, suivis de près par les États-Unis et le Canada, puis le Royaume-Uni, l'Allemagne et la Suède (Figure 19).



**Figure 19** : Nombre de recherches effectuées sur le web pour le mot « vegan » dans le monde.

Source : Google Trends, 2004 à octobre 2017

### *III/ Manifestation de cet intérêt dans la société en France*

En France, comme dans les autres pays occidentaux, l'intérêt pour le végétarisme ou véganisme est d'abord lié à un intérêt pour l'éthique animale (86) (87) (84) (95), même si les motivations sont très souvent plurielles (86) (87). Cet intérêt s'est récemment manifesté en France par des évolutions autour de l'éthique animale et/ou du végétarisme, dans les

domaines juridique – par exemple, reconnaissance en 2015 des animaux comme des « êtres doués de sensibilité » selon l’article 515-14 du Code civil – et politique.

Par exemple, pour la première fois dans l’histoire des élections présidentielles, la condition animale s’est imposée en 2017 comme un sujet légitime : une enquête de l’IFOP réalisée pour le collectif Animal Politique du 10 au 13 mars 2017 à quelques semaines du premier tour des élections présidentielles de 2017 et portant sur un panel de 949 personnes, a montré que pour 80 % des Français·e·s inscrit·e·s sur les listes électorales, la cause animale était un enjeu très important ou important ; que seuls 14 % des Français·e·s estimaient que les candidat·e·s en quête de l’accession de la Présidence du pays accordaient de l’importance à la cause animale dans leurs programmes ; que 72 % des électeurs·rices déclaraient souhaiter un engagement des candidat·e·s sur des mesures concrètes en matière de protection animale ; et enfin, que 39 % des personnes interrogées déclaraient que les propositions des candidat·e·s en matière de protection des animaux pourraient les influencer au moment de voter en avril 2017 (ANNEXE 10) (96).

Par ailleurs, la transition alimentaire vers un modèle plus végétal a été pour la première fois au cœur du programme de l’un des principaux partis à l’élection présidentielle de 2017. Ce parti a institué la réduction significative de la production et de la consommation des protéines carnées comme une de ses mesures phares et développé une série de mesures telles que la dotation à la restauration collective permettant une évolution des menus vers le végétal, le développement de l’algoculture, l’éducation au goût des enfants pour diminuer l’habitude aux protéines carnées, etc.

Le Parti Animaliste, lancé officiellement le 14 novembre 2016, a présenté 147 candidats aux élections législatives de 2017 et obtenu 7 mois après sa création 1,12 % des voix exprimées, dont 1,86 % en Île-de-France et jusqu’à 2,87 % en Haute-Corse. Il est donc désormais subventionné par l’État (ayant obtenu plus de 1 % des voix dans 86 circonscriptions). Son programme a promu l’évolution des pratiques alimentaires par une série de mesures telles que l’accompagnement et l’aide à la reconversion d’éleveurs vers l’agriculture végétale ; l’abrogation de décret « restauration collective » et l’arrêté du 29 septembre 2011 qui impose des POA à chaque repas ; la formation des professionnel·le·s de la santé sur l’équilibre

nutritionnel d'une alimentation végétale adaptée aux différents âges et activités de la vie (grossesse, croissance, seniors, sportifs, etc.) ; la mise en place d'un menu végétal alternatif dans la restauration collective publique et privée et d'un repas végétarien hebdomadaire pour tous·tes dans la restauration scolaire ; ou encore, la fixation d'un objectif national de réduction de la consommation de POA de 25 % en 2025 par rapport à 2015 par des politiques publiques de santé incitant à modérer la consommation de POA.



## Chapitre 2 : Les recommandations officielles des organismes de santé concernant le végétarisme et le végétalisme, en France, aux États-Unis et au Royaume-Uni

La FAO met à jour et rend accessible sur son site les recommandations officielles des organismes de santé de plus de cent pays dans le monde (97). Nous allons nous intéresser dans cette thèse aux recommandations officielles concernant les régimes alimentaires végétariens, en France, aux États-Unis et au Royaume-Uni.

### A) Recommandations officielles en France concernant le végétarisme et le végétalisme

#### *I/ Dans les guides de l'ANSES*

##### a) Brochures à destination de tous·tes

Dans son *Guide Alimentaire pour tous* (98), l'ANSES juge que « alimentation végétarienne et équilibre nutritionnel peuvent aller de pair à condition de connaître certaines règles et de les appliquer » : il est recommandé d'associer à chaque repas un POA avec un produit d'origine végétale, ou bien un produit céréalier (blé, quinoa, millet, etc.) avec un légume sec (haricots blancs ou rouge, pois-chiches, pois cassée, lentilles, flageolets, soja, tofu, etc.). Il est recommandé aux personnes végétariennes de consommer trois produits laitiers par jour, et d'être attentives à une carence en fer.

En revanche, l'ANSES, dans son *Guide Alimentaire pour tous*, déconseille fortement le végétalisme : « Sachez que ce type d'aliments rend très difficile la satisfaction des besoins en acides aminés essentiels, en calcium et en certaines vitamines. Le suivi d'un régime végétalien à long terme fait courir des risques pour la santé, notamment chez les enfants. »

Le végétarisme et le végétalisme sont aussi abordés dans la brochure *Dénutrition* du Ministère de la santé et des sports et de l'ANSES :

« Le végétalisme est un mode alimentaire où tout aliment de source animale est proscrit : il n'autorise ni viande, ni poisson, mais aussi aucun laitage, ni fromage, ni œufs, ni fruits de mer. Il y a donc une

carence en acides aminés essentiels, en fer, vitamines B12, vitamine A et en zinc. Bien mené, avec une association au sein du même repas de légumes secs ou de légumineuses couplés aux céréales (pois et blé ; graine de soja et riz ; lentilles et pâtes), le régime végétalien, même strict, ne semble pas être néfaste pour la santé de la plupart des gens. » (99)

« Le végétarisme est moins restrictif que le végétalisme : il n'interdit que la viande et le poisson, mais autorise laitages, fromages et œufs. [...] Le risque [du végétarisme] est d'appauvrir sa ration en protéines, car viandes et poissons en contiennent 22 à 28 g pour 100 g, ce qui est beaucoup plus que les œufs (12,5 g/100 g), le lait (3,2 g/100 ml), les yaourts (4 g pour 100g). Les fromages en contiennent autant (20-22 g/100 g), mais on en consomme une moins grande quantité. » (99)

#### b) Brochures à destination des enfants, pré-adolescent·e·s et adolescent·e·s

L'agence ne fait pas mention du végétarisme sur les deux brochures à destination des enfants et pré-adolescent·e·s.

Les recommandations concernant la consommation de POA chez les nourrissons, enfants, pré-adolescent·e·s, sont les suivantes :

- l'introduction de viande doit se faire lors de la diversification, idéalement dès l'âge de 6 mois, jamais avant 4 mois ;
- de 6 à 8 mois, un apport 10 g de viande ou poisson par jour est recommandé, puis de 20 g par jour de 8 à 12 mois, ou bien ½ œuf : « La viande et le poisson sont une source de fer privilégié pour l'enfant, dont les besoins sont importants à cet âge » (100) ;
- pour les enfants de 3 à 11 ans (101), l'ANSES recommande un apport de viande, poisson ou œuf, 1 ou 2 fois par jour, et la consommation de poisson 2 fois par semaine. A titre d'exemple, l'apport recommandé est de 50 g par jour de viande ou poisson (ou 1 œuf) chez les 4/5 ans, et de 100 g par jour pour un enfant de 11 ans. L'ANSES ajoute que « pour l'apport de protéines, la viande peut être remplacée par des œufs, du poisson, ou du jambon blanc ». L'agence encourage les parents à donner de la viande à leurs enfants : « A certains moments, un dégoût pour la viande (particulièrement pour la viande rouge) peut survenir. Continuez à lui en proposer les jours suivants, sous d'autres formes [...] ». L'ANSES recommande également 3 à 4 produits laitiers par jour chez les enfants de 3 à 11 ans, en raison de l'apport élevé en

protéines et en calcium. Elle met aussi en garde les parents contre l'utilisation de préparations au soja pour les remplacer : « Les préparations à base de soja et ses dérivés apportent beaucoup moins de calcium que les produits à base de lait de vache, à moins d'être enrichies. Elles ne peuvent en aucun cas se substituer au lait de vache sur le plan nutritionnel ».

Au vu de ces recommandations, chez les enfants et les pré-adolescent·e·s, l'agence apparaît défavorable au végétarisme (et à fortiori au végétalisme).

Chez les adolescent·e·s, l'agence admet que le végétarisme est possible, mais met en garde contre une carence possible en fer et encourage les adolescent·e·s à parler de leur régime alimentaire à un·e médecin pour évaluer si une supplémentation en fer est nécessaire (ANNEXE 11). L'agence est toutefois défavorable au végétarisme chez l'adolescent·e, et encore plus au végétalisme : « Si tu es végétarien, mange chaque jour des œufs ou du poisson, et des produits laitiers. Mais seul le poisson peut remplacer la viande en ce qui concerne le fer ». Par ailleurs, chez les adolescent·e·s végétarien·ne·s ou non, l'apport recommandé est de 3 à 4 produits laitiers par jour et l'agence incite les parents à encourager la consommation de produits laitiers chez l'adolescent·e : « Incitez votre enfant à boire plus de lait au petit-déjeuner ». Les seules recommandations faites pour l'adolescent·e végétarien·ne sont les suivantes : consommer chaque jour, des légumes secs et céréales, des œufs, et si possible du poisson, 3 à 4 produits laitiers par jour, au moins 5 fruits et légumes crus ou cuits, un peu de matière grasse. Il est aussi recommandé d'associer les produits céréaliers avec un type de légumineuse.

Enfin, il n'existe aucune recommandation concernant le végétarisme à destination des professionnel·le·s de la santé, que ce soit pour les enfants ou pour les adultes. Le végétarisme n'est pas même mentionné dans le *Guide Alimentaire pour tous destiné aux professionnels de santé* (102).

Également, sur le site [jeune.gouv.fr](http://jeune.gouv.fr) du Ministère de l'Éducation Nationale, nous pouvons lire que le végétarisme serait un trouble alimentaire, au même titre que l'anorexie ou la boulimie : « Il existe différents types de troubles alimentaires : des phobies alimentaires aux régimes, en passant par le végétarisme, les uns ne doivent pas être confondus avec les autres » (103).

## *II/ Révision récente du PNNS : révision des repères de consommation alimentaire*

### a) Contexte

La Direction Générale de Santé (DGS) a saisi l'ANSES le 3 avril 2012 d'une demande d'actualisation des repères nutritionnels du PNNS. La demande de la DGS a concerné en particulier les trois points suivants :

- ° Proposer une actualisation des repères du PNNS, sur la base des nouveaux Apports Nutritionnels Conseillés (ANC), des résultats des études INCA, de la composition des aliments (à l'aide de la table Ciqual) et des références internationales disponibles ;
- ° Clarifier la position de certains aliments (comme les fruits secs ou les oléagineux) au sein des catégories actuellement disponibles ;
- ° Quantifier les portions.

### b) Résultats du travail d'expertise

Le rapport d'expertise a été rendu public sur le site de l'ANSES en janvier 2017 (49).

L'ANSES a estimé que :

« L'évolution des données scientifiques en matière de santé et d'alimentation a rendu nécessaire une mise à jour des recommandations alimentaires officielles pour la population française et plus généralement du socle scientifique permettant d'asseoir les objectifs de santé publique en matière de nutrition. »

De ce fait, ce nouvel avis « conduit à des évolutions fortes au regard des recommandations antérieures », d'après l'ANSES.

Le groupe de travail s'est focalisé sur la population adulte, à partir de 18 ans, et non sur des populations spécifiques. Toutefois, l'ANSES précise que les populations spécifiques, parmi lesquelles les personnes dont les apports en POA sont faibles et les personnes végétariennes, seront considérées dans un second temps et feront l'objet d'un prochain rapport d'expertise.

Aucune recommandation ne s'adresse donc aux personnes végétariennes dans ce rapport. En revanche, celui-ci fait l'objet de nouvelles recommandations notables, en particulier concernant la consommation de POA.

### c) Nouvelles recommandations concernant la viande

L'agence insiste sur la nécessité de réduire la consommation de viandes (hors volaille), et plus encore des charcuteries.

Dans le rapport, les viandes hors volaille (bœuf, porc, veau, mouton, agneau, cheval) sont classées parmi les « groupes d'aliments dont la consommation augmente le risque de maladies chroniques » (49). Plus précisément :

« Les consommations de viande hors volaille et de viandes transformées (incluant la charcuterie) augmentent le risque de cancer colorectal avec un niveau de preuve convaincant et le risque de MCV et de diabète type 2 avec un niveau de preuve probable. En outre la consommation de viande en général pourrait augmenter le risque de cancer du sein (...) et de cancer de la prostate, ainsi que le risque de prise de poids, avec un niveau de preuve limité mais suggestif. Pour les maladies pour lesquelles les niveaux de preuve sont jugés convaincants ou probable, les méta-analyses indiquent que pour chaque augmentation d'apport quotidien de viande hors volaille de 100g, le risque de ces maladies augmente de 10 à 20%. Pour les viandes transformées incluant la charcuterie, chaque augmentation de 50g/j induit des augmentations du risque allant jusqu'à 50%. Ces données indiquent qu'il est nécessaire de limiter la consommation de viande hors volaille et de charcuterie, sans pouvoir précisément proposer de quantité maximale d'apport. Néanmoins, au regard de l'augmentation du risque engendré par la consommation de viande hors volaille, il a été jugé nécessaire d'établir une limite maximale d'apport. » (49)

La limite maximale d'apport a été fixée à 500 g/semaine de viande hors volaille et à 25 g/jour de viande transformée (49).

Les recommandations de l'ANSES sont en accord avec les résultats et recommandations de l'INCa qui conclut à une association positive avec un niveau de preuve convaincant entre la

consommation de viande hors volaille et de viande transformée et le risque de cancer colorectal (71). Ces recommandations sont également en accord avec le communiqué de presse du 26 octobre 2015 de l'OMS qui classe la viande hors volaille comme probablement cancérigène (groupe 2A) et la viande transformée comme cancérigène (groupe 1). L'OMS s'était appuyée sur les monographies du CIRC pour fournir ce résultat (104).

L'ANSES affirme cependant que la « consommation de viande hors volaille est difficile à réduire, en raison des contraintes nutritionnelles à satisfaire chez les hommes et chez les femmes dont le besoin en fer est élevé, malgré l'objectif épidémiologique de minimisation » (49).

#### d) Nouvelles recommandations concernant les légumineuses

Pour la première fois, l'ANSES préconise qu'un intérêt particulier doit être accordé aux légumineuses : intégrées jusqu'alors à la catégorie des féculents, elles sont l'objet d'un nouveau groupe à part entière, du fait de leur richesse en protéines et en fibres (49). Le but de cette nouvelle classification est également d'encourager la consommation de légumineuses (lentilles, fèves, pois-chiches, etc.), qui doit être selon l'agence « renforcée et régulière » : « La consommation moyenne actuelle des légumineuses est insuffisante et devrait être considérablement augmentée. Elle devrait être pluri-hebdomadaire ». En effet, le programme européen FOOD (Fighting Obesity through Offer and Demand) préconise un ratio protéines végétales/protéines animales de 50/50, alors qu'il est serait en France de 30/70.

Ces recommandations sur la limitation des protéines animales (viande) et à l'inverse sur la consommation augmentée de protéines végétales (légumineuses, céréales semi-complètes et complètes) sont donc en faveur d'une « végétalisation » de l'alimentation pour la population française.

Outre ces mesures notoires, l'agence réaffirme « l'importance cruciale » de consommer 5 fruits et légumes par jour, d'augmenter sa consommation d'huiles riches en acide alpha-linoléiques (huile de colza, noix, etc.), qui ont déjà une grande place dans les

alimentations végétariennes. Par ailleurs, l'ANSES souligne l'intérêt d'une consommation bihebdomadaire de poisson, dont un poisson gras (maquereau, sardine, etc.) (49).

L'ANSES souligne enfin qu'à plus long terme, les recommandations pourraient prendre en compte des enjeux autres que nutritionnels afin « d'inscrire les repères dans une démarche globale et durable ». Notamment, « l'Agence devra s'emparer des enjeux de nature environnementale ou socio-économique qui devront fonder à terme l'élaboration de tels repères de consommation » (49).

## B) Recommandations officielles aux États-Unis concernant le végétarisme et le végétalisme

### *1/ Position de l'U.S Department of Agriculture (USDA): Dietary Guideline for Americans: 2015-2020*

Le *Dietary Guideline for Americans* est publié tous les 5 ans par l'U.S Department of Agriculture (USDA) et l'U.S Department of Health and Human Services (HHS). Il est disponible sur le site *health.gov*. Il fournit les lignes directrices en matière de santé et sert de référence aux professionnel-le-s de santé et industries, aux établissements de santé publique et d'enseignement, et forme la base de la politique et des programmes fédéraux en matière de nutrition. Il a pour but de promouvoir la santé, prévenir les maladies chroniques, aider les individus à atteindre et maintenir un poids de forme.

Le guide présente trois modèles alimentaires jugés idéaux, qui doivent tous les trois servir de référence pour la population, suivant les préférences personnelles de chacun-e-s : le *Healthy US-Style Eating Pattern*, ou modèle standard et deux variations de ce modèle : le *Healthy Mediterranean-Style Eating Pattern* et le *Healthy Vegetarian-Style Pattern* (ANNEXE 12) (105).

Le *Healthy Vegetarian-Style Pattern* a été développé pour tenir compte des choix alimentaires des personnes identifiées elles-mêmes comme végétariennes dans l'étude NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey). En comparaison avec le modèle US standard, ce modèle exclut la viande et le poisson et inclut davantage de légumineuses, produits dérivés de soja, oléagineux et céréales complètes. Pour tous les autres aliments, les quantités recommandées sont les mêmes que pour le modèle standard. Ce « modèle végétarien »

respecte les valeurs de références pour les nutriments de même que le modèle standard, mais est un peu plus riche en calcium et en fibres et plus pauvre en vitamine D (106).

Le rapport précise que le lait et les œufs ont été inclus dans ce modèle car ils étaient consommés par la majorité des sujets végétariens de l'étude NHANES, mais que ce modèle peut être végétalien à condition que tous les produits laitiers soient remplacés par des boissons enrichies (soja ou autres laits végétaux) (105).

Le *Dietary Guideline* de 2010 estimait déjà qu'« il n'y [avait] pas qu'une manière de manger sainement » et incluait cette adaptation végétarienne ou végétalienne. Mais dans ce « modèle végétarien » de 2010, les POA étaient simplement substitués par la même quantité de produits d'origine végétale, sans restructuration par rapport au modèle standard (106).

## *II/ Position de l'American Dietetic Association (ADA)*

L'American Dietetic Association (ADA), la plus grande association de professionnel·le·s de la nutrition aux États-Unis (près de 100 000 membres), a réaffirmé dans sa récente analyse de la littérature sur les alimentations végétariennes (au sens large, incluant le végétalisme) que :

« Les alimentations végétariennes correctement menées, dont le végétalisme, sont saines, adéquates sur le plan nutritionnel, et peuvent présenter des avantages dans la prévention et le traitement de certaines maladies. Les alimentations végétariennes bien menées sont adaptées à tous les stades de la vie, notamment aux femmes enceintes, aux femmes qui allaitent, aux nourrissons, aux enfants, aux adolescents ainsi qu'aux sportifs. » (107)

Cette conclusion était déjà celle adoptée par l'association dans son rapport de 2003 puis de 2009 sur les alimentations végétariennes et végétaliennes.

## *C) Recommandations officielles au Royaume-Uni concernant le végétarisme et le végétalisme*

### *I/ Position du National Health Service (NHS)*

Le National Health Service (NHS) est le service de santé publique au Royaume-Uni. Sa position sur le végétarisme et le végétalisme est disponible sur son site *NHS choices*. L'Agence est favorable au végétarisme et au végétalisme, pour tout le monde, quel que soit l'âge :

*"A vegetarian or vegan diet can be suitable for everyone, regardless of their age. However, you may need to consider specific needs at different stages of life – for example, if you're pregnant."* (108)

*"With good planning and an understanding of what makes up a healthy, balanced vegan diet, you can get all the nutrients your body needs."* (109)

La NHS est favorable au végétarisme et au végétalisme pendant la grossesse, et fournit des conseils pour les femmes enceintes adoptant ces régimes alimentaires :

*"It's important to eat a varied and balanced diet during pregnancy. This will provide enough nutrients for your own health and the development and growth of your baby during pregnancy. Vegetarian and vegan mums-to-be need to make sure they get enough iron and vitamin B12, which are mainly found in meat and fish, and vitamin D."* (110)

*"A varied and balanced vegetarian or vegan diet can provide enough nutrients for you and your baby during pregnancy. However, you might find it hard to get enough iron, vitamin D and vitamin B12."* (111)

La NHS est également favorable au végétarisme et au végétalisme chez les enfants, quel que soit leur âge :

*"As long as they get all the nutrients they need, children can be brought up healthily on a vegetarian or vegan diet. Children need plenty of energy and protein to help them grow and develop. It's also important that vegetarian and vegan children get enough iron, calcium, vitamin B12 and vitamin D."* (111)

Sur son site, la NHS fournit de nombreux guides et conseils pour les personnes végétariennes et végétaliennes, quel que soit l'âge. Elle semble même encourager le végétalisme (112).

## *II/ Position de la British Dietetic Association (BDA)*

La British Dietetic Association (BDA), la plus grande association de professionnel-le-s de la nutrition au Royaume-Uni (9 000 membres), a publié en août 2017 un document établissant que les régimes végétariens (au sens large, incluant le végétalisme) sont adaptés à un mode de vie sain quel que soit l'âge et à tous les stades de la vie (ANNEXE 13) :

*“Well-planned plant-based diets can support healthy living at every age and life-stage.” (113)*

L'association souligne que les enfants peuvent se développer normalement avec un régime végétarien et végétalien, si l'on s'assure que leurs besoins soient satisfaits :

*“Children can grow and develop normally on a vegetarian or vegan diet, although more attention needs to be given to ensure that nutritional needs are met. Vegetarian and vegan diets can be high in fibre, and this can lead to lower energy (calorie) intake, and reduced absorption of some important minerals, such as iron and zinc.” (114)*

L'association a publié récemment, en août 2017, des recommandations destinées aux personnes végétariennes et végétaliennes (ANNEXE 13) (115). Ces fiches sont par ailleurs relayées sur le site internet de la NHS.

D'autres grandes associations de santé sont favorables au végétarisme et au végétalisme. Par exemple, l'association nationale canadienne, the Dietitians of Canada (DC), qui regroupe 6 000 membres et est l'une des plus grandes associations dans le monde en matière de nutrition, estime également que le végétarisme et le végétalisme bien menés, sont appropriés à tous les âges et étapes de la vie : *“A healthy vegan diet can meet all your nutrient needs at any stage of life including when you are pregnant, breastfeeding or for older adults” (116)*. Elle publie des recommandations destinées aux personnes suivant ces régimes alimentaires (116) (117).

D) Perspectives d'évolution des recommandations françaises sur le végétarisme et le végétalisme

Bien que les recommandations françaises aillent, comme nous l'avons vu, dans le sens d'un « végétalisation » de l'alimentation, elles accusent un énorme retard par rapport aux recommandations internationales.

Ce retard peut tout d'abord être expliqué par une proportion moindre de personnes végétariennes et végétaliennes dans la population française, comparé au Royaume-Uni ou aux États-Unis et donc un faible échantillon de personnes végétariennes ou végétaliennes pouvant être incluses dans les études nationales françaises. Il peut aussi être expliqué par l'absence d'étude conduite en France sur le végétarisme et le végétalisme (avant l'année 2017). En Angleterre, des chercheur-se-s, tels que Appleby PN ou Key TJ, mènent des études épidémiologiques sur le végétarisme et le végétalisme depuis bientôt une trentaine d'années et ont notamment mené de nombreuses études sur la cohorte européenne EPIC-Oxford. Par ailleurs, d'autres facteurs peuvent également jouer, comme le poids de la gastronomie française, ou le pouvoir des lobbies de la viande et des produits laitiers en France.

Pour la Fondation Terra Nova, qui a publié en novembre 2017 un rapport intitulé « La viande au menu de la transition alimentaire » (118), les recommandations françaises officielles ainsi que les campagnes d'informations en nutrition doivent impérativement évoluer :

« Même s'ils ont une influence variable selon les milieux sociaux, les messages de santé alimentaire gouvernementaux doivent être adaptés. On peut se féliciter que, dans leurs avis récents, l'Anses et le Haut Conseil de la santé publique aient durci leurs mises en garde sur une consommation excessive de viande et de charcuterie. Mais on peut aussi regretter qu'aujourd'hui, sur des supports de communication grand public de l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES), on indique encore « Construisez vos plats principaux autour d'une portion de viande, de poisson, de jambon ou d'œufs, accompagnés de légumes et de féculents (pommes de terre, pâtes, riz, blé précuit, semoule, maïs, légumes secs, etc.). » (118)

Il est légitime de penser que nous pouvons prochainement nous attendre à une évolution positive des recommandations françaises sur le végétarisme et le végétalisme : en effet, les résultats de la première étude conduite en France sur le végétarisme et le végétalisme viennent d'être publiés et montrent que les personnes végétariennes et végétaliennes

peuvent elles aussi atteindre les recommandations nutritionnelles françaises (89). L'étude Nutrinet-Santé est une étude de cohorte lancée en France en 2009 et censée se terminer en 2019, dont l'objectif initial était de mieux de mieux évaluer les relations entre la santé et la nutrition en visant la participation de 500 000 internautes. Les participant·e·s sont suivi·e·s sur cinq ans. Bien que l'étude ait été lancée en 2009, les questionnaires de l'étude Nutrinet ne sont adaptés à la population végétalienne que depuis l'année 2014. Les premiers résultats quant aux populations végétariennes (au sens large) ont été publiés en 2017 et l'échantillon compte 90 664 personnes non-végétariennes, 2 370 personnes végétariennes et 789 personnes végétaliennes (89).

Les chercheur·se·s se sont tout d'abord intéressé·e·s à l'adhésion aux directives diététiques françaises, en fonction du régime alimentaire. Cette adhésion peut être évaluée par le calcul d'un index nutritionnel, le mPNNS-GS pour *modified Programme National Nutrition Santé Guideline Score* (119). Le score est dit « modifié » parce qu'il est ajusté pour l'âge et le sexe. Le score maximum qui peut être attribué est 13,5 : il correspond au plus haut niveau d'adhésion d'un régime alimentaire aux recommandations nutritionnelles françaises. Les résultats montrent que les personnes (ovo-lacto-)végétariennes ont la meilleure adhérence nutritionnelle (mPNNS-GS = 7,98), suivies par les personnes non-végétariennes (mPNNS-GS = 7,82), puis par les personnes végétaliennes (mPNNS-GS = 7,60) (89). Cependant, les auteurs de l'étude justifient la moindre des personnes végétaliennes par le calcul du score en lui-même (89), puisque la grille d'évaluation est telle qu'elle attribue des points à une consommation modérée de produits animaux (119).

Ensuite, les chercheur·se·s se sont intéressé·e·s aux apports en différents nutriments (macronutriments et micronutriments), dans les différents régimes alimentaires. Les résultats montrent que les personnes (ovo-lacto-)végétariennes ont la répartition en macronutriments qui se rapproche le plus des recommandations officielles et une alimentation de meilleure qualité, comparées aux personnes non-végétariennes (89).

Les résultats montrent enfin que les personnes végétariennes et végétaliennes auto-déclarées peuvent atteindre les recommandations nutritionnelles pour tous les nutriments (ANNEXE 14 ; ANNEXE 15). C'est d'ailleurs la conclusion des auteur·e·s : *“Our study highlighted*

*that, overall, self-reported vegetarians and vegans may meet nutritional recommendations”* (89). Des problèmes liés à la biodisponibilité du fer non-héminique des régimes végétariens et du zinc et surtout aux apports en vitamine B12 (chez les végétalien·ne·s mais également chez les végétarien·ne·s) subsistent néanmoins d’après les auteur·e·s. Nous nous intéresserons à ces nutriments dans la troisième partie de cette thèse. Pour les auteur·e·s de cette première étude française sur le végétarisme et le végétalisme, les régimes végétariens et végétaliens bien planifiés pourraient être considérés comme des régimes alimentaires durables en raison des avantages potentiels pour la santé et de l’impact environnemental moindre (89). Les chercheur·se·s ajoutent que d’autres études longitudinales sont encore nécessaires pour mieux évaluer les effets sur la santé à long terme de ces alimentations (89).

Le chapitre suivant traite des bénéfices possibles des alimentations végétariennes et végétaliennes bien menées sur la santé humaine.



## Chapitre 3 : Les bénéfices d'une alimentation végétarienne ou végétalienne bien menée sur la santé humaine

### A) Rappel sur les maladies chroniques

Les maladies chroniques, également appelées maladies non transmissibles, sont responsables chaque année de 40 millions de décès dans le monde, ce qui représente 70 % des décès (120). Elles sont en constante augmentation (ANNEXE 16) (120). Ce sont des maladies qui tendent à être de longue durée et qui résultent de facteurs génétiques, physiologiques, environnementaux et comportementaux.

Plus précisément, quatre groupes de maladies sont responsables de 80 % des décès « prématurés » dus aux maladies chroniques (121). Ce sont, par ordre d'importance, en nombre de décès (121) :

- ◆ les maladies cardiovasculaires (accidents vasculaires cardiaques ou cérébraux) (17,7 millions de décès par an dans le monde) ;
- ◆ les cancers (8,8 millions de décès par an dans le monde) ;
- ◆ les maladies respiratoires chroniques (3,9 millions de décès par an dans le monde) ;
- ◆ le diabète, représenté très majoritairement par le diabète de type 2 (1,6 millions de décès par an dans le monde).

Ces maladies sont présentes dans tous les pays, quel que soit le revenu (ANNEXE 17) (120). Cependant, les pays à faible revenu ou revenu intermédiaire recensent 78 % des décès dus aux maladies chroniques, soit 31 millions de décès (120).

Outre les facteurs de risques comportementaux (comme le tabac, l'excès de sel/sodium, l'alcool, le manque d'exercice physique), il existe des facteurs de risque d'ordre métaboliques/physiologiques, qui sont au nombre de quatre et sont, par ordre d'importance en nombre de décès qui leur sont imputables (121) :

- L'hypertension artérielle (responsable de 19 % des décès dans le monde) ;
- Le surpoids/l'obésité ;
- L'hyperglycémie ;

- L'hyperlipidémie.

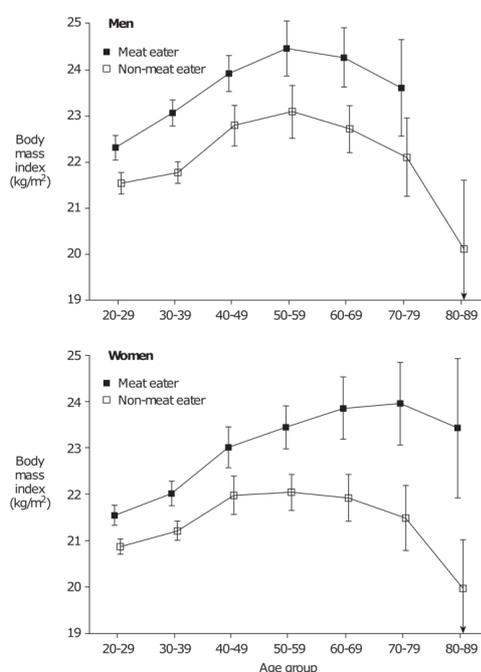
Selon l'OMS, diminuer les facteurs de risque associés à ces maladies est primordial.

Dans la partie suivante, nous allons montrer en quoi l'analyse des études épidémiologiques de la littérature montre que les régimes végétariens et végétaliens pourraient avoir un effet positif précisément sur ces quatre facteurs de risque. Une fois cet effet démontré, nous pourrions nous attendre logiquement à ce qu'ils aient également un effet positif sur les MCV, le DT2, les cancers.

## B) Effets des alimentations végétariennes sur les principaux facteurs de risques métaboliques des maladies chroniques

### *1/ Effets des régimes végétariens sur le surpoids et l'obésité*

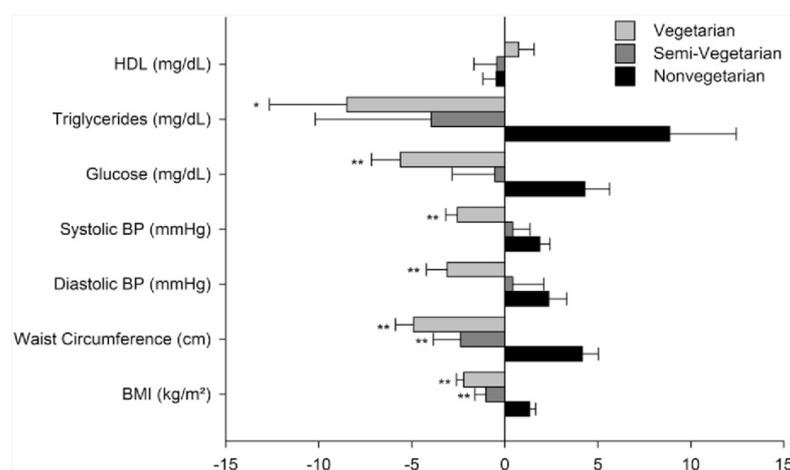
Appleby et son équipe ont montré que les personnes végétariennes et plus encore végétaliennes sont moins à risque de surpoids ou d'obésité (Figure 20) (122) (123).



**Figure 20** : IMC en fonction de l'âge et du régime alimentaire.  
 Source : Appleby et al., 1998 (122)

Tonstad et son équipe ont mené une étude de cohorte chez les Adventistes du 7<sup>ème</sup> jour, l'Adventist Health Study 2 (AHS2). L'étude AHS2 a été initiée en 2002. 73 308 personnes ont été suivies aux États-Unis et au Canada, pendant une durée moyenne de 5,8 ans. 48 % d'entre elles étaient non-végétariennes, 29 % ovo-lacto-végétariennes, 10 % pesco-végétariennes et 8 % étaient végétaliennes. L'étude de Tonstad et son équipe montre que la population végétalienne est caractérisée par l'IMC moyen le plus faible (23,6 kg/m<sup>2</sup>), suivie par la population ovo-lacto-végétarienne (25,7 kg/m<sup>2</sup>), pesco-végétarienne (26,3 kg/m<sup>2</sup>), semi-végétarienne (27,3 kg/m<sup>2</sup>) et non-végétarienne (28,8 kg/m<sup>2</sup>). Parmi tous les régimes, seul le régime végétalien est associé dans cette étude à un IMC normal, c'est-à-dire compris entre 18,5 et 25 kg/m<sup>2</sup> selon la classification de l'OMS (124).

Rizzo et son équipe ont également confirmé, à partir des résultats de l'AHS2, que les régimes végétariens (au sens large, incluant le régime végétalien) sont significativement associés à un plus faible tour de taille et à un plus faible IMC, comparé au régime non-végétarien (Figure 21). Les résultats sont représentés après ajustements sur l'âge, le sexe, l'origine ethnique, le tabac, la consommation d'alcool, l'activité physique, la pression sanguine et l'apport énergétique quotidien. Les auteur·e·s ne donnent cependant pas dans l'étude la valeur des risque relatifs associés à chaque régime alimentaire (125).



**Figure 21** : Lien entre le régime alimentaire et les facteurs de risque métabolique, dont le tour de taille et l'IMC.

Source : Rizzo et al., 2011 (125)

Test ANCOVA, le groupe référence est le régime non-végétarien. \*p<0.05; \*\*p<0.001. p<0.001 pour chaque facteur de risque à l'exception des HDL (p<0.05). Des ajustements ont été réalisés pour l'âge, le sexe, l'origine ethnique, le tabac, la consommation d'alcool, l'activité physique, l'apport énergétique quotidien, la pression sanguine.

Les régimes végétariens et végétaliens semblent donc associés à un plus faible IMC, comparés au régime non-végétarien, même après divers ajustements relatifs à la qualité de vie comme l'activité physique, ou à l'apport énergétique quotidien. En revanche, il n'est pas possible de distinguer dans quelle mesure tout aliment caractéristique ou important dans ces régimes, contribue à un plus faible IMC. Par exemple, les fibres augmentent la satiété et sont davantage consommées dans ces régimes, en comparaison avec le régime non-végétarien.

Un faible IMC influe positivement les autres facteurs de risque cardiovasculaires, comme nous allons le voir.

## *II/ Effets des régimes végétariens sur l'hypertension artérielle*

Les données de l'EPIC-Oxford Study (n=1 104) menée en Angleterre, publiées par Appleby et son équipe, montrent que les régimes végétariens et surtout végétaliens sont associés à une plus faible prévalence auto-déclarée d'hypertension artérielle (après ajustement sur l'âge), allant de 15 % chez les hommes non-végétariens à 5,8 % chez les hommes végétaliens ; et de 12,1 % chez les femmes non-végétariennes à 7,7 % chez les femmes végétaliennes. Ils sont également associés à une pression systolique et diastolique significativement plus basse, après ajustement sur l'âge : les hommes végétaliens ont une pression systolique plus faible de 4,2 mmHg et une pression diastolique plus faible de 2,8 mmHg, comparé aux non-végétariens ; les femmes végétaliennes ont une pression systolique plus faible de 2,6 mmHg et une pression diastolique plus faible de 1,7 mmHg, comparées aux non-végétariennes. Ces résultats sont largement expliqués par l'IMC, mais d'autres facteurs sont en jeu (123).

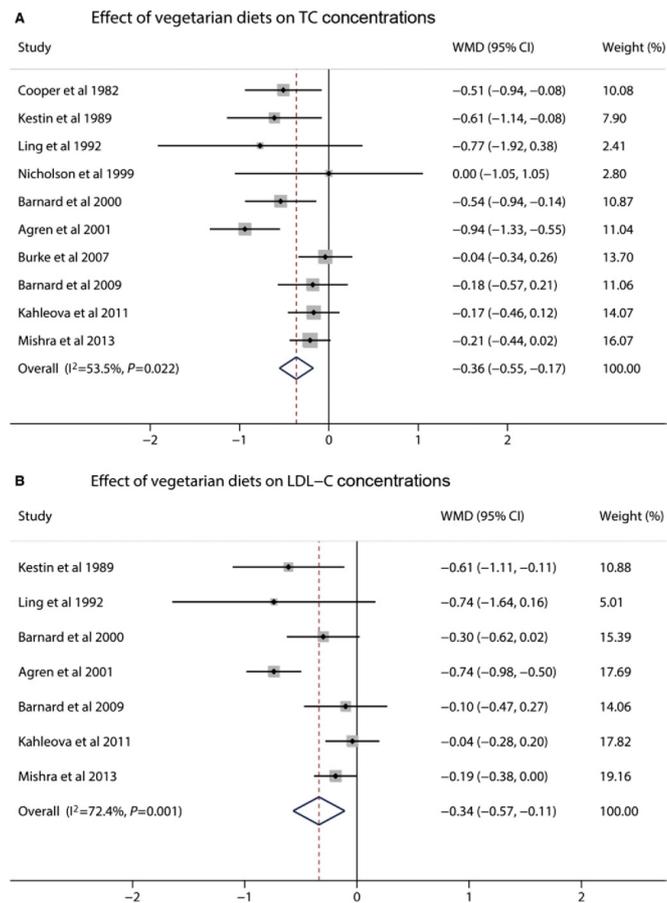
Les données de l'AHS2 publiées par Pettersen et son équipe montrent que les régimes végétariens et végétaliens sont significativement associés à une plus faible pression systolique et diastolique et à un risque diminué de souffrir d'hypertension artérielle. Les personnes végétaliennes ont la pression sanguine systolique et diastolique la plus faible parmi les différents régimes alimentaires. Les résultats de l'étude s'expliquent également en partie par l'IMC (126).

Une méta-analyse de 32 études observationnelles (n = 21 604) publiées avant novembre 2013 et comparant la pression sanguine d'individus dans le monde, menée par Yokoyama et son équipe, a montré que le régime végétarien (au sens large, incluant le régime végétalien) est associé à une pression systolique 6,9 mmHg plus basse (95 % Intervalle de confiance (IC) : -9,1—4,7 ; p <0,001) et à une pression diastolique 4,7 mmHg plus basse (95 % IC : -6,3—3,1 ; p <0,001), comparé au régime non-végétarien. Les chercheurs ont aussi réalisé une méta-analyse de 7 essais contrôlés (n = 311), montrant que le régime végétarien (au sens large, incluant le régime végétalien) est associé à une pression systolique de 4,8 mmHg plus basse (95 % IC : -6,6—3,1 ; p <0,001) et à une pression diastolique de 2,2 mmHg plus basse (95 % IC : -3,5—1,0 ; p <0,001), comparé au régime non-végétarien (127).

En conclusion, les régimes végétariens et végétaliens semblent solidement associés à des pressions systolique et diastolique significativement plus basses et à un moindre risque d'hypertension artérielle. Après ajustement sur l'IMC, cet effet est atténué mais s'observe toujours, montrant une association spécifique entre ces régimes et la baisse de la tension artérielle.

### *III/ Effets des régimes végétariens sur l'hyperlipidémie*

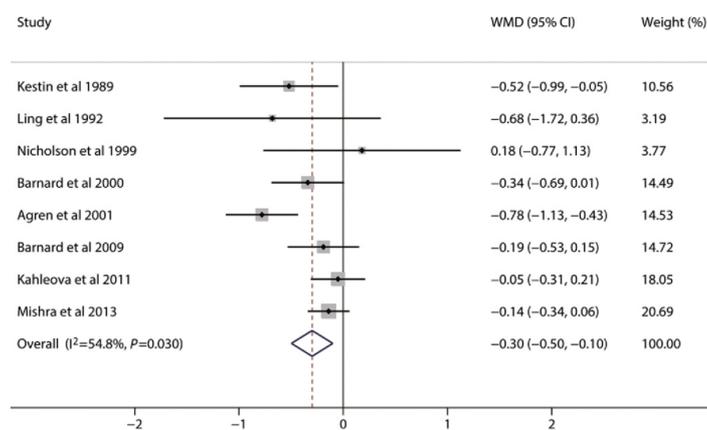
Une méta-analyse de 11 essais randomisés publiés avant mars 2015 par Wang et son équipe montre que les régimes végétariens (au sens large, incluant le régime végétalien) sont significativement associés à un plus faible taux plasmatique de cholestérol total (CT), de LDL (Low Density Lipoprotein)-CT et de non-HDL (High Density Lipoprotein)-CT, en comparaison avec le régime non-végétarien (respectivement 0,36 ; 0,31 ; et 0,30 mmol/L plus bas) (Figure 22 ; Figure 23), mais aussi dans une moindre mesure, à un plus faible taux de HDL-CT (0,10 mmol/L plus bas). L'étude ne relève pas d'effet significatif sur la concentration plasmatique en triglycérides entre les régimes végétariens et le régime non-végétarien (128).



**Figure 22** : Effet des régimes végétariens sur les concentrations plasmatiques en cholestérol total (CT) (A) et LDL-cholestérol (B).

Source : Wang et al., 2015 (128)

WMD = weighted mean difference = écart moyen



**Figure 23** : Effets des régimes végétariens sur les concentrations plasmatiques en non-HDL-CT.

Source : Wang et al., 2015 (128)

WMD = weighted mean difference = écart moyen

Pour le CT, le LDL-CT et le non-HDL-CT, la réduction de la concentration plasmatique est plus importante dans les études où l'IMC moyen de la population est plus faible. En particulier, chez les patients obèses (IMC > 30), l'effet des régimes végétariens sur la diminution des taux de CT, de LDL-CT et de non-HDL-CT, est moins marqué. Pour les triglycérides et le HDL-CT, l'IMC n'a pas d'influence (128).

Deux méta-analyses menées par Zhang et son équipe (129) (130) montrent cependant des résultats différents en ce qui concerne le HDL-CT et les triglycérides. La première, une méta-analyse de 12 études observationnelles (n = 1 300) (129) montre que globalement, les régimes végétariens pourraient être efficaces pour faire baisser la concentration plasmatique en triglycérides (-1,28 mmol/L ; 95% IC : -2,14--0,42). Dans huit pays développés étudiés, la diminution de la concentration plasmatique de triglycérides par les régimes végétariens n'est pas significative (-0,31 mmol/L ; 95% IC : -1,13--0,50), mais dans quatre pays en développement, cette différence est significative (-4,06 mmol/L ; 95% IC : -7,43--0,70).

La deuxième méta-analyse de Zhang et son équipe, menée à partir de 12 études observationnelles (n = 4 177) (130) met en évidence qu'il n'y a pas de différence significative du taux plasmatique d'HDL-CT entre les régimes végétariens et les régimes non-végétariens (différence de 0,02 mmol/L ; 95% IC : 20,19--0,22), que ce soit dans le pays les plus développés (Europe, États-Unis), tout comme dans les pays en développement (Asie, Amérique du Sud).

En conclusion, les régimes végétariens et végétaliens semblent fortement associés à des taux plasmatiques plus bas en CT, LDL-CT et non-LDL-CT. Ces régimes pourraient également faire diminuer le taux plasmatique de triglycérides, mais les résultats sont discordants. Les effets pourraient être en partie liés à l'IMC, mais d'autres facteurs, intrinsèques aux régimes végétariens, pourraient aussi avoir une influence plus spécifique : de nombreux aliments (principalement fruits et légumes, légumineuses, oléagineux, produits dérivés du soja), consommés en grandes quantités dans ces régimes, apportent des nutriments qui sont fortement liés à une diminution du taux de LDL-CT (fibres solubles, phytostérols, caroténoïdes, flavonoïdes, saponines, etc.) (128). Par ailleurs, ces alimentations sont généralement pauvres en cholestérol, en lipides totaux et en acides gras saturés (128).

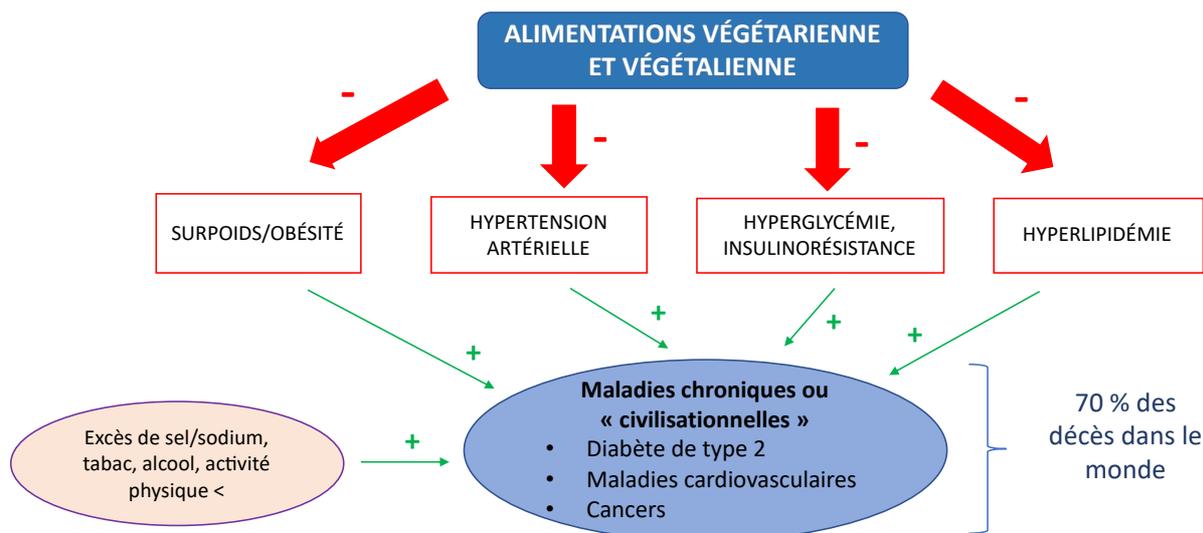
#### *IV/ Effets des régimes végétariens sur l'hyperglycémie et sur la résistance à l'insuline*

Deux récentes analyses de la littérature – la première de Kahleova (131) et son équipe, la seconde de Tonstad et son équipe (132) –, ont été publiées en 2017 et résument notamment les études d'observation, les essais contrôlés, et les méta-analyses, qui se sont intéressées au lien entre les régimes à dominance végétale et l'hyperglycémie, la sensibilité et la résistance à l'insuline. Les études sont concordantes entre elles et montrent que les régimes à dominance végétale sont associés à un risque diminué d'hyperglycémie, de résistance à l'insuline et à une augmentation de la sensibilité à l'insuline.

Ces résultats s'expliquent en partie par l'IMC, mais également par d'autres mécanismes. Des études concordantes ont montré que la consommation de viande et en particulier de viande hors volaille, était associée à une augmentation de la glycémie et de la résistance à l'insuline, et que cette association peut être forte même après ajustement sur l'IMC (131) (132). Dans un essai contrôlé, un remplacement de la viande par des produits à base de soja augmente la sensibilité à l'insuline (131). Les mécanismes à l'origine de cet effet délétère de la viande hors volaille restent à explorer (131) (132). Des études suggèrent que les régimes végétariens peuvent améliorer la libération d'hormones gastro-intestinales – en particulier la libération d'incrétines –, ce qui engendre une amélioration du contrôle de la glycémie (131). Les incrétines jouent en effet un rôle majeur dans l'augmentation de l'insulinémie postprandiale (131). À l'inverse, la consommation de viande transformée entraîne une diminution de la libération d'hormones gastro-intestinales, parmi lesquelles les incrétines, à jeun et après un repas, en comparaison à un repas végétalien isocalorique (131).

#### *V/ Conclusion*

La figure ci-dessous résume les effets positifs que pourraient avoir les alimentations végétariennes et végétaliennes sur les principaux facteurs de risques de maladies chroniques (Figure 24).



**Figure 24** : Schéma résumant les principaux facteurs de risques comportementaux (encadrés en violet) et métaboliques (encadrés en rouge) des maladies chroniques et les relations pouvant exister entre les facteurs de risques métaboliques et les alimentations végétariennes et végétales.

Un risque diminué est représenté par une flèche rouge ; un risque augmenté est représenté par une flèche verte.

### C) Bénéfices des alimentations végétariennes sur les maladies cardiovasculaires (MCV)

#### *1/ Études épidémiologiques comparant l'effet des régimes végétariens et du régime non-végétarien sur les MCV*

Une méta-analyse de 7 études de cohorte publiées avant septembre 2011 et menée par Huang et son équipe, montre une diminution de 16 % (Risque Relatif RR = 0.84; 95% IC : 0.54–1.14) de la mortalité due à une MCV (incluant les maladies ischémiques et les AVC) chez les personnes végétariennes (au sens large, incluant les personnes végétaliennes) comparées aux non-végétariennes ; un risque de mortalité due à une cardiopathie ischémique diminué de 29 % (RR = 0.71; 95% IC : 0.56–0.87) et un risque de mortalité due à un AVC diminué de 12 % AVC (RR = 0.88; 95% IC : 0.70–1.06) (133).

En 2013, des résultats de l'AHS2 ont été publiés par Orlish et son équipe (134). Pour rappel, dans cette étude, 73 308 personnes ont été suivies aux États-Unis et au Canada, pendant une durée moyenne de 5,8 ans. 48 % d'entre elles étaient non-végétariennes, 29 %

ovo-lacto-végétariennes, 10 % pesco-végétariennes et 8 % étaient végétaliennes. Les résultats montrent que les personnes végétariennes (au sens large, incluant les végétaliennes) ont, après avoir réalisé les ajustements énumérés ci-dessus, respectivement 13 % (HR = 0.87; 95% IC : 0.75–1.01) et 19 % (0.81; 0.64–1.02) de risque en moins de mourir d'une MCV et d'un accident cardiaque ischémique, comparées aux personnes non-végétariennes. Ce bénéfice est surtout marqué chez les hommes, qui ont 29 % (0.71; 0.57–0.90) de risque en moins de mourir d'un MCV – contre 1 % (0.99; 0.83–1.18) de risque en moins chez les femmes –, et 29 % (0.71; 0.51–1.00) de risque en moins de mourir d'un accident cardiaque ischémique – contre 12 % (0.88 ;0.65–1.20) de risque en moins chez les femmes – (134).

Des résultats provenant de la cohorte EPIC (n=1 235), publiés par Crowe et son équipe en 2013, montrent que les régimes végétariens sont associés à un risque (hospitalisation ou mort) de maladie ischémique diminué de 32 % (HR = 0.68; 95% IC : 0.58–0.81) par rapport au régime non-végétarien, après ajustement pour l'âge, le tabac, la consommation d'alcool, l'activité physique, le niveau d'éducation, l'index Townsend de privation (mesurant la pauvreté) et pour les femmes, l'usage de pilule contraceptive ou de traitement hormonal. Ces résultats sont légèrement atténués après ajustement pour l'IMC, puisque le risque est alors diminué de 28 % (HR = 0.72; 95% IC : 0.61–0.85) comparé au régime non-végétarien (135).

Une méta-analyse de 8 études de cohorte, publiée par Kwok et son équipe en 2014 (136), incluant trois études sur les Adventistes du 7<sup>ème</sup> jour et les données de l'EPIC-Oxford Study, mais aussi d'autres cohortes comme celle de la German Vegetarian Study, montre que toutes études confondues, les régimes végétariens (au sens large, incluant les régimes végétaliens), sont associés à une diminution de 29 % de la mortalité liée à un accident cardiaque ischémique et à une diminution de 17 % de la mortalité liée à un AVC. Cependant, les résultats sont hétérogènes, les bénéfices étant nettement supérieurs pour les études sur les Adventistes, en particulier concernant les AVC : les études sur les Adventistes montrent que ces derniers ont 29 % de risque en moins de mourir d'un AVC, tandis-que que le bénéfice est globalement nul pour les autres cohortes.

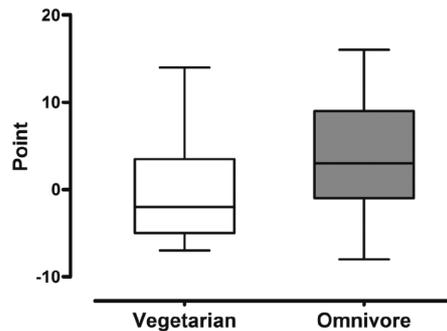
Une récente méta-analyse sur la mortalité liée à une MCV chez les personnes végétariennes est celle combinant les résultats de l'Oxford Vegetarian Study et l'EPIC-Oxford Study a été

publiée par Appleby et son équipe en 2016 (137). L'étude ne montre pas de différence significative entre la mortalité due à une MCV entre les régimes végétariens (au sens large, incluant les régimes végétaliens) et le régime non-végétarien anglais. Ce résultat est étonnant au vu des précédentes études et peut-être expliqué en partie parce que la cohorte de l'EPIC-Oxford a inclus les participant·e·s jusqu'à l'âge de 90 ans et la plupart des décès par MCV ont lieu chez les personnes les plus âgées de la cohorte. Or, aux âges avancés, l'effet protecteur des régimes végétariens vis-à-vis des facteurs de risque de MCV est plus faible (137) (138).

Dinu et son équipe ont publié en 2017 une méta-analyse réalisée à partir de 86 études transversales et 10 études prospectives de cohorte : les résultats montrent que le risque d'incidence et/ou de mortalité par cardiopathie ischémique est réduit de 25 % (RR = 0,75; 95% IC : 0,68–0,82) chez la population végétarienne, comparée à la population non-végétarienne (139).

Dans les sociétés occidentales, l'association est donc globalement forte entre les régimes végétariens et la diminution du risque de MCV ainsi que de ses facteurs de risque associés. Cette association ne s'explique pas seulement par un IMC plus faible chez les personnes végétariennes.

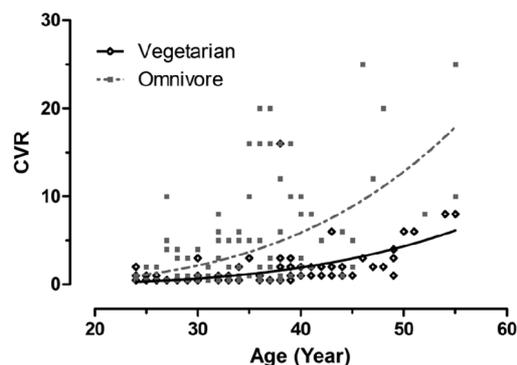
Ce pourrait être aussi le cas dans d'autres sociétés, comme en Chine : une étude de cohorte sur des hommes chinois, lacto-végétariens et non-végétariens, publiée par Yang en 2012 (140), montre que les sujets non-végétariens ont significativement plus de risque de développer une MCV dans les 10 ans. À l'âge de 55 ans, les hommes non-végétariens ont 17,5 % de risque de développer une MCV dans les 10 ans, alors qu'au même âge, les hommes lacto-végétariens n'ont que 6,1 % de risque de développer une MCV dans les 10 ans (Figure 25 ; Figure 26).



**Figure 25** : Box plot des points de CVR (risque cardiovasculaire) chez les hommes lacto-végétariens et non-végétariens âgés de 24 à 55 ans (n= 169).

Source : Yang et al., 2012 (140)

Les points de CVR sont calculés pour chaque participant, selon le score de Framingham (Anderson, 1991), servant à estimer la probabilité de développer une MCV dans les 10 ans, en fonctions de variables indépendantes que sont le sexe, l'âge, le taux de cholestérol total, le taux de HDL-CT, le tabagisme, l'existence d'un diabète et la pression artérielle systolique (traitée ou non). Un nombre de points différents étant attribué à chaque niveau de ces différents facteurs de risque. La ligne centrale représente la médiane, les box représentent les quartiles. Le test est significatif (t-test,  $P < 0.001$ ) entre les deux groupes. CVR : Risque cardiovasculaire.



**Figure 26** : Probabilité de développe une MCV dans les 10 ans, en fonction de l'âge, chez des hommes lacto-végétariens (n=117) et chez des hommes omnivores (n=126), âgés de 24 à 55 ans (n= 169).

Source : Yang et al., 2012 (140)

Un CVR < 10 % est considérée comme une faible probabilité de développer une MCV. CVR : Risque cardiovasculaire.

## *II/ Mécanismes et facteurs protecteurs à l'origines des bénéfices des régimes végétariens sur les MCV*

L'effet protecteur de ces régimes peut être en partie lié à la diminution des facteurs de risques liés à ces régimes : diminution du risque de surpoids/obésité, meilleur contrôle de la glycémie, baisse de la lipidémie et diminution du risque d'hypertension artérielle.

Selon l'ANSES, comme nous l'avons vu, les viandes hors volaille et les viandes transformées, qui sont exclues dans les régimes végétariens, augmentent le risque de MCV de manière « probable ». Les mécanismes à l'origine de cette association, comme nous l'avons détaillé davantage dans le chapitre 3 de la première partie de cette thèse, pourraient être liés aux apports en acides gras saturés, aux apports en cholestérol, en fer héminique, en sel, en nitrites, ainsi qu'aux apports en L-carnitine. Certains de ces composés (cholestérol, nitrites, L-carnitine) sont notamment responsables d'athérosclérose, une des principales causes de MCV (cf chapitre 3 de la première partie).

Le poisson est associé selon l'ANSES à une possible diminution du risque de MCV, avec un niveau de preuve « probable » pour les AVC. Cependant, son exclusion dans les régimes végétariens n'engendre pas d'augmentation du risque. Les régimes végétariens sont à l'inverse fortement associés à une diminution du risque de MCV (maladie cardiaque ischémique et AVC), comme nous venons de le voir.

Le lait et les produits laitiers sont associés selon l'ANSES à une possible diminution du risque de MCV, avec un niveau de preuve « limité ». Sauf erreur, il n'existe pas de méta-analyse ni d'étude majeure qui différencie les différents régimes végétariens (au sens large) et s'intéressant spécifiquement au lien entre un régime végétalien et le risque de MCV. En revanche, comme nous l'avons vu plus haut, les études ayant différencié les différents régimes végétariens (au sens large) montrent qu'un régime végétalien est plus efficace qu'un régime (lacto-ovo-)végétarien pour diminuer le risque de surpoids/obésité et d'hypertension artérielle, qui sont deux des principaux facteurs de risque de MCV.

En outre, le régime végétarien pauvre en graisses est le seul régime ayant démontré dans des études épidémiologiques une régression des plaques d'athérome et une guérison de maladies coronariennes, en particulier lorsque ce régime est combiné à de l'exercice physique et à une gestion du stress (141).

Yang et son équipe ont montré, dans une étude de cohorte chez des hommes chinois en bonne santé, que l'intima-média de l'artère carotidienne, mesurée par échographie, est plus fine chez les lacto-végétariens comparé aux non-végétariens (140). Or l'épaisseur de l'intima-média est fortement associée au risque de MCV et à ses autres facteurs de risques que sont l'hypertension artérielle, le diabète et les dyslipidémies (142).

Une revue de la littérature concernant les régimes végétaliens et les MCV a été publiée par Kahleova et son équipe en 2017 (141). Pour les auteur·e·s de l'étude, les principaux mécanismes en jeu sont, outre l'apport calorique plus faible et l'apport réduit de gras saturés et de cholestérol, l'apport accru en fibres, en acides gras polyinsaturés et mono-insaturés, en protéines végétales, en antioxydants et micronutriments, et stérols végétaux. En effet (141) :

- une réduction de l'apport énergétique due à la plus faible densité énergétique des aliments végétaux a démontré des bénéfices cardiométaboliques, et ce avant même que des changements dans le poids corporel ne se produisent ;
- les fibres contribuent à la satiété et la perte de poids. Les fibres solubles se lient aux acides biliaires dans l'intestin grêle, augmentant l'excrétion des sels biliaires fécaux et réduisant ainsi le cholestérol, les lipides sanguins et la glycémie. La consommation élevée de fibres a également été associée à une diminution de la pression artérielle, à une diminution de la formation de plaque d'athérome et à un risque plus faible de DT2 (facteur de risque des MCV) ;
- le remplacement des graisses saturées par des graisses polyinsaturées et mono-insaturées diminue la sensibilité à l'insuline et réduit le risque cardiométabolique, indépendamment des modifications du poids corporel ;
- les protéines végétales réduisent la lipidémie, le risque d'obésité et de MCV. Elles peuvent avoir des effets anti-inflammatoires ;
- un apport élevé d'antioxydants et de micronutriments provenant d'aliments végétaux entiers représente un autre mécanisme bénéfique cardiométabolique ;
- les phytostérols réduisent le risque cardiovasculaire et la mortalité, ont des effets anti-inflammatoires et affectent positivement la coagulation, la fonction plaquettaire et la fonction endothéliale, ainsi que le contrôle glycémique chez les patient·e·s ayant un DT2 (facteur de risque de MCV).

Les régimes à dominance végétale exercent des effets positifs sur le système cardiovasculaire via plusieurs mécanismes indépendants. D'autre part, lorsque les aliments végétaux sont consommés entiers, les effets pourraient être synergiques (effet global supérieur à la somme des effets des nutriments pris isolément) (141).

#### D) Bénéfices des alimentations végétariennes sur le diabète de type 2 (DT2)

##### *1/ Études épidémiologiques comparant l'effet des régimes végétariens et du régime non-végétarien sur le DT2*

Tonstad et son équipe ont étudié la prévalence du DT2 suivants divers régime alimentaires chez les participant·e·s de l'AHS2 et les résultats obtenus montrent que les régimes végétaliens (Odds Ratio (OR) : 0.51; 95% IC : 0.40–0.66) et (ovo-lacto-)végétariens (OR : 0.54; IC : 0.49–0.60) sont associés respectivement à une réduction de 49 % et de 46 % du risque de DT2, comparé au régime non-végétarien, après divers ajustements (âge, sexe, origine ethnique, niveau d'éducation, revenu, activité physique, temps passé devant la télévision, durée du sommeil, consommation d'alcool, IMC). Tous·tes les participant·e·s à l'étude étaient non-fumeur·se·s. Les régimes pesco-végétariens (OR : 0.70; IC : 0.61–0.80), et semi-végétariens (OR : 0.76; IC : 0.65–0.90) offrent une protection intermédiaire par rapport à la population non-végétarienne, avec une respectivement une diminution de 30 % et de 24 % du risque de DT2. Les chercheur·se·s insistent sur le fait que même après l'ajustement par rapport à l'IMC, l'association reste ainsi forte entre les régimes végétaliens ou végétariens et le risque diminué de diabète (124).

Tonstad et son équipe ont également été les premiers à s'intéresser à l'incidence du DT2 (parmi la population n'ayant pas de diabète) suivant divers types de régimes alimentaires, au sein de la cohorte des Adventistes du 7<sup>ème</sup> jour. Les résultats de l'étude, publiée en 2013, montrent que le risque de développer un DT2 est réduit de 77 % pour les végétalien·ne·s, et de 54 % pour les (lacto-ovo)-végétarien·ne·s, en comparaison avec les non-végétarien·ne·s et après ajustement sur l'âge. Après divers autres ajustements socio-économiques, relatifs à l'hygiène de vie, et sur l'IMC, l'association reste forte : le risque de développer un DT2 est

réduit de 62 % pour les végétalien·ne·s, et de 38 % pour les (lacto-ovo)-végétarien·ne·s, en comparaison avec les non-végétarien·ne·s (143).

Une étude comparative randomisée en essai contrôlé, menée par Barnard et son équipe durant 74 semaines (n=99) et publiée en 2009, montre que le régime végétalien pauvre en graisses est au moins aussi efficace que le régime conseillé pour la gestion du DT2 (*American Diabetes Association guidelines*) dans la réduction du poids, et est significativement plus efficace dans le contrôle de la glycémie et de la lipidémie (144). En effet dans l'étude (144) :

- les deux régimes sont associés à une diminution du poids, qui n'est cependant pas significativement différentes entre les deux groupes (-4,4 kg dans le groupe végétalien et -3,0 kg dans le groupe suivant le régime conventionnel ; p=0,25). Cette diminution du poids est par ailleurs significativement corrélée à la diminution du taux d'hémoglobine glyquée HbA1c, reflétant la glycémie (-0,09 pour chaque diminution de 1 kg de poids corporel) ;
- la diminution du taux de HbA1c est significativement plus importante dans le groupe qui suit un régime végétalien (-0,40 % contre -0,01 %, avant ajustement médicamenteux ; p=0,03) ;
- la diminution du taux de CT et du taux de LDL-CT est observée dans les deux groupes, mais est significativement plus importante dans le groupe végétalien (-20,4 mg/dL contre -6,8 mg/dL ; p=0,01) ;
- de même, la diminution du taux de LDL-CT est observée dans les deux groupes, mais est significativement plus importante dans le groupe végétalien (-13,5 mg/dL contre -3,4 mg/dL ; p=0,03).

Cette étude comparative randomisée a l'avantage, contrairement aux études observationnelles de cohorte, de ne pas présenter de biais relatifs à divers critères socio-économiques, à l'hygiène de vie ou à l'IMC.

Les deux études observationnelles de Tonstad et l'essai randomisé de Barnard suggèrent que ces régimes, et d'autant plus le régime végétalien, présentent des avantages importants à la fois dans la prévention et dans la gestion du DT2. Ces derniers ne s'expliquent pas seulement par la baisse de l'IMC engendrée par ces régimes alimentaires.

Ces résultats ont conduit Barnard et son équipe à proposer le régime végétalien en guise de traitement pour le diabète type 2 (145). Chez les patients diabétiques, les chercheur·se·s

suggèrent que ces régimes pourraient améliorer notamment le contrôle de la glycémie en diminuant la sensibilité à l'insuline et prévenir les complications du diabète (145).

Une analyse de la littérature sur les effets des régimes végétariens sur le DT2 a été publiée en 2017 (146) : les chercheurs soutiennent de la même manière que le régime végétarien et le régime végétalien peuvent être utilisés pour prévenir le risque de diabète, pour traiter les patients diabétiques (et diminuer la prise de médicaments contre le diabète) et pour éviter le risque de complications.

En outre, l'association canadienne du diabète (Canadian Diabetes Association) recommande depuis 2016 aux patient·e·s souffrant de DT2 d'adopter un régime végétarien ou végétalien (147).

## *II/ Mécanismes et facteurs protecteurs à l'origine des bénéfices des régimes végétariens sur le DT2*

De même que pour les MCV, l'effet protecteur de ces régimes peut être en partie lié à la diminution des facteurs de risques liés à ces régimes : diminution du risque d'obésité abdominale, meilleur contrôle de la glycémie, baisse de la lipidémie et diminution du risque d'hypertension artérielle.

Selon l'ANSES, comme nous l'avons vu, les viandes hors volaille et les viandes transformées augmentent le risque de DT2 de manière « probable ». Cet effet néfaste de la viande pourrait notamment être lié aux apports en acides gras saturés, aux produits de la glycation avancée, aux nitrates ou nitrites, à l'oxyde de triméthylamine (TMAO), aux perturbateurs endocriniens, aux acides aminés à chaîne latérale ramifiée (BCAA) et au fer héminique. Les mécanismes en jeu sont plus détaillés dans le chapitre 3 de la première partie de cette thèse.

Le poisson, également exclu dans les régimes végétariens, augmente le risque de DT2 de manière « suggérée » selon l'ANSES, comme nous l'avons également vu dans le chapitre 3 de la première partie. Les mécanismes, selon l'agence, pourraient être liés aux apports en AGPI n-3 à longue chaîne, capable d'une part d'augmenter la glycémie (en diminuant l'utilisation

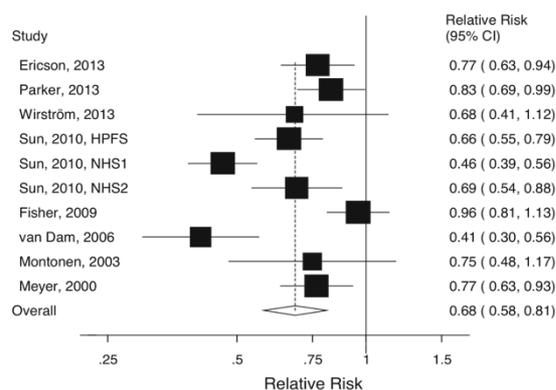
du glucose et en augmentant la néoglucogénèse hépatique) ; et pouvant engendrer d'autre part, après peroxydation lors de la cuisson, un stress oxydant et une augmentation des composés pro-inflammatoires. L'effet peut également être lié à la présence de métaux lourds et dioxines.

En outre, bien que selon l'agence, le lait et les produits laitiers soient associés à une baisse du risque de DT2 avec un niveau de preuve « probable », le régime végétalien ne semble pas moins efficace et semble même plus efficace que le régime végétarien, pour diminuer le risque de DT2.

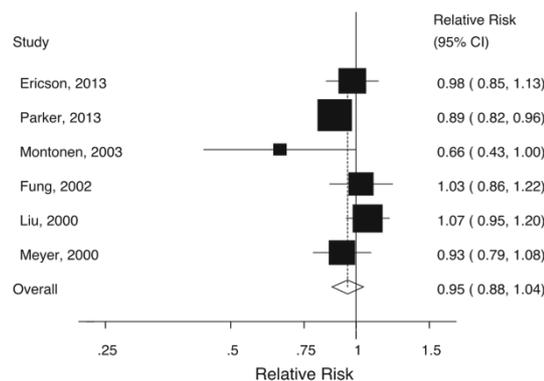
Par ailleurs, les études observationnelles et les essais cliniques ont montré que les régimes riches en céréales complètes, légumes et fruits, légumineuses et graines oléagineuses, pourraient réduire le risque de DT2 et améliorent le contrôle de la glycémie et de la lipidémie chez le patient diabétique (148). Ces aliments sont largement consommés dans les régimes végétariens.

Par exemple, Aune et son équipe ont réalisé une méta-analyse à partir de 16 études prospectives et montrant qu'un régime alimentaire à base de céréales complètes est associé à un plus faible risque de DT2, même après ajustement sur l'IMC (149). Avec trois portions de céréales par jour, le risque relatif de développer un diabète (après ajustement sur l'IMC) est de 0,68 (95% IC : 0.58–0.81) pour les céréales complètes (pain complet, céréales complètes, riz brun, son de blé) et de 0,95 (95% IC : 0.88–1.04) pour les céréales raffinées (Figure 27). Le risque relatif diminue quand la consommation de céréales complètes augmente jusqu'à trois portions par jour ; à partir de quatre portions par jour de céréales complètes, il augmente à légèrement (Figure 27). L'étude montre par ailleurs que la consommation de riz blanc est associée au contraire avec une augmentation du risque de DT2.

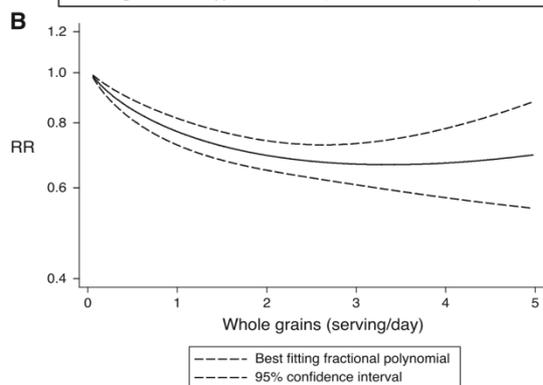
**A** Whole grains and type 2 diabetes, dose-response, per 3 servings/d



**A** Refined grains and type 2 diabetes, dose-response, per 3 servings/d



**B** Whole grains and type 2 diabetes, nonlinear dose-response



**B** Refined grains and type 2 diabetes, nonlinear dose-response

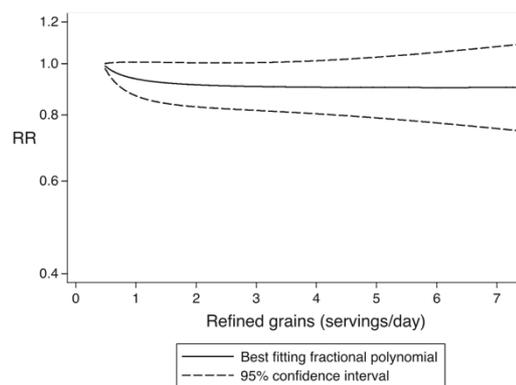


Fig. 2 Whole grains and type 2 diabetes. Summary estimates were calculated using a random-effects model

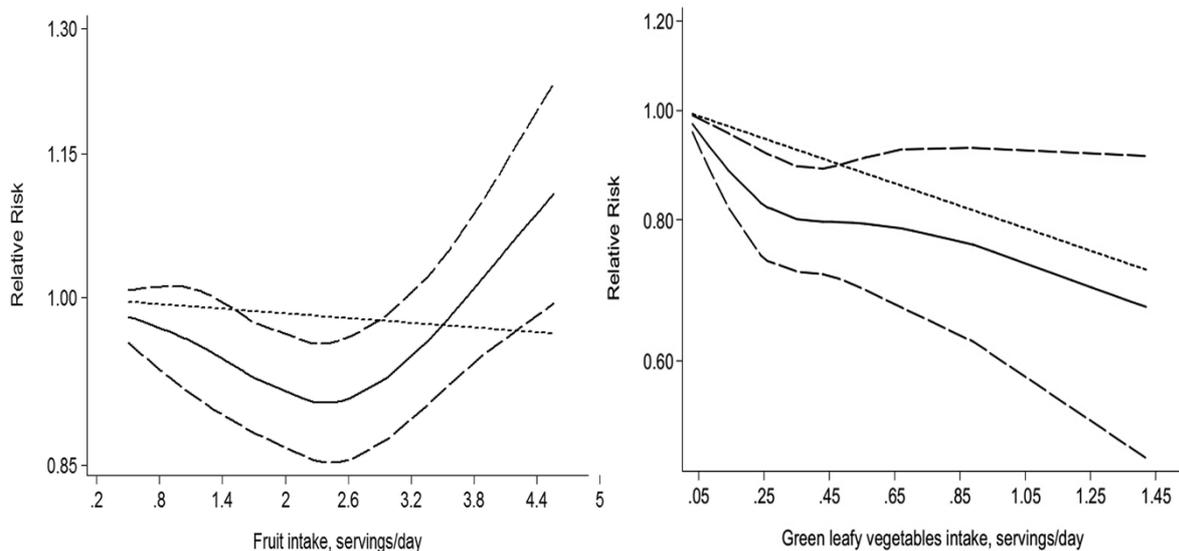
Fig. 3 Refined grains and type 2 diabetes. Summary estimates were calculated using a random-effects model

**Figure 27 :** (A) : Risque relatif (RR) de développer un DT2 avec une consommation de trois portions par jour de céréales complètes (en haut à gauche) ou de céréales raffinées (en haut à droite) ; (B) : Risque relatif (RR) de développer un DT2 en fonction du nombre de portions consommées de céréales complètes (en bas à gauche) ou de céréales raffinées (en bas à droite). Ces résultats ont été calculés après ajustements sur l'IMC.

Source : Aune et al., 2013 (149)

Une méta-analyse d'études prospectives publiée par Li et son équipe en 2014 (150) montre qu'un apport raisonnable en fruits (en dessous de 2,4 portions par jour) et qu'un apport en légumes verts, sont associés à une diminution significative du risque de DT2. Par exemple, une consommation d'une portion de fruits par jour est associée avec une diminution de 6 % du risque de développer un DT2 (RR = 0.94; 95% IC : 0.89–1.00) (Figure 28). ; une consommation de 0,2 portion soit environ 20 g (dans cette étude, 1 portion = 106 g) de légumes à feuilles vertes par jour est associée à une diminution de 13 % du risque (RR = 0.87; 95% IC : 0.76–0.99) (Figure 28). Le risque continue de diminuer si on augmente les quantités : par exemple, une portion d'environ 150 g de légumes à feuilles vertes (soit 1,45 portion) par jour est associée à

une diminution d'environ 30 % du risque de développer un DT2 (Figure 28). En revanche, l'association n'est pas significative entre la consommation de légumes et le risque de DT2.



**Figure 28** : Risque relatif (RR) de développer un DT2 en fonction du nombre de portions de fruits (à gauche) ou de légumes verts (à droite) consommés par jour.

Source : Li et al., 2014 (150)

Pan et son équipe (151) se sont intéressées à l'association entre la consommation régulière de noix et autres graines oléagineuses et la survenue du DT2, en étudiant deux larges cohortes de près de 140 000 femmes dans l'étude Nurses' Health Study I and II. Les chercheur-se-s ont mené une étude prospective chez ces femmes initialement exemptes de diabète, MCV ou cancer, et ont mesuré l'incidence de survenue d'un DT2, pendant la période de suivi de 10 ans. Leurs résultats montrent notamment que pour une consommation de trois portions de graines oléagineuses par jour, le risque de développer un DT2 est diminué de 33 % (HR = 0.67; 95% IC : 0.54–0.82) ; après ajustement de l'IMC il reste diminué de 24 % (HR = 0.76; 95 % IC : 0.62–0.94). Chez les femmes, une forte consommation régulière de graines oléagineuses serait donc corrélée négativement avec la survenue d'un DT2, ce qui peut en partie être expliqué par l'IMC, mais d'autres mécanismes entrent en jeu.

Les légumineuses, qui sont des aliments à index glycémique bas, peuvent réduire la glycémie postprandiale après le repas durant lequel elles sont consommées, mais également lors du prochain repas (152) : c'est l'« effet second repas ». Par exemple, des aliments à index

glycémiques bas tels que les légumineuses, consommés au dîner, diminuent la glycémie postprandiale au petit-déjeuner suivant (Figure 29) (153).



FIG 1. Blood glucose responses ( $\bar{x} \pm$  SEM) of normal subjects to dinners containing either lentils or glucose (left;  $n = 4$ ) and to 50 g oral glucose taken on the next morning (right;  $n = 5$ ).

**Figure 29** : « Overnight second meal effect » : Réponse glycémique postprandiale après un dîner et après le petit-déjeuner standard suivant, chez des sujets sains ( $n=21$ ) ayant consommé au dîner des lentilles (index glycémique bas, représenté par o), ou bien du glucose (index glycémique élevé, représenté par ●).

Source : Wolever et al., 1998 (153)

Toutes ces études ont été réalisées parmi la population occidentale, mais récemment des chercheur-se-s ayant mené une étude expérimentale randomisée chez des hommes chinois ont montré que cet « effet second repas » pourrait également être observé parmi la population asiatique (154). Cependant l'échantillon de cette étude est faible ( $n=11$ ) et l'étude n'a pas été réalisée en double aveugle. Au vu de la capacité des légumineuses à diminuer la glycémie, au moins chez la population occidentale, ces dernières pourraient être bénéfiques à la gestion du diabète.

#### E) Bénéfices des alimentations végétariennes sur les cancers

*1/ Études épidémiologiques comparant l'effet des régimes végétariens et du régime non-végétarien sur les cancers*

Une méta-analyse de 7 études observationnelles publiées avant septembre 2011 (n=124 706), menée par Huang et son équipe (133), rapporte que les régimes végétariens (au sens large, incluant le régime végétalien) sont associés à une diminution de 18 % (RR : 0.82; 95% CI : 0.67–0.97) de l'incidence de cancers (toute localisation confondue), comparés au régime non-végétarien.

Une étude observationnelle publiée par Tantamango et son équipe en 2013, s'est intéressée à l'incidence des cancers – toutes localisations confondues – chez les participant·e·s de l'AHS2 (n=69 120) (155). Les régimes végétariens (au sens large, incluant le régime végétalien) sont associés à une diminution de 8 % du risque de cancers toutes localisations confondues (HR : 0.92 ; 95% IC : 0.85–0.99) et plus particulièrement à une diminution de 24 % du risque de cancer gastro-intestinal (HR : 0.76; 95% IC : 0.63–0.90), chez les hommes et les femmes confondues. En outre, parmi les divers régimes végétariens étudiés, le régime végétalien est dans cette dernière étude celui qui offre la meilleure protection : le risque de cancers toutes localisations confondues est ainsi diminué de 16 % chez les participant·e·s végétalien·ne·s (HR : 0.84 ; 95% IC : 0.72–0.99).

Une autre étude observationnelle menée par Tantamango et son équipe sur les participant·e·s de l'AHS2 (n=26 346) et publiée en 2015 (156) montre que le régime végétalien (mené par 8 % des participant·e·s) est associé à une diminution de 35 % du risque de cancer de la prostate (HR : 0.65; 95% IC : 0.49–0.85). Chez les végétarien·ne·s, la diminution du risque est moins marquée (diminution de 0 à 20 % en fonction de l'origine ethnique). Après ajustement sur l'IMC, toutes ces associations restent les mêmes.

La méta-analyse de Dinu et son équipe, réalisée à partir de 86 études transversales et 10 études prospectives de cohorte et publiée en 2017 (139), montre que l'incidence de cancers toutes localisations confondues est diminuée de 8 % (RR = 0.92; 95% IC : 0.87–0.98) chez la population végétarienne (au sens large, incluant la populations végétalienne), en comparaison avec la population non-végétarienne. En particulier, le régime végétalien est associé à une diminution de 15 % (RR = 0.85; 95% IC : 0.75–0.95) de l'incidence de cancers toutes localisations confondues.

En conclusion, les régimes végétariens (au sens large), semblent fortement associés à un risque diminué de cancers toutes localisations confondues. Ils pourraient notamment être associés à un risque diminué de cancer gastro-intestinal et à un risque diminué de cancer de la prostate. Parmi les différents régimes végétariens, le régime végétalien est d'après les études celui qui confère la meilleure protection, en particulier contre le risque de cancers toutes localisations confondues et de cancer de la prostate (pas d'étude du lien entre le végétalisme en le cancer gastro-intestinal).

## *II/ Mécanismes et facteurs protecteurs à l'origine des bénéfices des régimes végétariens sur les cancers*

L'IMC plus faible associé à ces régimes alimentaires pourrait conférer une protection contre les cancers : comme nous l'avons vu également, le surpoids et l'obésité sont des facteurs de risque pour de nombreux cancers, d'après l'INCa. Par exemple, le niveau de preuve du lien entre le surpoids et les cancers est jugé « convaincant » pour le cancer du côlon-rectum ou du sein (après la ménopause) et « probable » pour le cancer de la prostate au stade avancé (68).

Ensuite, l'effet protecteur de ces régimes pourrait en partie être lié l'exclusion de viandes : comme nous l'avons vu dans le chapitre 3 de la première partie, l'OMS a classé les viandes hors volaille et les viandes transformées respectivement comme étant cancérigènes « probables » et cancérigènes (73). Cet effet cancérigène pourrait notamment être lié selon l'ANSES (ces mécanismes sont davantage détaillés dans le chapitre 3 de la première partie) au fer hémique, aux amines hétérocycliques et hydrocarbures aromatiques polycycliques, aux acides gras *trans*, ou encore à un virus d'origine bovine, pour le cancer colorectal (48). Pour les viandes transformées, selon l'ANSES, à ces composés s'ajoutent l'effet cancérigène des nitrates et nitrites, qui sont souvent rajoutés (48).

Le poisson cuit à forte température, salé ou fumé serait associée à une augmentation du risque de cancer de la prostate, avec un niveau de preuve « limité » mais suggestif, d'après l'ANSES (48). Cet effet pourrait être lié selon l'agence à la présence d'amines hétérocycliques (produites par une cuisson intense et/ou prolongée des poissons ou par des procédés de transformation) (48).

Comme nous l'avons également vu dans le chapitre 3 de la première partie, le lait pourrait être un facteur protecteur pour le cancer colorectal, avec un niveau de preuve « probable », d'après l'INCa (68) mais le fromage pourrait à l'inverse augmenter le risque de cancer colorectal, d'après le WCRF (72). Sauf erreur, il n'existe pas d'étude s'intéressant au lien entre le végétalisme et le cancer colorectal.

Le lait ainsi que les produits laitiers pourraient augmenter le risque de cancer de la prostate avec un niveau de preuve « suggéré » selon l'INCa (68) et « probable » selon le WCRF (72). Ceci pourrait en partie expliquer la plus grande efficacité du végétalisme comparé au végétarisme, pour diminuer le risque de cancer de la prostate.

Par ailleurs, selon le WCRF, les études épidémiologiques montrent que la consommation de légumes, de fruits, de céréales complètes et de légumineuses est associée à une diminution du risque de cancers (157).

Par exemple, les fruits et légumes sont considérés par l'INCa comme des facteurs protecteurs pour les cancers des VADS (bouche, pharynx, larynx et œsophage) et de l'estomac avec un niveau de preuve « probable » ; l'effet protecteur est également « suggéré » pour le cancer du côlon-rectum et du nasopharynx. Les fruits et les légumes seraient également des facteurs protecteurs pour le cancer du poumon, l'effet étant « probable » pour les fruits, et « suggéré » pour les légumes (68).

La consommation accrue de fibres dans les régimes végétariens, pourraient également expliquer en partie la diminution du risque de cancers : Les données de l'EPIC-Oxford Study montrent une réduction de 25 % de l'incidence de cancer colorectal, entre les sous-populations consommant le plus de fibres et celles en consommant le moins (158). Les fibres alimentaires sont considérées par l'INCa comme des facteurs protecteurs pour le cancer du côlon-rectum avec un niveau de preuve « convaincant » et pour le cancer du sein (avant comme après la ménopause) avec un niveau de preuve « probable » (68).

De nombreux autres composés, comme l'acide férulique, la curcumine, le resvératrol, le lycopène, la quercétine, la génistéine, que l'on trouve dans les légumes, fruits, céréales

complètes et légumineuses, semblent également apporter une protection contre les cancers (159) (160).

#### F) Relations établies entre les alimentations végétariennes et le risque de mortalité toutes causes confondues

Deux importantes études observationnelles, dont une menée sur la cohorte AHS2 (134) et une menée sur la cohorte EPIC-Oxford (161), se sont intéressées au risque de mortalité toutes causes confondues à la fois chez les populations végétarienne et végétalienne (162).

Orlish et son équipe ont étudié le lien entre différents régimes alimentaires et l'espérance de vie des participant·e·s à l'AHS2. Les résultats ont été publiés en 2013 par dans le Journal of the American Association (JAMA) (134). Pour rappel dans cette étude, 73 308 personnes ont été suivies aux États-Unis et aux Canada, pendant une durée moyenne de 5,8 ans. 48 % d'entre elles étaient non-végétariennes, 29 % ovo-lacto-végétariennes, 10 % pesco-végétariennes et 8 % étaient végétaliennes. La durée moyenne d'adhésion des participant·e·s à ces régimes est de 21 ans pour les sujets végétaliens, 39 ans pour les végétariens et 48 ans pour les non-végétariens. Les résultats montrent que les personnes végétariennes (au sens large, incluant les personnes végétaliennes) ont un plus faible risque de mortalité toutes causes confondues (Hazard Ratio HR = 0.88; 95% IC : 0.80–0.97), comparées aux personnes non-végétariennes, après divers ajustements : âge, sexe, origine ethnique, tabac, exercice physique, revenu, niveau d'éducation, statut marital, consommation d'alcool, région, traitement hormonal chez la femme. L'Hazard Ratio après ajustements est de 0.85 (95% IC : 0.73–1.01) chez les personnes végétaliennes ; 0.91 (95% IC : 0.82–1.00) chez les personnes (lacto-ovo-)végétariennes ; 0.81 (95% IC : 0.69–0.94) chez les pesco-végétariennes ; et de 0.92 (95% IC : 0.75–1.13) chez les semi-végétariennes, par comparaison avec les personnes non-végétariennes, hommes et femmes confondues. Ces bénéfices sont plus marqués chez les hommes que chez les femmes. Le suivi relativement court des participant·e·s (5,8 ans) est une limite à cette étude.

Dans une étude menée en 2016 par Appleby, portant sur l'analyse de deux cohortes anglaises et notamment la cohorte de l'EPIC-Oxford (n=60 310), il n'y a pas de corrélation significative

entre le risque de mortalité toutes causes confondues et le régime alimentaire (végétarien au sens large, semi-végétarien, pesco-végétarien, ou non-végétarien), dû à la trop grande hétérogénéité des résultats (161).

Pour Walsh et son équipe, la cause la plus probable qui pourrait expliquer les résultats discordants entre ces deux cohortes est la différence d'apport en vitamine B12 chez les participant·e·s au sein de ces deux (162) : dans la cohorte américaine (AHS2), une étude a mis en évidence des taux plasmatiques normaux de vitamine B12 chez les végétariens et végétaliens (163), alors qu' au sein de la cohorte anglaise (EPIC-Oxford *Study*), une étude a montré que 52 % des sujets végétaliens présentaient des taux plasmatiques de vitamine B12 inférieurs à 118 pmol/L et des taux élevés d'homocystéine (164) (162). L'apport moyen en vitamine B12 au sein de la cohorte AHS2 a été mesuré et est élevé (6 µg/j). Ceci peut être expliqué parce que d'une part, les apports recommandés en vitamine B12 sont plus élevés aux États-Unis (2,4 µg/j aux États-Unis contre 1,5 µg/j en Angleterre) ; d'autre part, les aliments préparés à destination des végétarien·ne·s ou les « laits » végétaux, sont largement supplémentés en vitamine B12 aux États-Unis (environ 1 µg de vitamine B12 pour 100 mL de « lait » végétal), en comparaison avec l'Europe (162).

En conclusion, les études qui relient les alimentations à dominance végétale et l'espérance de vie sont encore limitées parce que peu nombreuses et discordantes. Elles ne permettent pas de conclure sur une corrélation entre le risque de mortalité toutes causes confondues et les régimes à dominance végétale.

## Chapitre 4 : Le cas des pays en développement : autres défis nutritionnels à prendre en compte et rôle des protéines végétales pour augmenter la sécurité alimentaire

Dans les pays les plus développés, le principal défi nutritionnel du 21<sup>ème</sup> siècle consiste à diminuer la prévalence de maladies civilisationnelles, que sont le surpoids/obésité et les maladies chroniques qui peuvent y être liées : les cancers, le diabète et les MCV. Les alimentations végétariennes et végétaliennes, si elles sont bien menées, n'engendrent pas de carence nutritionnelle, d'après plusieurs grands organismes officiels nationaux (notamment l'USDA aux États-Unis, ou la NHS au Royaume-Uni). En outre, comme on vient de le voir également, les preuves selon lesquelles elles pourraient diminuer le risque de ces maladies civilisationnelles deviennent de plus en plus manifestes. Les alimentations végétariennes et végétaliennes, bien-menées, pourraient donc être envisagées comme une réponse possible au défi nutritionnel du 21<sup>ème</sup> siècle des pays les plus développés.

Dans les pays en développement (à revenu faible ou intermédiaire), nous allons voir que le problème est en revanche beaucoup plus complexe que dans les pays développés.

### A) « Double fardeau » des pays en développement

Dans les pays en développement, sont susceptibles de coexister deux formes de malnutrition à la fois :

- le surpoids, l'obésité et les maladies chroniques liées à l'alimentation ;
- la dénutrition, ainsi que la malnutrition en matière de micronutriments (en particulier le manque de vitamines et de minéraux essentiels).

On parle ainsi de « double charge de morbidité » ou encore de « double fardeau ».

#### *1/ Surpoids/obésité et maladies chroniques liées à l'alimentation*

Les facteurs de risque liés au développement des problèmes de surpoids/obésité ainsi que les maladies chroniques qui y sont liées, s'accroissent dans les pays en développement, notamment en milieu urbain. En effet, la nourriture est souvent riche en macronutriments

énergétiques que sont les lipides et les sucres (nourriture moins onéreuse) et en sel, mais pauvre en micronutriments. Dans les pays en développement, les facteurs de risque en rapport avec le régime alimentaire (dont l'obésité et l'inactivité), interviennent selon l'OMS dans un décès sur cinq, soit environ la même fréquence que dans les pays les plus développés (165).

Ces maladies chroniques peuvent être dans ces pays très difficiles à traiter, parce que les ressources sont limitées et les systèmes de santé sont souvent surchargés.

## *II/ Dénutrition et malnutrition en matière de micronutriments*

La dénutrition comprend l'émaciation (faible rapport poids/taille), le retard de croissance (faible rapport taille/âge) et l'insuffisance pondérale (faible rapport poids/âge).

La dénutrition, qui sévit dans les pays en développement, contribue à une mortalité précoce des mères, des nourrissons et des jeunes enfants. La dénutrition chez la mère et l'enfant est ainsi responsable de plus de 11 % de la charge mondiale de morbidité dans le monde.

La malnutrition est la cause sous-jacente de 35 % des décès d'enfants âgés de moins de 5 ans. Le manque de certains micronutriments essentiels nuit également au développement physique et cérébral des jeunes. En outre, le fer, la vitamine A, l'iode, sont les micronutriments les plus préoccupants pour la santé publique à l'échelle mondiale, surtout chez les enfants et les femmes des pays à revenus faibles. Dans le monde, d'après les chiffres de l'OMS, environ 33 % (613 millions) des femmes en âge de procréer et 47,4 % (293 millions) des enfants d'âge préscolaire souffrent d'anémie ; 33,3 % (190 millions) des enfants d'âge préscolaire dans le monde souffrent d'une carence en vitamine A (166).

Les personnes qui ont peu de ressources sont plus susceptibles d'être touchées par différentes formes de malnutrition. En outre, la malnutrition augmente les dépenses en soins de santé, réduit la productivité et ralentit la croissance économique, ce qui peut alimenter un cercle vicieux de pauvreté et de mauvaise santé.

La coexistence de ces différentes formes de malnutrition dans les pays en développement peut être expliquée par la rapidité avec laquelle la transition nutritionnelle s'est opérée dans ces pays : alors que la transition nutritionnelle française s'est par exemple déroulée en deux étapes distinctes, au cours des XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècles, celle de la Chine, d'ampleur comparable, se caractérise par la superposition des deux étapes en moins de cinquante ans (167).

Le défi nutritionnel du 21<sup>ème</sup> siècle est donc double pour les pays en développement et plus complexe que dans les pays à haut revenu. Il consiste à :

- diminuer le surpoids/obésité et les maladies chroniques liées, d'une part ;
- augmenter la sécurité alimentaire – c'est-à-dire garantir la disponibilité et l'accès à une nourriture satisfaisante, pour tout le monde – et diminuer la dénutrition et les carences, d'autre part.

## B) Insécurité alimentaire dans les pays en développement

### *1/ Évolution de l'insécurité alimentaire*

Avant l'année 2016, la proportion de la population mondiale en insécurité alimentaire diminuait constamment depuis plus d'une décennie, en particulier en Amérique latine, Asie de l'Est et du Sud-Est : 785 millions de personnes étaient concernées en 2015, soit 21 % de moins par rapport aux années 1990-1992 (168) (169). En revanche, la population touchée par l'insécurité alimentaire en Afrique centrale et de l'Ouest était toujours en augmentation (11).

D'après le dernier rapport annuel de la FAO sur la sécurité alimentaire mondiale (rapport de 2017, auquel se sont jointes pour la première fois l'UNICEF et l'OMS), la faim dans le monde progresse de nouveau, touchant 815 millions de personnes en 2016 (520 millions en Asie, 243 millions en Afrique, 42 millions en Amérique latine et Caraïbes) soit 11 % de la population mondiale et 38 millions de personnes de plus par rapport à l'année précédente (170).

Dans le même temps, de multiples formes de malnutrition menacent la santé de millions de personnes dans le monde.

## *II/ Causes de l'insécurité alimentaire*

Les causes principales de cette augmentation soudaine en 2016 de la faim dans le monde et des différentes formes de malnutrition sont selon le rapport de la FAO la prolifération des conflits violents ainsi que les changements climatiques (170). Ainsi, sur les 815 millions de personnes souffrant de la faim dans le monde, 489 millions vivent dans des pays touchés par des conflits. Les proportions les plus élevées d'enfants en situation de précarité alimentaire et de malnutrition dans le monde sont maintenant concentrées dans les zones de conflit. En outre, les conflits dans le monde sont de plus en plus aggravés par les changements climatiques, d'après la FAO (170).

Mais même dans des régions plus pacifiques, les sécheresses ou les inondations provoquées en partie par le phénomène météorologique El Niño, ainsi que le ralentissement économique mondial, ont détérioré la sécurité alimentaire et la nutrition, d'après la FAO (170).

Le gaspillage alimentaire est également une cause importante d'insécurité alimentaire. Selon la FAO, dans le monde, un tiers de la nourriture produite pour l'alimentation humaine est perdue ou gaspillée (171). Le gaspillage alimentaire touche les pays les plus développés (où le gaspillage a lieu à l'étape de consommation) comme les pays les moins développés (où le gaspillage a lieu à l'étape de la production ou du transport) (171).

L'insécurité alimentaire est donc multifactorielle et les causes en sont nombreuses et interdépendantes. Elles sont notamment liées à la géopolitique des pays. C'est pourquoi, l'ambition de cette thèse ne sera pas de montrer que les alimentations végétariennes peuvent être une réponse au défi alimentaire des pays en développement. Cependant, nous étudierons en quoi les alternatives aux protéines animales, en particulier les légumineuses, peuvent améliorer la sécurité alimentaire dans le monde.

### *C) Les légumineuses, outil d'amélioration important de la sécurité alimentaire*

D'après la FAO, « les légumineuses peuvent contribuer à éliminer la faim et la malnutrition dans le monde » (172). Elles jouent ainsi un rôle central dans l'amélioration de la sécurité

alimentaire (ANNEXE 18; ANNEXE 19). Les raisons en sont nombreuses, d'après l'organisation (173) :

- elles présentent des intérêts économiques aussi bien pour l'agriculteur que pour le consommateur ;
- elles sont faciles à cultiver et peuvent pousser dans des zones arides et sur terres marginales ;
- elles permettent de diminuer le gaspillage alimentaire ;
- elles s'inscrivent dans une agriculture durable et permettent d'atténuer les effets des changements climatiques.

#### *I/ Double intérêt économique des légumineuses*

D'après la FAO, les légumineuses présentent un intérêt pour le consommateur comme pour le producteur. Pour le consommateur, les légumineuses ont l'avantage d'être plus abordables que les POA (aussi bien la viande et le poisson que les produits laitiers). Ces derniers peuvent être difficilement accessibles dans les pays pauvres. La raison en est que les légumineuses coûtent moins cher à cultiver, parce qu'elles ne nécessitent pas d'engrais azotés. Par ailleurs, lorsque les légumineuses poussent en polyculture ou en rotation avec d'autres cultures, les paysans constatent généralement que les rendements sont plus importants aussi bien pour les légumineuses que pour les autres cultures. Ce faisant, ils réduisent aussi leur vulnérabilité aux mauvaises récoltes. Les haricots secs par exemple peuvent se vendre quatre fois plus cher que le blé sur les marchés, ce qui renforce la sécurité alimentaire des agriculteurs. Aussi, les agriculteurs peuvent consommer ou vendre les légumineuses qu'ils produisent, ce qui renforce la sécurité alimentaire et la stabilité économique du ménage (173).

#### *II/ Facilité de culture : adaptation des légumineuses aux climats extrêmes et aux terres marginales*

Les cultures de légumineuses nécessitent généralement moins d'eau que les autres cultures. En outre, leur grande diversité génétique permet de sélectionner les variétés qui résistent à des climats extrêmes et qui peuvent pousser sur des terres marginales. Par exemple, des

espèces à enracinement profond comme le pois cajan (*Cajanus cajan* (L.) Huth), le pois bambara (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) et les lentilles (*Lens culinaris* Medik.), ont la capacité de résister à la sécheresse et peuvent être cultivées dans des climats arides (où les précipitations sont rares ou irrégulières). Les cultures de légumineuses sont donc moins sensibles à des phénomènes climatiques ou météorologiques, comme des sécheresses ou des inondations, et contribuent ainsi à la sécurité alimentaire des communautés rurales et en particulier dans les zones arides (173).

Les légumineuses peuvent également fournir de l'eau souterraine à d'autres plantes en culture intercalaire (cultures de plusieurs espèces en larges bandes, dans un même champ) (173) (174) : les habitants des zones rurales peuvent ainsi intensifier leur système de production de façon durable en ayant recours à des légumineuses adaptées aux contraintes locales (173).

### *III/ Réduction du gaspillage alimentaire*

Comme nous l'avons vu, le gaspillage alimentaire est une des principales causes de l'insécurité alimentaire dans le monde.

Contrairement aux POA, les légumineuses peuvent se conserver sur de très longues périodes, allant jusqu'à plusieurs années sans perdre leurs qualités nutritionnelles, si elles sont placées dans un emballage sec et étanche. Avant d'être cuisinées, le gaspillage de légumineuses est alors très faible. En outre, les légumineuses ont la particularité de pouvoir entrer en germination même après avoir été stockées sur une très longue période, ce qui permet aux agriculteurs de replanter les récoltes qui n'ont pas été vendues, lors des campagnes agricoles suivantes (173).

### *IV/ Agriculture durable et atténuation des changements climatiques*

Comme nous l'avons vu, selon le dernier rapport de la FAO sur la sécurité alimentaire, les changements climatiques augmentent l'insécurité alimentaire (170).

D'une part, la grande diversité génétique des légumineuses permet de sélectionner les variétés résilientes au climat et donc de s'adapter aux changements climatiques. D'autre part, la capacité des légumineuses à fixer l'azote, améliore la qualité et la biodiversité des sols (ANNEXE 20) (175) et produit une faible empreinte carbone (ANNEXE 21) (176).

#### *V/ Intérêt pour lutter contre la malnutrition*

Dans les pays en développement, comme nous l'avons vu, la malnutrition est souvent due à un apport insuffisant en fer (173) (177).

Les légumineuses sont une source importante de fer, ainsi que de protéines et autres micronutriments comme le zinc, le calcium, le potassium, le magnésium, ou les vitamines B. La biodisponibilité du fer peut être augmentée en consommant de la vitamine C ; la digestibilité et l'absorption des minéraux peuvent être améliorées par 4 à 8 heures de trempage, qui permet de réduire le taux de phytates (ANNEXE 22 ; ANNEXE 23) (178) (179).

#### *D) Promotion de la consommation de légumineuses par la FAO*

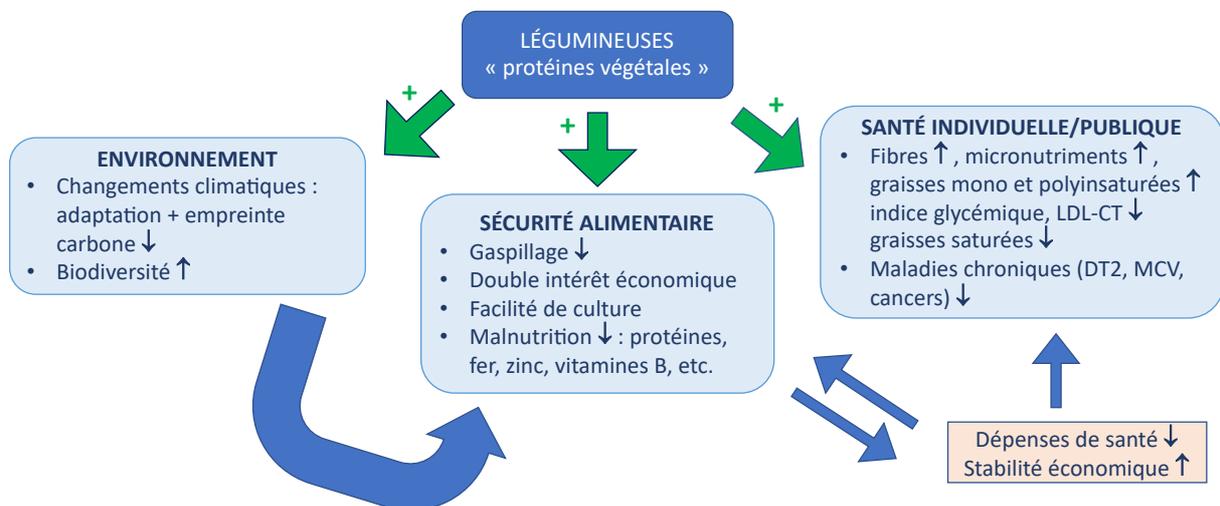
L'amélioration de la sécurité alimentaire, les intérêts nutritionnels (richesse en protéines, fibres et micronutriments comme le fer, le zinc, les vitamines B, la pauvreté en LDL- cholestérol et en graisses saturées, la richesse en graisses mono- et polyinsaturées, l'indice glycémique faible, etc.) et pour la santé (diminution des risques de maladies non transmissibles), ainsi que les intérêts environnementaux (agriculture durable et atténuation des changements climatiques), ont conduit la 68<sup>ème</sup> assemblée générale de l'ONU à proclamer 2016 l'année des légumineuses (AIL). L'AIL 2016 avait notamment pour but de sensibiliser l'opinion publique aux avantages nutritionnels des légumineuses et la FAO a publié à cette occasion un rapport intitulé « Les légumineuses : des graines nutritives pour un avenir durable » (180).

En effet, malgré les avantages des légumineuses, leur consommation est en déclin dans le monde entier. D'une part, les populations tendent à abandonner leurs coutumes alimentaires traditionnelles dès que d'autres produits deviennent disponibles et accessibles, et d'autre

part, l'augmentation des revenus conduit les populations à augmenter leur consommation de POA, comme nous l'avons déjà vu dans la première partie de cette thèse.

Tenant compte des différentes réalités socio-économiques, la FAO a élaboré une série de mesures servant à rendre les légumineuses plus attrayantes et accessibles et à aborder les nouvelles tendances de la consommation (181). En 2017, l'organisation a appelé à poursuivre les efforts pour promouvoir la consommation de légumineuses, afin de réaliser les objectifs de développement durable et d'augmenter la sécurité alimentaire. Elle a récemment mis en place une base de données de composition alimentaire des légumineuses, qui fournit les valeurs nutritionnelles pour les légumes secs (182). De nombreuses fiches téléchargeables, destinées à promouvoir les légumineuses, sont disponibles sur son site (183).

La figure suivante résume les intérêts pour les pays en développement, à favoriser le remplacement les « protéines animales » par des légumineuses ou « protéines végétales » (Figure 30).



**Figure 30** : Schéma résumant les intérêts pour les pays en développement, à favoriser le remplacement les « protéines animales » par des légumineuses ou « protéines végétales ».

En conclusion de cette deuxième partie, les problématiques nutritionnelles mondiales vont probablement perdurer autour de deux axes majeurs : d'une part, le surpoids/obésité et maladies chroniques ou « civilisationnelles » associées, et ce quel que soit le niveau de

développement du pays ; l'insécurité alimentaire (dans les pays à faible revenu), d'autre part. Aujourd'hui, les maladies chroniques représentent déjà 70 % des décès dans le monde, dont 80 % sont dues à quatre groupes de maladies : les maladies cardiovasculaires, les cancers, les maladies respiratoires chroniques et le diabète. L'insécurité alimentaire a touché 815 millions de personnes en 2016, soit 11 % de la population mondiale et 38 millions de personnes de plus par rapport à l'année précédente.

Les études disponibles permettent de conclure à un lien de plus en plus fort entre les alimentations végétarienne et végétalienne et la diminution des quatre principaux facteurs de risque associés à ces maladies : le surpoids/obésité, l'hypertension artérielle, l'hyperlipidémie, l'hyperglycémie/insulino-résistance. Les études permettent également de conclure à un lien de plus en plus fort entre les alimentations végétarienne et végétalienne et un risque significativement diminué de maladies chroniques : diabète de type 2, maladies cardiovasculaires, cancers toutes localisations confondues, et en particulier le cancer colorectal et de la prostate. En ce qui concerne les maladies pour lesquelles les différents types d'alimentation végétariennes ont été différenciées et comparées, les études montrent que le végétalisme pourrait être plus efficace que le végétarisme pour diminuer le risque de ces maladies : c'est le cas pour le surpoids/obésité, l'hypertension artérielle, le diabète de type 2, les cancers toutes localisations confondues, et le cancer de la prostate. Par ailleurs, les légumineuses sont un outil d'amélioration majeur de la sécurité alimentaire, pour les pays à faible revenu. Les plus grands organismes nationaux officiels (notamment, l'USDA et la NHS) et les plus grandes associations de santé (comme l'ADA ou la BDA), estiment que si elles sont bien menées, les alimentations végétarienne et végétalienne ne présentent pas de risque carenciel et ne sont pas délétères pour la santé des populations, quel que soit l'âge et l'étape de la vie. Les alimentations végétarienne et végétalienne bien conduites peuvent donc être envisagées comme une réponse possible au défi nutritionnel actuel et futur dans les pays développés.

Nous verrons dans la prochaine partie de cette thèse quels sont les nutriments les plus à risque dans ces alimentations et quelles sont les précautions à prendre pour éviter le risque carenciel et maximiser les bénéfices de ces alimentations pour la santé.



# TROISIÈME PARTIE : COMMENT ADOPTER UNE ALIMENTATION VÉGÉTARIENNE OU VÉGÉTALIENNE ÉQUILBRÉE ET RÔLE DES PROFESSIONNEL·LE·S DE SANTÉ

## Chapitre 1 : Les besoins nutritionnels de l'organisme humain

### A) Définition des besoins nutritionnels

Il existe deux types de nutriments, indispensables à l'organisme humain : les macronutriments énergétiques, regroupant les protéines, les lipides, les glucides ; et les micronutriments, regroupant les vitamines et les sels minéraux (macro-éléments et oligo-éléments).

Les besoins nutritionnels correspondent à la quantité de chacun des nutriments et à la quantité d'énergie (apportée par les macronutriments) nécessaires pour assurer l'entretien, le fonctionnement métabolique et la physiologie d'une personne en bonne santé. Ces besoins intègrent ceux liés à la thermorégulation et à l'activité physique. À ces besoins de base s'ajoutent également les besoins nécessaires pendant certaines périodes de la vie (croissance, grossesse, allaitement, vieillissement) ou lors de certaines pathologies.

### B) Notion d'essentialité

Parmi les divers nutriments absorbés par l'organisme humain on peut distinguer les nutriments essentiels, les nutriments semi-essentiels, et les nutriments non essentiels.

#### *1/ Nutriments essentiels (ou indispensables)*

Les nutriments essentiels sont des nutriments devant être obligatoirement apportés par l'alimentation. En effet, l'organisme humain est incapable de les synthétiser, du fait de l'absence de gènes correspondant aux enzymes nécessaires. Ils ne peuvent pas être remplacés par d'autres nutriments, ni formés à partir d'autres nutriments. Ce sont les nutriments suivants :

- les acides aminés essentiels : leucine, isoleucine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, lysine, valine, méthionine ; auxquels se rajoute l’histidine chez le nourrisson ;
- les acides gras essentiels : l’acide linoléique (LA) et l’acide alpha-linoléique (ALA) ;
- les oligo-éléments et les macro-éléments minéraux ;
- certaines vitamines.

## *II/ Nutriments semi-essentiels (ou conditionnellement indispensables)*

La synthèse des nutriments semi-essentiels est possible par l’organisme humain (entièrement, ou bien à partir de précurseurs présents dans l’alimentation). Mais dans certaines situations physiologiques ou pathologiques, la synthèse par l’organisme peut ne pas être suffisante : un apport alimentaire est alors nécessaire pour un fonctionnement optimal de l’organisme. C’est par exemple le cas de la cystéine chez l’enfant prématuré, ou de la vitamine D si l’exposition au soleil n’est pas suffisante pour couvrir les besoins de l’organisme.

## *III/ Nutriments non essentiels*

Les nutriments non-essentiels sont synthétisés en quantité suffisante par l’organisme humain, quelque soient les circonstances. L’apport alimentaire n’est donc pas nécessaire pour le fonctionnement optimal de l’organisme.

## C) Généralités sur les références nutritionnelles en France

Dans son rapport d’expertise de 2016 (184), l’ANSES a effectué une révision des différentes références nutritionnelles, dans un but d’harmonisation avec les références nutritionnelles utilisées en Europe et dans le monde. Les principales références nutritionnelles en France sont désormais les suivantes :

- le Besoin Nutritionnel Moyen (BNM), correspondant au besoin quotidien moyen au sein de la population, tel qu’estimé à partir des données individuelles d’apport en relation avec un critère d’adéquation nutritionnelle lors d’études expérimentales ;
- la Référence Nutritionnelle pour la Population (RNP), qui remplace l’Apport Nutritionnel Conseillé (ANC). La RNP est estimée le plus souvent par rapport au BNM, auquel on ajoute

deux écarts-types pour déterminer l'apport qui couvre le besoin de 97,5 % de la population. L'écart-type est le plus souvent considéré comme étant égal à 15 % du BNM et la RNP vaut alors 1,3 fois le BNM. Cette définition est consensuelle dans le monde. Cette référence est équivalente à la Recommended Dietary Allowance (RDA) pour les États-Unis, à la Population Reference Intake (PRI) pour l'EFSA, ou à la Reference Nutrient Intake (RNI) pour l'OMS.

L'ANSES a également mis en place des nouvelles références nutritionnelles :

- l'Apport Satisfaisant (AS), correspondant à l'apport moyen d'une population pour laquelle le statut nutritionnel est jugé satisfaisant. Cette référence est retenue lorsque le BNM et donc la RNP ne peuvent être estimés, faute de données suffisantes, ou lorsque que la RNP peut être estimée mais n'est pas jugée satisfaisante comme apport sur le long terme ;
- l'Intervalle de Référence (IR), correspondant à l'intervalle d'apports considérés comme satisfaisant pour le maintien de la population en bonne santé. L'IR est utilisé principalement pour les macronutriments énergétiques ;
- la Limite Supérieure de Sécurité (LSS), correspondant à l'apport journalier chronique maximum d'une vitamine ou d'un minéral. Elle est estimée par une évaluation des risques.

#### D) Besoins énergétiques

Les besoins énergétiques quotidiens sont estimés à partir de l'estimation de la dépense énergétique totale. Les composantes de la dépense énergétique totale sont le métabolisme de base – lui-même estimé à partir de l'âge, du sexe, de la taille et du poids –, la dépense énergétique de l'activité physique et la thermogénèse d'adaptation.

L'apport énergétique doit ainsi être fonction du besoin énergétique de l'individu et doit lui permettre d'assurer son métabolisme de base, sans avoir à puiser dans ses réserves. Il doit lui permettre également de maintenir une stabilité pondérale. Il est représenté par l'Apport Énergétique Total (AET) et par l'Apport Énergétique Sans Alcool (AESA).

L'apport énergétique varie avec le sexe, l'âge, la musculature, le niveau d'activité physique. Par exemple, les besoins énergétiques sont généralement augmentés avec l'activité physique ; les apports énergétique totaux et sans alcool diminuent avec l'âge chez les

hommes, tandis qu'ils stagnent avec l'âge chez les femmes (même si les quantités ingérées quotidiennement augmentent avec l'âge chez les femmes). L'ANSES a estimé dans son rapport de 2016 sur l'actualisation des références nutritionnelles que le besoin énergétique est en moyenne de 2 100 kcal pour les femmes adultes (18 à 59 ans) et de 2 600 kcal pour les hommes adultes (18 à 69 ans).

Les apports de la population française sont proches de ces recommandations. La troisième étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires (INCA3, 2014-2015) (92), dont les résultats ont été publiés en juin 2017, a montré que l'AET des adultes était de 2 114 kcal en moyenne. Les AESA étaient plus faibles, à 2 029 kcal. Dans cette étude INCA3, les glucides contribuent à l'AET pour 46,9 %, les lipides pour 33,7 % et les protéines pour 16,8 % (92). Dans l'étude INCA2 (2006-2007), les glucides contribuaient à l'AET pour 44,0 %, les lipides pour 39,1 % et les protéines pour 16,9 %.

Cette répartition se rapproche des nouvelles recommandations, puisque l'ANSES préconise dans son dernier rapport une répartition de 40-55 % de l'AET pour les glucides, 35-40 % de l'AET pour les lipides et 10-20 % de l'AET pour les protéines, chez les adultes (ANNEXE 24) (49). Nous pouvons par ailleurs remarquer que cette répartition a fait l'objet d'une réactualisation : avant ces nouvelles recommandations, la répartition recommandée était respectivement de 50-55 %, 30-35 % et 11-15 %. Chez les adultes français·e·s, les apports en lipides sont donc légèrement insuffisants, tandis-que les apports en protéines et en glucides sont conformes aux nouvelles recommandations.

Par ailleurs, les recommandations concernant la répartition des macronutriments fait constamment l'objet de discussions et débats et peuvent être très différentes d'un pays à un autre. Par exemple, aux États-Unis, les recommandations actuelles sont très différentes de celle de la France, puisqu'il est recommandé que les glucides constituent 45-60 % de l'AET, les lipides 20-35 % de l'AET et les protéines 10-35 % de l'AET chez les adultes, en moyenne (ces recommandations varient suivant l'âge) (105).

#### E) Valeurs nutritionnelles de référence chez l'adulte pour les différents nutriments

Des tableaux récapitulatifs des références nutritionnelles françaises en vitamines, minéraux et macronutriments énergétiques pour les hommes et les femmes adultes sont présentés dans l'ANNEXE 25 et l'ANNEXE 26 (49).



## Chapitre 2 : Les spécificités nutritionnelles des alimentations végétariennes

Les profils nutritionnels des régimes non-végétariens, végétariens et végétaliens diffèrent les uns des autres (89) (185). En raison des spécificités intrinsèques aux différents régimes, certains nutriments sont plus difficiles à obtenir dans un régime végétarien ou végétalien (186), de même que d'autres nutriments sont plus difficiles à obtenir dans un régime non-végétarien (89).

Par exemple, dans l'étude NutriNet-Santé, première étude française s'intéressant à ces régimes alimentaires (ANNEXE 15) (89) :

- les personnes végétariennes ont la plus grande prévalence d'apports inadéquats pour la vitamine B1 (hommes et femmes), la vitamine B3 (hommes < 65 ans), la vitamine B5 (proche de la prévalence chez les végétalien·ne·s), la vitamine B6 (hommes < 65 ans et femmes), le zinc (proche de la prévalence chez les végétalien·ne·s) et le potassium (hommes et femmes < 55 ans), en prenant comme références les RNP françaises ;
- les personnes végétaliennes ont la plus grande prévalence d'apports inadéquats pour la vitamine A, la vitamine B2 (hommes et femmes < 55 ans), la vitamine B12 (femmes < 55 ans et hommes) et le calcium (femmes < 55 ans), en prenant comme références les RNP françaises ;
- les personnes non-végétariennes ont la plus grande prévalence d'apports inadéquats pour la vitamine B9, la vitamine C (hommes < 55 ans et femmes), la vitamine E (hommes et femmes < 55 ans), le fer (femmes < 55 ans) et le calcium (femmes < 55 ans), en prenant comme références les RNP françaises.

Toutefois, comme nous le verrons dans la partie sur le calcium, la référence française en ce qui concerne les apports en calcium n'est pas applicable aux populations végétariennes, dont les besoins en calcium seraient diminués, d'après l'OMS (184).

La population végétalienne a la plus grande prévalence d'apport adéquats en vitamine C, vitamine E, magnésium, vitamine B1, B6 et B9, en comparaison avec les autres régimes alimentaires, en prenant comme référence les RNP françaises (ANNEXE 15) (89).

L'apport en fer est significativement le plus élevé dans la population végétalienne, suivie par la population végétarienne, puis par la population non-végétarienne (ANNEXE 14) (89). Toutefois, comme nous le verrons dans la partie sur le fer, les besoins en fer des populations végétariennes pourraient être supérieurs à ceux de la population non-végétarienne (107).

La population végétalienne a également les meilleurs apports en fibres (89). L'apport en fibres des populations végétarienne et végétalienne est respectivement 33 % et 75 % supérieur à celui de la population non-végétarienne (ANNEXE 14) (89). Peu de personnes végétariennes atteignent les recommandations d'apport en fibres, et seules 10 % des personnes non-végétariennes les atteignent (89).

Les résultats de l'étude NutriNet-Santé montrent également que les personnes végétariennes ont un le profil nutritionnel qui s'approche le plus des recommandations françaises et que les personnes végétariennes et végétaliennes peuvent atteindre les recommandations nutritionnelles pour tous les nutriments, même si certaines précautions sont nécessaires (89).

Nous nous intéresserons dans ce chapitre aux nutriments suivants : protéines, acides gras oméga-3, fer, iode, zinc, calcium, vitamine D et vitamine B12. Ce sont généralement ces nutriments qui font l'objet de discussions dans les études qui s'intéressent à ces régimes alimentaires.

## A) Protéines

### *1/ Rappels et généralités*

- Structure

Une protéine est une molécule comportant de l'azote et composée d'une séquence d'acides aminés reliés par des liaisons peptidiques. On distingue :

- la séquence, qui détermine la structure primaire de la protéine ;
- la configuration de la chaîne peptidique dans l'espace, qui détermine les structures secondaires et tertiaires de la protéine ;
- l'association de plusieurs chaînes peptidiques, qui détermine la structure quaternaire de la protéine.

Une protéine composée de moins de 50 acides aminés est un peptide. La taille d'une protéine peut aller d'une centaine à plusieurs millions de kDa (kilo daltons). Il existe huit acides aminés essentiels pour l'humain-e (un de plus chez le nourrisson), qui doivent être impérativement apportés par l'alimentation : leucine, isoleucine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, lysine, valine, méthionine, auxquels s'ajoute l'histidine chez le nourrisson.

- Fonction biochimique

Le rôle des protéines est très divers : il existe des protéines de structure (collagène), des protéines contractiles (myosine), des protéines de transport (albumine), des protéines immunitaires (immunoglobulines), des protéines enzymatiques, des hormones, des récepteurs, etc. Le renouvellement des protéines est permanent et le taux d'oxydation et de dégradation des acides aminés est fonction de l'apport alimentaire en protéines.

- Sources

D'après la table Ciqual 2016, les protéines se trouvent en d'importantes quantités dans les POA et dans les végétaux : les légumineuses, céréales, oléagineux, sont particulièrement riches en protéines. Par exemple, les légumineuses peuvent en contenir jusque 36 g/100 g (lupin), les céréales jusque 16,9 g/100 g (avoine), et les oléagineux jusque 34,5 g/100 g (soja). Tous les légumes et les fruits contiennent des protéines, mais dans des quantités moindres : moins de 7 g/100 g pour les légumes crus ou cuits et moins de 5 g/100 g pour les fruits. Les champignons contiennent généralement moins de 3 g de protéines pour 100 g.

Il existe également d'autres importantes sources de protéines, moins connues, mais qui se développeront probablement dans le futur (187). Par exemple, le Quorn est un analogue de viande produit à partir du mycélium d'un champignon filamenteux (*Fusarium venenatum*). Son équilibre en acides aminés essentiels est bon et une récente étude montre que sa digestibilité l'est également (188). Son prix de vente étant proche de celui de la viande, il est actuellement essentiellement consommé par les végétariens des pays occidentaux (189). Les microalgues (spiruline, chlorelle, etc.), dont la teneur en protéines peut atteindre 70 % de la matière sèche, sont une autre source intéressante. La composition en acides aminés indispensables est bien équilibrée, mais les coûts de production sont encore très élevés (189). Les tourteaux de tournesol, de canola ou de colza sont d'importantes sources de protéines. Cependant, leur utilisation se limite à ce jour à l'alimentation animale et leur utilisation chez les humain·e·s est un défi (187).

- Caractéristiques des protéines : indice chimique, digestibilité, qualité nutritionnelle des protéines

- Indice chimique : définition et comparaison entre l'indice chimique des protéines animales et végétales

Afin d'estimer la teneur d'une protéine en un acide aminé essentiel, on calcule l'indice chimique (190). Il est évalué en comparant la composition en acides aminés essentiels des différentes sources de protéines au profil de référence en acides aminés essentiels. Ce profil de référence est basé sur l'estimation des besoins en acides aminés essentiels chez les humain·e·s. La protéine de référence utilisée généralement est l'albumine de l'œuf. Le lait maternel est une autre source de référence (190). Le calcul de l'indice chimique d'un acide aminé essentiel (AAE), exprimé en pourcentages, est le suivant :

$$\text{Indice chimique (AAE) (\%)} = \frac{100 * \text{quantité AAE dans 1 g de protéine testée}}{\text{quantité AAE dans 1 g de protéine de référence}}$$

Par exemple, pour la lysine de la protéine de blé, l'indice chimique est de 50 % :

$$\begin{aligned}
 IC (\text{lysine}) &= \frac{100 * \text{quantité de lysine dans 1 g farine de blé}}{\text{quantité de lysine dans 1 g d'albumine}} \\
 &= 100 * 35 / 70 \\
 &= 50 \%
 \end{aligned}$$

L'indice chimique doit être déterminé pour chaque acide aminé dans une protéine donnée. Dans la pratique, on indique l'indice chimique le plus bas parmi celui de tous les acides aminés, parce qu'il est considéré comme l'acide aminé le plus limitant. Une valeur inférieure à 100 % désigne que l'acide aminé considéré est limitant. En général, les acides aminés limitants sont les acides aminés essentiels suivants : méthionine, thréonine, lysine, tryptophane (191). La cystéine peut aussi être limitée dans certains aliments mais n'est que conditionnellement indispensable.

Les légumineuses sont globalement plus pauvres en méthionine et cystéine (acides aminés soufrés), mais sont riches en lysine, tandis-que les céréales sont plus pauvres en lysine, mais sont riches en méthionine et cystéine, en comparaison avec la protéine référente actuelle qu'est l'albumine (191). Ainsi, la méthionine est considérée comme étant l'acide aminé essentiel limitant des légumineuses, tandis-que la lysine est considérée comme étant l'acide aminé essentiel limitant des céréales.

Il a longtemps été admis que les deux grandes sources végétales protéiques – légumineuses et céréales –, devaient être associées au cours d'un repas, pour permettre un apport de qualité en protéines. Cette vision est obsolète, selon François Mariotti, Président du Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Nutrition humaine » de l'ANSES et spécialiste des « protéines végétales ». D'après Mariotti, il n'y a pas de problème de qualité lorsque l'apport en protéines est élevé : même pour une protéine présentant un acide aminé limitant selon l'approche décrite, cet acide aminé ne pourra plus être considéré comme limitant si la quantité en cette protéine ingérée est suffisante (192). Or généralement dans les pays occidentaux, les apports en protéines correspondent (ou sont supérieurs) aux besoins de la population générale. Même les sujets végétariens et les végétaliens ont généralement des apports protéiques supérieurs aux apports nutritionnels recommandés (190) ce qui est également le cas en France d'après la récente étude Nutrinet (89). Dans les pays occidentaux, si l'alimentation est variée

et l'apport calorique suffisant, le manque de protéines et d'acides aminés (essentiels ou non) est quasiment impossible.

En outre, il est important de préciser que contrairement aux croyances, toutes les sources végétales de protéines contiennent en quantités chacun des neuf acides aminés essentiels, mais également chacun des vingt acides aminés qui constituent les protéines animales (acides aminés protéinogènes).

Nous pouvons remarquer par ailleurs que les protéines de référence ont plusieurs fois changé au cours des dernières décennies, parce que l'estimation des besoins a plusieurs fois évolué. Les indices chimiques ont donc évolué aussi. Par exemple, l'indice chimique du haricot blanc est passé de 1 en 1994 (donc ne présentant aucun acide aminé limitant) (193) à environ 0,40 en 2013 (donc présentant un acide aminé limitant) (194).

#### ➤ Digestibilité

La digestibilité représente la capacité du tube digestif à absorber effectivement l'azote ingéré (190) :

$$\text{Digestibilité (\%)} = \frac{100 * (\text{Azote intégré} - \text{Azote fécal})}{\text{Azote ingéré}}$$

Elle est mesurée généralement par mesures *in vivo* chez le rat : un comité d'expert-e-s de la FAO/OMS a estimé en 1991 que la mesure de la digestibilité fécale chez le rat était la mesure reflétant le mieux la digestibilité de l'azote total chez l'humain-e. Il existe néanmoins des méthodes *in vitro*, devant être davantage développées, montrant une bonne corrélation avec les méthodes *in vivo* hormis pour les légumineuses (dont la digestibilité est plus importante lorsqu'elle est mesurée par des méthodes *in vitro*) (195).

La digestibilité dépend de la structure de la protéine, mais également d'autres facteurs, tels que (195) :

- les différentes modifications que cette structure a pu subir lors de la préparation des aliments, comme l'oxydation ou le chauffage. La réaction la plus connue est la celle de Maillard, qui consiste en la liaison d'une extrémité libre de la lysine avec un sucre réducteur.

Il en résulte que la lysine ne peut plus être absorbée, ce qui engendre une diminution de la digestibilité de la protéine ;

- les facteurs individuels tels que l'âge, l'état de santé, le statut physiologique, la balance énergétique ;
- la composition du bol alimentaire. Par exemple, les fibres peuvent réduire la digestibilité des protéines, de même que la présence d'anti-nutriments ;
- le niveau d'apport protéique.

Il est estimé que la digestibilité des protéines animales est de 95 à 98 %, tandis que la digestibilité des protéines végétales est de 75 à 95 % (190). Les protéines végétales purifiées ou concentrées (par exemple la protéine de soja, le gluten) ont une digestibilité élevée (> 95 %), similaire à celle des protéines animales. Pour certains produits végétaux intacts, tels que les céréales complètes et les légumineuses, la digestibilité des protéines est un peu plus faible (environ 80-90 %). La plupart des autres protéines végétales ont une digestibilité plus faible (50-80 %) en raison de la présence de parois cellulaires végétales et de facteurs antinutritionnels (inhibiteurs des enzymes digestives, les tannins, les phytates, les glucosinolates, les isothiocyanates) qui peuvent être formés en cours de traitement ou qui sont dus à des facteurs génétiques (196). Par exemple (196) :

- les légumineuses, les céréales, les pommes de terre et les tomates en particulier, contiennent des inhibiteurs des enzymes protéolytiques digestives ;
- le soja est la source la plus concentrée d'inhibiteurs de trypsine, alors que les pois et les produits transformés à base de soja en contiennent des niveaux considérablement plus faibles ;
- les tanins (polyphénols hydrosolubles) présents par exemple dans certains pois et haricots, peuvent se complexer avec des protéines, ce qui réduit leur digestibilité ;
- les phytates (céréales complètes, légumineuses, oléagineux) peuvent réduire l'activité de la carboxypeptidase et de l'aminopeptidase en chélatant des cofacteurs ou en interagissant avec l'enzyme ou son substrat.

Il est possible d'améliorer la digestibilité des protéines végétales par traitement thermique ou transformation des aliments, par exemple (196) :

- la germination des graines et des légumineuses permet de réduire les taux de polyphénol et de phytates, améliorant ainsi la digestibilité des protéines ;
- la fermentation peut également rendre les protéines des légumineuses et des céréales plus digestibles ;
- les inhibiteurs d'enzymes (présents dans les céréales et légumineuses) peuvent être inactivés par traitement thermique ou éliminés par d'autres procédés de traitement.

➤ Notion de qualité des protéines

La qualité, ou valeur nutritionnelle d'une protéine, est actuellement définie comme l'efficacité avec laquelle cette protéine satisfait aux besoins à la fois en azote et en acides aminés. Son estimation prend ainsi en compte l'indice chimique (teneur de la protéine en acides aminés essentiels) et la digestibilité de la protéine.

Différents indices sont proposés pour la calculer :

- Le PDCAAS (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*), a été considéré dès 1989 comme la méthode de référence par la FAO et l'OMS (195). On l'appelle aussi indice DISCO (indice chimique corrigé de la digestibilité). Il correspond au produit de l'indice chimique par la digestibilité de la protéine. Il va de 0 à 100 % (Figure 31).

Aliment	PD-CAAS (%)
Lait	100
Caséine	100
Lactalbumine	100
Blanc d'œuf	100
Soja	80
Lentille	52
Haricot	72
Pois	73
Fève	47

**Figure 31:** PDCAAS de protéines alimentaires issues de quelques aliments d'origine animale ou végétale.

Source : ANSES, 2017 (184)

La validité et les limites importantes de cette approche, par rapport à des méthodes de mesure *in vivo* de la rétention de l'azote, sont discutées et font débat (195) (192). Par exemple, le PDCAAS ne donne aucune information sur la biodisponibilité (qui peut être assimilée dans ce cas à la digestibilité) des acides aminés spécifiques composant la protéine (195). Il ne prend pas non plus en compte le fait que la richesse de certaines protéines en certains acides aminés permet de compenser le plus faible apport d'acides aminés essentiels dans les protéines qui présentent des acides aminés limitants (197) : en effet, les aliments sont fréquemment consommés en complément d'autres aliments, et non isolément (195). Ou encore, les facteurs spécifiques influençant la digestibilité des protéines (transformation, chauffage, facteurs individuels comme l'âge, composition du bol alimentaire, niveau d'apport en protéines) ne sont pas pris en compte (195).

- L'indice DIAAS (*Digestible Indispensable Amino Acid Score*), plus récent, a été proposé par la FAO en 2013 pour remplacer le PDCAAS. L'avantage est qu'il prend en compte non pas la digestibilité de la protéine, mais la digestibilité de chacun des acides aminés essentiels. Il est donc jugé plus juste mais cette digestibilité est plus complexe à étudier et encore peu renseignée (184) (190). Pour un acide aminé essentiel (AAE), le calcul est le suivant :

$$DIAS (AAE) (\%) = \frac{100 * \text{quantité AAE digestible dans 1 g de protéine testée}}{\text{quantité AAE dans 1 g de protéine de référence}}$$

Selon cette définition (en prenant en compte seulement l'indice chimique et la digestibilité), les protéines végétales ont globalement une qualité nutritionnelle inférieure à celle des protéines animales. C'est principalement en raison de leur digestibilité, qui est généralement inférieure à celle des protéines animales, en l'absence de traitement servant à augmenter celle-ci (trempage, etc.).

➤ Controverse dans la définition actuelle de qualité des protéines

Pour François Mariotti, qui est rappelons-le, Président du Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Nutrition humaine » de l'ANSES et spécialiste des « protéines végétales », la vision standard

de la qualité des protéines est obsolète, parce qu'elle ne prend pas en compte l'influence des protéines sur la santé humaine, suivant qu'elles soient d'origine végétale ou animale.

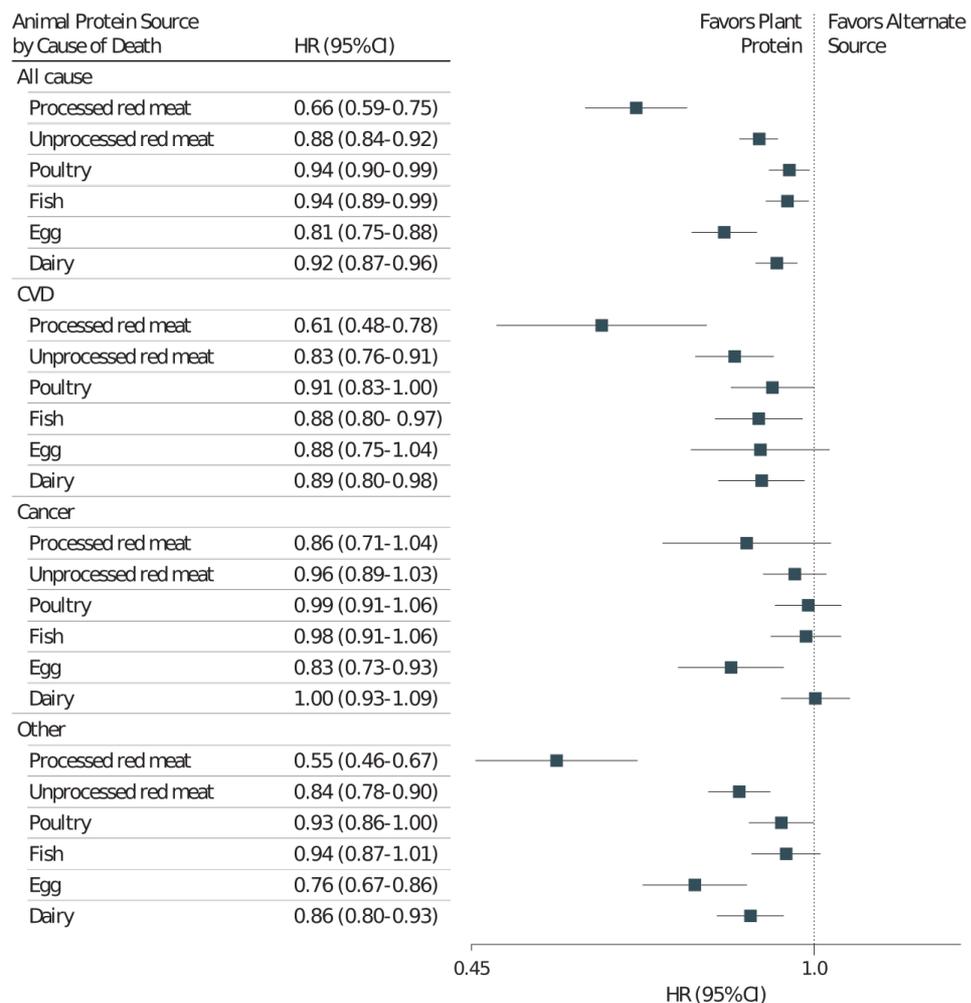
En particulier, d'après Mariotti, les acides aminés qui composent les protéines végétales ou animales ne sont pas les mêmes et l'impact cardiométabolique des sources de protéines végétales et animales doit être pris en compte (et doit être davantage étudié) (192). En l'occurrence, les études actuellement disponibles montrent que les protéines végétales pourraient avoir un impact positif sur la santé cardiovasculaire, d'après Mariotti (192). Certains acides aminés particuliers ou peptides « bioactifs », peuvent en effet avoir un effet bénéfique sur la santé humaine ou au contraire augmenter le risque de certaines maladies (187). Si les peptides bioactifs du lait ou des produits carnés sont clairement identifiés, l'étude des peptides bioactifs dérivés de protéines végétales reste un domaine encore peu documenté (187).

Néanmoins, il faut davantage de recherches pour différencier l'effet de la protéine en soi sur celui des autres nutriments et substances associés à la protéine (192) : une partie de la corrélation entre protéines végétales ou animales et la santé cardiométabolique pourrait en effet être attribuée aux nombreux nutriments et autres substances que ces protéines transmettent directement ou indirectement. Les différentes protéines (animales ou végétales) ne sont en effet pas consommées isolément mais en association avec les aliments qui les contiennent.

Une très large étude prospective, menée par Song et son équipe, a été publiée en 2016 (198). Elle porte sur 131 342 participant·e·s issu·e·s de la cohorte Nurses' Health Study (suivie de 1980 à 2012) et de la cohorte Health Professionals Follow-up Study (suivie de 1986 à 2012). Les chercheur·se·s ont comparé le risque de mortalité toutes causes confondues et de plusieurs maladies, en fonction de l'apport en protéines animales ou végétales dans le régime alimentaire, après divers ajustements (apport calorique total, pourcentage d'apport en divers aides gras, tabac, BMI, activité physique, consommation d'alcool, antécédent d'hypertension artérielle, index glycémique, apports en céréales complètes, fibres, fruits, légumes). Un apport élevé en protéines animales est significativement associé à une augmentation de la mortalité due aux MCV (HR : 1.08 tous les 10 % d'apports caloriques en plus), en particulier

chez les sujets présentant au moins un facteur de risque (parmi le tabac, l'excès d'alcool, le surpoids et l'obésité, une activité physique insuffisante). À l'inverse, un apport élevé en protéines végétales est associé à une diminution significative de 10 % (HR : 0.90; 95% IC : 0.86-0.95) de la mortalité toutes causes confondues tous les 3 % d'apports caloriques, et à une diminution de la mortalité due à une MCV de 12 % (HR : 0.88; 95% IC : 0.80-0.97) tous les 3 % d'apports caloriques supplémentaires. En outre, une substitution des protéines animales par des protéines végétales est associée à une diminution de la mortalité : par exemple, une substitution de 3 % de l'apport calorique en protéines animales par un apport calorique équivalent en protéines végétales, entraîne une diminution de la mortalité toutes causes confondues de 34 % (HR : 0.66; 95% IC : 0.59-0.75) en remplaçant la viande transformée ; de 12 % (HR : 0.88; 95% IC : 0.84-0.92) en remplaçant la viande (hors volaille) non transformée ; et de 19 % (HR : 0.81; 95% IC : 0.75-0.88) en remplaçant les œufs (Figure 32).

Cette large étude corrobore les résultats de précédentes études, montrant que certains acides aminés présents en grande quantité dans les viandes, pourraient être délétères pour la santé humaine. Par exemple, la L-carnitine est un acide aminé présent en grande quantité dans la viande hors volaille (la viande de volaille en contient moins). Il a été observé chez la souris que la métabolisation de la L-carnitine conduit à la production de triméthylamine-N-oxyde (TMAO), qui accélère la formation d'athérosclérose et augmente ainsi le risque de MCV (54). Dans une étude de cohorte (n= 2 595), un fort taux plasmatique de carnitine engendre une augmentation du risque de MCV, mais seulement chez les sujets ayant un taux plasmatique de TMAO élevé (54). Il a été montré que chez les sujets végétariens, non seulement le taux plasmatique de L-carnitine est plus faible (dû à une alimentation plus faible en L-carnitine), comparés aux non-végétariens ; mais également l'ingestion de compléments de L-carnitine engendre une plus faible production de TMAO (dû à un mécanisme dépendant du microbiote intestinal), comparés aux non-végétariens (54). Ce mécanisme pourrait en partie expliquer le bénéfices des alimentations végétariennes sur les MCV.



**Figure 32** : Risque de mortalité toutes causes confondues et de mortalités spécifiques (en particulier, MCV, cancers), associée avec une substitution de 3 % de l'apport calorique en protéines animales par des protéines végétales, après divers ajustements (apport calorique total, pourcentage d'apport en divers aides gras, tabac, BMI, activité physique, consommation d'alcool, antécédent d'hypertension artérielle, index glycémique, apports en céréales complètes, fibres, fruits, légumes).

Source : Song et al., 2016 (198)

CVD : Cardio-vascular disease

• Références nutritionnelles pour l'apport protéique et besoins en acides aminés essentiels

Les références nutritionnelles pour l'apport protéique sont établies chez l'adulte ne présentant pas de pathologie particulière, à partir du bilan azoté. Ce dernier correspond à la différence entre l'azote apporté par les aliments et la quantité d'azote éliminée par l'organisme. Le besoin en protéines est la quantité nécessaire à l'obtention d'un bilan azoté nul. Dans certains états physiologiques, tels que la croissance, la grossesse et la lactation,

l'azote est nécessaire pour le maintien mais aussi pour former les nouveaux tissus et le lait, le bilan azoté doit être positif (190).

Le BNM en protéines correspond ainsi à la quantité minimale permettant de maintenir un bilan azoté nul. De tels apports sont censés couvrir les besoins en acides aminés essentiels. Le BNM est de 0,6 g/kg par jour pour l'adulte, la RNP est donc fixée à 0,8 g/kg par jour pour l'adulte, ce qui correspond à 9 à 12 % de la quantité d'énergie quotidienne ingérée (199). Chez le nourrisson, le BNM en protéines est fixé à 2,2 g/kg. A partir de 1 an, il est estimé à 1 g/kg. Le BNM diminue progressivement ensuite, pour atteindre la valeur adulte à 18 ans. Il augmente pendant la grossesse et la lactation (+ 5 g à + 15 g par jour). Il augmente également progressivement chez la personne âgée, pour atteindre 1 g/kg par jour à partir de 65 ans (190).

Le besoin en acides aminés essentiels va chez l'adulte de 6 à 15 mg/kg par jour suivant l'acide aminé (soit au total 80 mg/kg par jour). Il représente ainsi 10 % de l'apport protéique total. Chez le nourrisson, il va de 30 à 150 mg/kg par jour, suivant l'acide aminé (soit au total 750 mg/kg par jour) (190). Il représente plus du tiers de l'azote total apporté : les protéines doivent être de bonne qualité nutritionnelle. C'est donc lors de la croissance, qu'une alimentation végétalienne peut sembler plus délicate à mettre en œuvre : la moindre qualité nutritionnelle des protéines végétales – au sens où elle est définie actuellement notamment pas l'ANSES –, doit être compensée par un excès d'apport en protéines végétales (190), pour satisfaire en particulier les apports en lysine et en méthionine. Nous pouvons cependant rappeler, comme nous l'avons vu, que plusieurs organismes de santé officiels, comme la NHS (111), ou grandes associations de santé, comme l'ADA (107) aux États-Unis et la BDA (113) en Angleterre, sont favorables au végétarisme et au végétalisme à tous les âges de la vie, y compris pendant l'enfance et l'adolescence.

D'autre part, en plus des neuf acides aminés essentiels, l'apport alimentaire en certains acides aminés peut devenir indispensable dans certaines circonstances physiopathologiques, car l'apport endogène n'est alors plus suffisant pour couvrir les besoins. Ce sont les acides aminés conditionnellement indispensables. Par exemple, chez l'enfant prématuré, et chez l'insuffisant hépatique, les synthèses endogènes de cystéine et de tyrosine (respectivement à partir de méthionine et de phénylalanine) sont insuffisantes pour couvrir les besoins : un

apport exogène est nécessaire. De même, la taurine, apportée en quantité suffisante par le lait maternel, n'est pas en quantité suffisante dans le lait de vache. Or, un déficit en taurine peut entraîner des anomalies de la fonction rétinienne.

- Limite supérieure de sécurité

D'après l'ANSES, on ne sait pas fixer d'apport optimal pour la santé à long terme ni de limite supérieure de sécurité précise. Dans son récent rapport, l'ANSES a tout de même fixé l'apport maximal en protéines à 20 % de l'AET (49) : il est admis qu'au-delà de 2,0 g/kg par jour, les apports sont excessifs et n'ont aucune justification physiologique ou nutritionnelle. D'autre part, au-delà de cette limite, l'excès d'azote peut être difficile à éliminer (49). Par ailleurs, chez l'humain·e, la restriction protéique a été associée à une réduction du cancer, du diabète et de la mortalité globale (200).

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique de la carence*

Les protéines sont des macronutriments énergétiques. Ils contribuent à l'apport calorique, avec les lipides et les glucides. Dans les pays développés, la dénutrition est quasi inexistante, car l'apport calorique est satisfaisant (hormis pour les personnes âgées, qui peuvent être à risque). La dénutrition s'observe dans de nombreux pays en voie de développement, où un déficit protéino-énergétique compromet la croissance et la cicatrisation. Il est particulièrement préjudiciable à l'enfant, parce que celui-ci est en croissance mais aussi parce que le risque infectieux – qui induit une perte d'azote de l'organisme devant être compensée par un apport protéique alimentaire –, est spécialement élevé pendant l'enfance (201).

La carence en un ou plusieurs acides aminés pourra avoir des effets cliniques très variables selon le(les) acide(s) aminé(s) déficient(s).

## b) Statut en protéines chez les populations végétariennes et végétaliennes

D'après François Mariotti, les études montrent que dans les pays occidentaux, chez les sujets végétariens et végétaliens, les apports protéiques sont supérieurs aux apports nutritionnels recommandés (192). Plusieurs études montrent que l'apport en protéines des sujets végétariens et végétaliens peut être inférieur à celle des non-végétariens, mais répond aux exigences (196). Dans l'étude française Nutrinet (89), l'apport protéique total des sujets végétariens et végétaliens adultes est inférieur à celui des non-végétariens : respectivement 66,6 g/j, 62g/j et 80,7 g/j ; mais il est dans tous les cas supérieur à la RNP (fixée à 0,8 g/kg), y compris chez les végétalien-ne-s.

Une large étude, publiée en 1994 par Young et son équipe et s'appuyant sur 50 références, concluait qu'un « mélange de protéines végétales peut servir de source complète et équilibrée d'acides aminés pour répondre aux besoins physiologiques humains » (193). Une importante étude publiée en 2000 par Millward et son équipe et qui résume 59 articles, concluait également que les régimes à base d'aliments végétaux peuvent fournir les acides aminés (les auteur-e-s se sont tout particulièrement intéressés à la lysine) en quantité et en qualité nécessaires et à tous les âges de la vie (202). Des études récentes montrent que les besoins en protéines des végétarien-ne-s sont facilement satisfaits lorsque le régime comprend une variété d'aliments végétaux et que l'apport calorique est adéquat (196).

Pour l'ADA, la consommation régulière de légumineuses (pour assurer les apports en lysine) et de produits dérivés du soja permet d'assurer un apport protéique suffisant chez les sujets végétariens et végétaliens et les besoins en protéines peuvent être comblés à tous les âges, y compris chez les athlètes (107). Selon l'ADA, même dans les régimes végétariens et végétaliens, lorsque l'apport calorique est adéquat, l'apport en protéines satisfait les recommandations et peut même être excédentaire. Il n'est pas même nécessaire d'associer des légumineuses et des céréales au cours d'un même repas : les protéines contenues dans une variété de végétaux durant une journée suffisent à satisfaire les besoins en acides aminés essentiels quand l'apport calorique est respecté. En d'autres termes, même si les protéines végétales contiennent globalement moins d'acides aminés essentiels que les protéines animales, la proportion de ces acides aminés essentiels reste supérieure aux besoins (107).

Selon l’American Heart Association (AHA), organisme de référence internationale en matière de maladies cardiovasculaires et de prévention des risques dans ce domaine, une alimentation végétale suffit à combler les besoins en aminés essentiels et non essentiels, tant que l’apport calorique est suffisant et que les sources sont diversifiées :

*“You don't need to eat foods from animals to have enough protein in your diet. Plant proteins alone can provide enough of the essential and non-essential amino acids, as long as sources of dietary protein are varied and caloric intake is high enough to meet energy needs.” (203)*

Pour François Mariotti, « d’après les connaissances actuelles, les protéines végétales sont tout à fait suffisantes pour assurer la nutrition protéique chez les adultes en bonne santé, même à l'exclusion des protéines animales, à condition que les sources soient mélangées dans un régime alimentaire varié et de qualité » (192). Lorsque les sources de protéines végétales ne sont pas mélangées et proviennent principalement de céréales, dans un régime associé à de faibles apports en protéines et en énergie – comme dans certaines régions en développement –, un faible apport en lysine demeure un problème dont l'impact doit être davantage caractérisé (192).

Dans son récent rapport, l’ANSES estime qu’il n’est pas nécessaire de se préoccuper de la qualité des protéines dans la mesure où les apports sont adéquats et que les niveaux de consommation et la diversité des sources permettent de couvrir les besoins en acides aminés essentiels dans la population générale (49).

Par ailleurs une étude, notamment reprise par l’AHA, a montré une capacité adaptative chez certains individus, qui permet d'utiliser les protéines de blé (limitées en lysine) plus efficacement (202). Chez des sujets adoptant de manière répétée un régime alimentaire pauvre en lysine, des mécanismes adaptatifs pourraient réduire le besoin en lysine : possiblement par recyclage de la lysine ou par synthèse *de novo* par la flore intestinale (en utilisant l’azote de l’urée) (202) (204). Par exemple, une étude a montré que chez le nourrisson, lorsque les taux de recyclage de l'urée sont élevés, l’azote récupéré permet une synthèse *de novo* de la lysine en quantités nutritionnellement significatives (205).

### c) Prévention de la carence en protéines et mesures correctives en cas de carence avérée en protéines

- Prévention des carences

Pour prévenir les carences en acides aminés essentiels, comme nous l'avons dit, l'apport calorique doit être suffisant et l'alimentation doit être diversifiée. Comme nous l'avons également dit, toutes les sources végétales de protéines contiennent chacun des neuf acides aminés essentiels, mais également chacun des vingt acides aminés protéinogènes (qui constituent les protéines animales).

Certaines protéines végétales comme celles de soja, peuvent répondre aux besoins en protéines aussi efficacement que les protéines animales, en raison de l'absence d'acide aminé limitant et de leur excellente digestibilité. Contrairement à la croyance populaire, les données actuelles montrent que le soja n'est pas néfaste à la santé humaine. C'est la conclusion établie par l'ANSES dans son récent rapport : dans les pays occidentaux, les études ne permettent pas de montrer un quelconque effet positif ou négatif du soja sur le cancer du sein ; mais dans les pays asiatiques, la consommation de produits dérivés du soja est corrélée positivement à une diminution du risque de cancer du sein (48). Selon ce rapport, la consommation de soja pourrait par ailleurs être associée à une diminution du taux de CT et LDL-CT et – avec un niveau de preuve limité –, à une diminution du cancer de la prostate (48).

Les protéines provenant d'autres sources végétales (principalement les légumineuses et les céréales) sont globalement moins bien digérées. Des procédés, comme le trempage, sont à favoriser, parce qu'ils permettent d'améliorer la digestibilité et d'augmenter la biodisponibilité des micronutriments chargés positivement dans les conditions physiologiques de l'organisme, en particulier le fer, le zinc, le calcium et le manganèse (cf partie sur la digestibilité des protéines).

Des chercheurs ont suggéré que l'apport de référence en protéines chez les sujets végétariens devait être augmenté de 0,8 à 1,0 g/kg de poids corporel par jour pour tenir compte de la biodisponibilité réduite des protéines végétales (206).

- Traitement des carences

En cas de carence suspectée en protéines ou acide(s) aminé(s), les conseils sont les mêmes que ceux destinés à prévenir les carences.

## B) Oméga 3

### *1/ Rappels et généralités*

- Structure, classification et conversion des oméga 3 à courte chaîne en oméga 3 à chaîne longue

Les acides gras oméga 3 (n-3) sont des acides gras polyinsaturés (AGPI). On distingue les oméga 3 à chaîne courte, comme l'acide alpha-linoléique (18:3; ALA), et les oméga 3 à chaîne longue, comme l'acide eicosapentaénoïque (20:5; EPA), l'acide docosapentaénoïque (22:5; DPA), ou l'acide docosahexaénoïque (22:6; DHA). Ces trois acides gras ont respectivement 3, 5, 5 et 6 doubles liaisons dans leur chaîne, qui est composée respectivement de 18, 20, 22 et 22 atomes de carbone. Les doubles liaisons sont en configuration *cis*.

L'ALA est un acide gras essentiel : il doit être apporté par l'alimentation car l'organisme humain ne peut pas le synthétiser. Il est le précurseur des oméga 3 à longue chaîne EPA, DHA, DPA, ainsi que des intermédiaires de formation, comme l'acide stéaridonique (SDA).

L'EPA et le DHA peuvent être synthétisés à partir de l'ALA mais sont généralement considérés comme des acides gras essentiels (190) et donc nécessitant un apport alimentaire, en particulier si l'apport alimentaire en ALA n'est pas suffisant ou si le taux de conversion n'est pas suffisant. C'est surtout le cas pour le DHA, dont la capacité de synthèse à partir du précurseur n-3 (ALA) est faible (moins de 1 %), d'après l'EFSA (207). La capacité de synthèse de l'EPA est plus élevée (8 à 12 %) (207). Pour cette raison, l'ANSES considère dans son rapport de 2015 que le DHA comme un acide gras indispensable, qui doit nécessiter un apport alimentaire, et considère l'EPA comme un acide gras conditionnellement indispensable (208).

Le taux de conversion de l'ALA en EPA et DHA peut être influencé par de nombreux facteurs :

➤ L'alimentation

Un excès d'apport en LA diminue la conversion de l'ALA en EPA et DHA et augmente la conversion de la LA en acide arachidonique (209) (210). En effet, les conversions de la LA et de l'ALA en AGPI à longue chaîne nécessitent les mêmes enzymes. À l'inverse, la conversion augmente si l'apport en ALA augmente. Un ratio LA/ALA inférieur à 4 semble être préférable pour que la conversion soit optimale (208).

Chez le rat, une récente étude a montré que la curcumine pourrait augmenter la synthèse du DHA à partir de l'ALA et pourrait augmenter le taux d'enzymes impliqués dans la conversion (FADS 2 et élongase 2) dans le cerveau et dans le foie des rats (211).

L'alcool, la caféine, une carence en certaines vitamines et minéraux (vitamines C, B3, B6, zinc, magnésium) pourraient également diminuer le taux de conversion. Par exemple, une étude récente (212) réalisée chez des sujets âgés de plus de 70 ans, a montré qu'il pourrait exister un lien entre le métabolisme des oméga 3 et celui de vitamines du groupe B. Dans cette étude, les chercheurs ont étudié l'effet d'un traitement par complémentation en vitamines du groupe B (B9, B6, B12) sur la progression de l'atrophie du cerveau. Leur étude montre que l'effet de ce traitement dépend des concentrations plasmatiques en oméga 3 (EPA et DHA). Sur 168 sujets âgés de plus de 70 ans et présentant une déficience cognitive légère, 85 individus ont reçu tous les jours pendant 24 mois un supplément de vitamines B à forte dose, les 83 autres ont reçu un placebo. Le niveau d'atrophie du cerveau a été mesuré avant le traitement et après deux ans de traitement, par imagerie par résonance magnétique. Les effets positifs de la supplémentation en vitamines B n'ont été observés que chez les individus présentant une forte concentration plasmatique en oméga 3 (supérieure à 590 µmol/L), chez qui les chercheurs ont observé une diminution de 40 % de l'atrophie par rapport au groupe placebo ( $p < 0,023$ ). La supplémentation en vitamines B n'a aucun effet sur le cerveau des individus présentant une faible concentration plasmatique en oméga 3 ( $< 390$  µmol/L). Les chercheurs suggèrent qu'à l'inverse, l'effet d'une supplémentation en oméga 3 sur l'atrophie du cerveau pourrait s'observer chez des sujets présentant un bon statut de vitamine

B. Les vitamines du groupe B pourrait également jouer un rôle dans la potentialisation du DHA, en améliorant l'incorporation du DHA dans les phospholipides (213). Mais des études sont nécessaires pour démontrer ces hypothèses.

Enfin, les études montrent que la conversion de l'ALA en DHA pourrait être meilleure chez les sujets végétariens, comparés aux sujets non-végétariens, d'après l'EFSA (207).

➤ L'état physiopathologique, le sexe, l'âge, l'hygiène de vie

Le taux de conversion semble diminuer chez les individus atteints de maladies chroniques comme le diabète ou un syndrome métabolique, l'hyperlipidémie, l'hypertension (214).

Le sexe a une influence, puisque les femmes transforment deux fois plus d'ALA en DHA que les hommes et cette conversion est augmentée par les œstrogènes (ce qui peut expliquer l'observation d'une augmentation du taux de DHA maternel dans le plasma et les phospholipides des globules rouges) (207) (214).

Le taux de conversion semble diminuer avec l'âge (214) et il est diminué chez le sujet fumeur (214).

➤ Le polymorphisme génétique

Le taux de conversion est individuellement lié au polymorphisme des gènes humains FADS1 et FADS2 (fatty acid desaturase 1 et 2) codant pour les  $\Delta$ -5 et  $\Delta$ -6 désaturases FADS1 et FADS2. FADS1 et FADS2 permettent la conversion en AGPI à longue chaîne (EPA, DHA, acide arachidonique) (207). Récemment deux équipes de chercheur-se-s ont pu montrer que la prévalence du génotype associé à un fort taux de conversion est plus élevée chez les populations traditionnellement végétariennes (215) (216).

Dans une étude publiée en 2016, Kothapalli et son équipe (215) ont montré qu'un génotype particulier du gène FADS2 – le génotype « indel », résultant d'une insertion-délétion de 22 paires de base –, est très représenté chez les populations traditionnellement végétariennes

(présent par exemple chez 68 % de la population indienne), moins chez les populations occidentales (présent par exemple chez 17 % de la population européenne). Cet allèle serait initialement le résultat d'une adaptation ayant conféré un avantage à ces populations. Les auteur·e·s ont en effet montré que ce génotype est lié à une augmentation significative du taux de conversion en AGPI à longue chaîne. Étant donné que FADS2 permet la synthèse d'EPA et de DHA, mais également d'acide arachidonique (AA), la présence de ce génotype pourrait aujourd'hui être un avantage ou au contraire un désavantage, en fonction de l'alimentation choisie. Plus précisément, pour les auteur·e·s, ce génotype pourrait être un avantage adaptatif pour les populations sud-asiatiques qui sont traditionnellement végétariennes. En revanche, une alimentation riche en LA (comme c'est le cas dans le système alimentaire occidental) entraînerait chez les sujets porteurs de ce génotype « végétarien » une augmentation de la synthèse d'AA, pro-inflammatoire, augmentant ainsi le risque métabolique. Pour ces porteurs du génotype « végétarien », veiller à respecter un bon rapport oméga 6/oméga 3 serait donc tout particulièrement important.

Dans une étude plus récente encore (216), publiée en 2017, Ye et son équipe ont montré qu'un génotype particulier de FADS1 qui induit une synthèse accrue d'AGPI à longue chaîne, est — de même que FADS2 dans l'étude de Kothapalli —, très représenté chez les populations traditionnellement végétariennes, chez qui il aurait initialement conféré un avantage adaptatif. Plus précisément, pour la première fois, des chercheur·se·s ont comparé l'ADN de populations ayant vécu avant et après la révolution néolithique (il y a 10 000 ans, qui a marqué le début de l'agriculture). La révolution néolithique a modifié les comportements alimentaires des européens, qui sont passés de chasseurs-cueilleurs (mangeurs de petits animaux) à l'agriculture - élevage et à la sédentarisation (régime plus végétal). L'analyse des fréquences des allèles de FADS 1 au sein de la population européenne a montré que la prévalence de l'allèle « végétarien » a diminué jusqu'à la révolution néolithique, après quoi elle a fortement augmenté. Parallèlement, la version opposée du même gène trouvée chez les chasseurs-cueilleurs a augmenté jusqu'à l'avènement de l'agriculture, après quoi elle a fortement diminué. Les chercheur·se·s ont donc pu montrer qu'il existe une corrélation positive entre un génotype particulier de FADS 1 permettant une synthèse accrue d'AGPI à longue chaîne et un régime alimentaire principalement végétarien. La prévalence de l'allèle « végétarien » aurait augmenté en raison de la sélection naturelle : cet allèle aurait conféré à ces agriculteurs se

nourrissant essentiellement de végétaux, des avantages pour la santé, leur permettant d'avoir plus d'enfants, tout en passant cette variante génétique à leurs descendant-e-s. Cependant, on peut penser que la présence de cet allèle de FADS1 confère un désavantage aujourd'hui, en raison de l'augmentation récente de la consommation de viande chez les européen-ne-s.

- Fonction biochimique

L'ALA a surtout un rôle de précurseur des AGPI à longue chaîne n-3, EPA et DHA, comme nous l'avons vu.

L'EPA et le DHA sont à l'origine de la synthèse de médiateurs lipidiques, les eicosanoïdes et les docosanoïdes. Parmi les eicosanoïdes et les docosanoïdes dérivés de l'EPA et DHA, les protectines, les résolvines et les lipoxines, sont impliquées dans la résolution de l'inflammation. Elles aident ainsi à prévenir les maladies coronariennes, l'hypertension, les maladies auto-immunes, l'arthrite et plusieurs cancers (214). À l'opposé, les prostaglandines et les leucotriènes dérivées des AGPI n-6 (acide arachidonique) sont pro-inflammatoires et en trop grande quantité, elles sont associées à un risque accru de maladies (maladies cardiaques, cancer, diabète, ostéoporose et troubles immunitaires et inflammatoires) (214).

Le DHA est également un composant des phospholipides des membranes cellulaires des mammifères et participe à la signalisation cellulaire. Il est particulièrement abondant dans le cortex cérébral, la rétine, le muscle cardiaque et les testicules. Il joue un rôle important dans la neurotransmission (217).

- Sources

D'après la table CIQUAL 2016, L'ALA se trouve en grandes quantités dans certaines graines et huiles végétales : huile et graines de lin, graines chia, huile de noix, noix, huile de colza, huile et graines de soja, huile de germe de blé.

L'EPA et le DHA se trouvent en grande quantité dans les poissons gras (saumon, foie de morue, sardine, hareng, maquereau, etc.), dans les mollusques et crustacés, ainsi que dans les œufs.

On les trouve en faibles quantités dans la viande et dans certains fromages et il n'y en a pas dans le lait (mis à part dans les laits infantiles).

L'EPA et le DHA, contrairement à leur précurseur ALA, ne peuvent pas se trouver dans les aliments d'origine végétale, mis à part dans l'huile de certaines microalgues. Les microalgues sont les producteurs primaires de DHA et EPA dans la chaîne alimentaire. Par exemple, la microalgue *Schizochytrium* sp. peut être cultivée *in vitro* dans des conditions contrôlées et son huile à teneurs élevées en EPA et DHA est autorisée sur le marché en Europe depuis le 31 mars 2015, en tant que nouvel ingrédient alimentaire (218). On peut ainsi trouver l'EPA et le DHA dans certains compléments alimentaires (comme le complément Testa oméga 3®) ou encore, depuis peu de temps, dans certains aliments supplémentés (comme le beurre végétal St Hubert DHA®). Le DHA issu des microalgues – qu'il soit ingéré sous forme de complément alimentaire ou au moyen d'aliments supplémentés – est une source sûre et sa bioéquivalence avec le DHA issu des poissons gras a notamment été démontrée (219).

Les données de l'étude INCA3 (92) montrent que chez les adultes français·e·s, 78 % des apports en EPA et 85 % des apports en DHA proviennent des viandes, poissons (58 % pour EPA et 67 % pour DHA) et œufs ; dans une moindre mesure des crustacés et mollusques (6,0 % pour EPA et 3,0 % pour DHA) et des plats à base de poissons (environ 5 % pour EPA et DHA).

- Références nutritionnelles

En 2010, l'ANSES a redéfini les ANC pour l'ALA, l'EPA et le DHA chez l'adulte, la femme enceinte et allaitante et le nourrisson (220). Pour l'établissement des ANC, l'agence a considéré le besoin physiologique en lipides, qui correspond à ce dont l'organisme a besoin pour assurer son fonctionnement, mais également le besoin physiologique optimal, qui vise à la prévention de certaines pathologies (syndrome métabolique, diabète, obésité, maladies cardiovasculaires, cancers, notamment du sein et du côlon, dégénérescence maculaire liée à l'âge).

L'ANSES recommande chez l'adolescent·e et l'adulte (10 ans et plus) exempts de pathologie particulière, un apport journalier de 250 mg d'EPA et de 250 mg de DHA. Elle recommande

également un apport en ALA de 1 % de l'apport énergétique (AE) total, soit 2,2 g par jour pour un adulte consommant 2 000 kcal par jour, et un apport en LA équivalent à 4 % de l'AE total. Soit un rapport optimal LA/ALA de 4. Pour la femme enceinte et allaitante, en l'absence de données expérimentales spécifiques, l'ANSES a fixé des références nutritionnelles égales à celles des adultes pour l'EPA et la DHA, soit un apport de 250 mg/j d'EPA et de 250 mg/j de DHA. L'apport en ALA doit être de 0,8 % de l'AE, soit 1,8 g/j pour la femme enceinte (3<sup>ème</sup> trimestre) consommant 2 050 kcal/j et de 2,0 g/j pour la femme allaitante consommant 2 250 kcal/j. Il y a malgré tout un manque de preuves basées sur des résultats cliniques significatifs pour soutenir la complémentation en DHA des femmes végétariennes enceintes et allaitantes, selon Sanders (217). Pour le nouveau-né et nourrisson (6 premiers mois), l'ANSES recommande (en particulier pour la constitution des laits infantiles) un apport en ALA égal à 0,45 % de l'AE, un apport en DHA de 0,32 % des AGT (acides gras totaux) et recommande un apport EPA < DHA. De nombreuses préparations pour nourrissons sont d'ailleurs aujourd'hui enrichies en DHA pour fournir des quantités similaires à celles présentes dans le lait maternel humain. Au-delà de 6 mois, selon Sanders, il existe un manque de données expérimentales solides pour soutenir le besoin de DHA alimentaire (217).

L'ANSES insiste sur l'importance du rapport LA/ALA, surtout dans le cas où il y a un déficit d'apport en EPA et DHA. C'est le cas des régimes végétariens et végétaliens (220).

Dans l'étude INCA3 (92), au sein de la population générale, le total des apports cumulés en EPA et DHA est de 286 mg/j chez les adultes ; 180 à 97 mg/j chez les adolescent·e·s et 100 à 200 mg/j (suivant la région) chez les enfants de 0 à 10 ans. Même au sein de la population générale, les apports en EPA et DHA des Français·e·s sont donc bien en dessous des recommandations .

- Limites supérieures de sécurité

L'EFSA n'a pas fixé de LSS pour l'ALA, compte tenu de l'absence de preuve de l'effet néfaste d'un fort apport en ALA (207).

Selon l'EFSA, les données disponibles ne sont pas suffisantes pour établir un Apport Maximal Tolérable (AMT) pour les AGPI n-3 DHA, EPA, DPA, individuellement ou combinés, pour une quelconque population. Aux doses absorbées dans le cadre d'une alimentation traditionnelle, les études montrent que les AGPI n-3 ne sont pas nocifs pour la santé des enfants ou des adultes. L'EFSA a estimé que l'ingestion de doses supplémentaires d'EPA et de DHA combinées n'excédant pas 5 g ne comporte aucun risque pour la population générale et en particulier n'entraîne pas de risque d'hémorragie. La consommation de doses quotidiennes maximales de 5 g pendant 12 à 16 semaines n'affecte pas non plus significativement la régulation de la glycémie chez la population diabétique ou non-diabétique, ni la fonction immunitaire, d'après l'EFSA (221).

Néanmoins, la consommation d'oméga à longue chaîne, dans le cadre de l'alimentation ou par la prise de compléments alimentaires, reste de loin inférieure à 5 g par jour au sein de la population française et est même en dessous des recommandations d'après l'étude INCA3, comme nous l'avons vu (92).

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique de la carence en oméga 3 à longue chaîne et biomarqueurs du statut en oméga 3 à longue chaîne*

Plusieurs méta-analyses indépendantes ont montré que les oméga 3 à longue chaîne, en particulier DHA et EPA, sont efficaces pour diminuer le risque de dépression. À l'inverse, les études montrent de manière concordante qu'une carence en ces oméga 3 à longue chaîne augmente le risque de dépression majeure (222).

Des études ont par ailleurs montré une corrélation positive entre des taux faibles d'oméga 3 à longue chaîne et des patient·e·s atteint·e·s de trouble dépressif majeur. Une supplémentation en oméga 3 à longue chaîne est suffisante pour rétablir des taux normaux chez ces patient·e·s et pour diminuer leurs symptômes dépressifs (222). Des chercheur·se·s proposent ainsi un dépistage systématique de la carence en oméga 3 à longue chaîne chez des

patient·e·s atteint·e·s de troubles psychiatriques et proposent une complémentation en DHA et EPA dans le traitement des troubles psychiatriques (222).

Il se pourrait que durant le développement, une carence en oméga 3 à longue chaîne puisse altérer le développement neuronal et les études sont limitées pour conclure à une réversibilité ou à une irréversibilité (222). Une insuffisance chronique en oméga 3 à longue chaîne lors du développement périnatal peut être un facteur de risque modifiable pour développer un trouble dépressif majeur plus tard (222).

Des essais cliniques précoces menées sur le rôle préventif de la consommation de poissons ou de capsules d'oméga 3 ont reporté une diminution du risque de MCV et de la mortalité toutes causes confondues (223). Ces résultats ont été expliqués par des essais cliniques conduits chez l'humain·e, qui montrent un effet des oméga 3 à longue chaîne sur la diminution des triglycérides plasmatique, sur la diminution de l'agrégation et de la pression artérielle, et des effets anti-arythmiques (224). Les recommandations nutritionnelles (qui incitent généralement à une consommation modeste de poissons, de 1 à 2 fois par semaine), toujours actuelles, se sont basées sur ces études (223). Cependant, au cours des six dernières années, les études n'ont pas montré d'effet bénéfique de la complémentation en AGPI oméga-3, dans la prévention des MCV (223). Il est possible que ces résultats aient pour causes les durées courtes de traitement, ou encore les doses relativement faibles d'oméga 3 à longue chaîne (généralement moins d'1 g par jour) (223). Des études sont en cours d'évaluation pour savoir si des bénéfices s'observent avec un apport de 4 g/j (223). Le lien entre un faible apport en oméga 3 à longue chaîne et le risque augmenté de MCV n'est donc pas évident, au regard des études actuelles (223).

Une analyse de la littérature de 2012 montre qu'en réponse à une supplémentation en DHA, le DHA des phospholipides plasmatiques, le DHA érythrocytaire et le DHA plaquettaire, sont des biomarqueurs efficaces et robustes du statut en DHA (225). Le taux de DHA des phospholipides plasmatiques reflète la consommation de DHA sur les derniers jours ; le taux de DHA érythrocytaire reflète la consommation de DHA au cours des 120 derniers jours (225). Néanmoins, en France, il semble que les laboratoires d'analyse médicale français ne puissent pas réaliser le dosage des oméga 3 à longue chaîne chez les patient·e·s.

## b) Statut en oméga 3 chez les populations végétariennes et végétaliennes

L'apport alimentaire en ALA est identique voire plus élevé chez les populations végétariennes et végétaliennes, comparées aux non-végétariennes. L'apport alimentaire en LA a tendance à être plus important chez les populations végétariennes et végétaliennes par rapport aux non-végétariennes. En revanche, les apports en EPA et en DHA sont bas chez les végétarien·ne·s et nuls chez les végétalien·ne·s (214) (217) (226).

Bien que les études montrent que la conversion de l'ALA en DHA pourrait être meilleure chez les populations végétariennes (207), les taux d'EPA et DHA dans le sang, plasma et tissus, sont significativement plus faibles chez ces populations (214) (217) (226), principalement en raison de l'absence d'apport alimentaire en EPA et DHA.

Les éventuelles conséquences cliniques sont inconnues (226). Malgré l'absence d'EPA et de DHA dans leur régime alimentaire, les végétalien·ne·s ont un risque plus faible de MCV prématurée que les sujets non-végétariens (217). Cependant, une des raisons à cela pourrait être que les bénéfices des oméga 3 à longue chaîne sur les MCV, ne se manifestent pas pour des apports inférieurs à 1 g/j, comme nous l'avons vu (217) (223), ce qui est pourtant déjà bien supérieur aux apports alimentaires de la plupart des régimes alimentaires, y compris non-végétariens (92). Par ailleurs, si l'on connaît l'importance du DHA pour diminuer le risque de déficit cognitif, de dépression, les études montrent que les régimes végétariens pourraient au contraire être associés à une amélioration de la santé mentale, d'après une récente analyse de littérature de Johnston publiée dans l'ouvrage de Mariotti (227). Plusieurs études dont deux essais contrôlés randomisés, – minimisant les biais et impliquant une corrélation de cause à effet entre l'alimentation et la santé mentale –, ont rapporté une amélioration de l'humeur suite à l'adoption d'un régime végétarien (au sens large), à court terme (2 semaines) ou à plus long terme (24 semaines) (227) (228) (229) (230) (231). Les mécanismes en jeu restent encore à étudier, mais d'après Johnston, il est probable que la consommation de certains nutriments – en particulier d'antioxydants comme la vitamine C et le  $\beta$ -carotène, présents en grandes quantités dans régimes végétariens –, engendrent un stress oxydatif diminué et des taux diminués d'eicosanoïdes PGE2 (prostaglandine E2), en comparaison avec un régime non-végétarien (227). Il est également probable que les régimes végétariens (au

sens large), engendrent une diminution des concentrations en médiateurs pro-inflammatoires qui affectent l'humeur et/ou améliorent les concentrations des neurotransmetteurs qui contrôlent l'humeur et la cognition (sérotonine et norépinéphrine) (227). Au vu de ces résultats, il serait possible que certaines propriétés des régimes végétariens, telles que la présence d'antioxydants en quantités élevées, – en ayant un effet positif sur les fonctions cognitives –, compensent un apport faible ou nul en oméga 3 à longue chaîne. Il faut toutefois ajouter qu'une étude observationnelle publiée en janvier 2018 (232) rapporte des scores de dépression sont plus élevés chez les hommes végétariens (au sens large). Les auteur-e-s précisent que l'étude ne permet pas de dire si l'adoption d'un régime végétarien augmente ou diminue le risque de symptômes dépressifs, puisqu'elle ne permet pas de montrer une quelconque relation causale. Le résultat observé peut avoir une origine nutritionnelle ou non.

Chez la femme enceinte végétarienne, bien que les apports en DHA du nourrisson soient moins importants (si elle ne fait pas usage de compléments de DHA), il n'existe pas de preuve clinique montrant une altération de la fonction cognitive des nourrissons de mères végétariennes (217).

Une étude prospective réalisée en Angleterre, portant sur 196 sujets non-végétariens, 231 végétarien-ne-s et 232 végétalien-ne-s, a montré que les taux plasmatiques d'EPA et de DHA sont plus faibles chez les végétarien-ne-s et chez les végétalien-ne-s, mais ne sont significativement pas associés avec la durée de l'adhésion à un régime végétarien ou végétalien. Les chercheur-se-s en déduisent que la production endogène d'EPA et DHA dans le plasma des végétarien-ne-s et végétalien-ne-s est faible mais reste stable au cours du temps (233).

c) [Prévention de la carence en oméga 3 et mesures correctives en cas de carence avérée en oméga 3](#)

- Prévention des carences

À ce jour, sauf erreur, aucune recommandation émanant de l'ANSES ou d'autres agences officielles n'a été réalisée concernant la complémentation en EPA et DHA chez les

végétarien·ne·s et les végétalien·ne·s. Les références nutritionnelles officielles sont donc les mêmes que pour la population générale.

Il est recommandé aux sujets végétariens et végétaliens de consommer des aliments riches en ALA, que sont certaines graines oléagineuses et huiles végétales (111) (107) : huile et graines de lin, graines chia, huile de noix, noix, huile de colza, huile et graines de soja, huile de germe de blé.

D'autre part, les végétarien·ne·s et végétalien·ne·s bénéficieraient particulièrement à augmenter l'efficacité de leurs enzymes de conversion, en veillant à garder un bon équilibre entre le LA et l'ALA : le rapport entre le LA et l'ALA ne doit pas être supérieur à 4 pour que la conversion soit optimale. Des études ont d'ailleurs montré qu'un excès de LA pouvait supprimer cette conversion (226) (210). Pour améliorer la conversion, certain·e·s chercheur·se·s suggèrent aux populations végétariennes et végétaliennes de doubler les apports en ALA (214), s'il n'y a pas d'apport en EPA et DHA issus de microalgues. Cependant, la question fait débat et nécessite davantage de recherche : plusieurs études s'accordent en effet à dire qu'un apport supplémentaire en ALA ne permettrait pas d'augmenter le taux de DHA dans le sang et dans le plasma des individus (234). Néanmoins, plusieurs études suggèrent que les taux de conversion de l'ALA en DHA pourraient être amélioré chez les végétarien·ne·s et végétalien·ne·s (207). D'autres études montrent également que les besoins en oméga 3 peuvent être satisfaits chez les populations végétariennes et végétaliennes avec le seul apport en ALA et que la synthèse endogène d'EPA et d'ALA est suffisante pour conserver des niveaux stables d'EPA et DHA (226) (235).

En conclusion, étant donné, d'une part, le débat autour de la conversion des AGPI et d'autre part, l'absence d'effet clinique délétère potentiellement lié à un taux faible de DHA chez les sujets végétariens et végétaliens, le caractère nécessaire de la complémentation en DHA pour ces sous-populations est débattu et il n'existe pas de consensus clair.

Par précaution, certaines associations recommandent aux populations végétariennes de se supplémenter en DHA (auquel il est possible d'ajouter l'EPA) d'origine végétale issu de microalgues, en particulier pour les individus présentant des besoins augmentés en EPA et

DHA, comme les femmes enceintes ou allaitantes (236). Il en est de même pour les individus pouvant présenter un taux de conversion plus bas, comme les personnes âgées ou les personnes souffrant de maladies chroniques comme le diabète (214). Un complément de 200 à 300 mg/jour a été suggéré pour ces individus (214).

Les personnes qui suivent un régime végétarien ou végétalien peuvent ainsi se compléter en oméga 3 à longue chaîne (DHA et éventuellement, EPA) si elles le souhaitent. Des compléments véganes issus de microalgues existent sur le marché, comme ceux de la marque Testa-oméga 3® (peu onéreux, contrairement à la majorité de ceux présents actuellement sur le marché français). Les études ont montré que les compléments alimentaires de DHA sont efficaces pour augmenter significativement le taux de DHA dans le sang, le plasma et les tissus, même sur une courte période. Une complémentation pendant une durée de 4 semaines est suffisante pour observer une différence significative du taux de DHA dans le sang et dans le plasma (234). La consommation régulière d'huile issue de microalgues augmente également le taux de DHA dans les lipides sanguins et le lait maternel (217) ; c'est également le cas d'une consommation régulière d'œufs, pour les personnes végétariennes qui en consomment (217). De futures études sont en revanche nécessaires pour déterminer la dose optimale d'apport en DHA chez les personnes végétariennes et végétaliennes désirant se supplémenter en DHA issu de microalgues.

- Traitement des carences

Comme dit plus haut, bien qu'au niveau biologique il existe des biomarqueurs fiables des oméga 3 à longue chaîne et en particulier du DHA (225), il semble que les laboratoires d'analyse médicale français ne pratiquent pas ce dosage. Il est donc difficile de diagnostiquer une carence en oméga 3 à longue chaîne en ne s'appuyant sur les signes cliniques. Malgré tout, comme nous l'avons vu, les études montrent que les oméga 3 à longue chaîne exercent une influence positive sur la santé mentale : ces observations ont conduit certain·e·s chercheur·se·s à inciter à un dépistage systématique de la carence en oméga 3 à longue chaîne chez des patient·e·s atteint·e·s de troubles psychiatriques, et à proposer une complémentation en DHA et EPA dans le traitement de ceux-ci (222). Bien que plusieurs études montrent que les alimentations végétariennes et végétaliennes n'engendrent pas

d'effet délétère sur la santé mentale (227) (228) (229) (230) (231), les sujets végétariens et végétaliens, s'ils le souhaitent, peuvent maximiser leur santé mentale en se complétant en DHA (et possiblement EPA) issus de microalgues.

## C) Fer

### *1/ Rappels et généralités*

- Fonction biochimique et régulation

Le fer est un minéral qui joue un rôle essentiel pour l'organisme. Il est notamment utilisé dans la synthèse de l'hémoglobine et de la myoglobine, dans la synthèse d'enzymes impliquées dans la respiration et dans la synthèse de l'ADN (184). La majorité du fer de l'organisme (70 %) est sous forme « héminique » (associé à l'hémoglobine ou à la myoglobine), tandis que le reste est sous forme « non héminique » (forme de transport et de réserve) (184).

Les réserves en fer de l'organisme sont régulées par des mécanismes complexes, pour éviter le risque de surcharge. La surcharge en fer est toxique pour la santé humaine, en raison du potentiel pro-oxydant du fer (donneur d'électrons) (184). Suivant les besoins de l'organisme, l'absorption du fer sera augmentée ou diminuée (184). Le fer provenant de l'alimentation sert essentiellement à pallier aux pertes (qui ne sont pas régulées d'après l'ANSES) et à répondre à l'accroissement des besoins dans certaines situations physiologiques, mais la majeure partie du fer de l'organisme vient du recyclage du fer provenant des hématies (184).

- Sources et biodisponibilité

D'après la table CIQUAL 2016 et le rapport INCA3 (92), le fer héminique (fer ferreux ou  $Fe^{2+}$ ) se trouve en grande quantité dans les viandes (boudin noir, foie, rognons, etc.), les produits de la mer (coquillages, poissons) et les œufs. Le fer non héminique (fer ferrique ou  $Fe^{3+}$ ) se trouve en grande quantités dans des aliments d'origine végétale tels que les légumineuses, les céréales, les germes de blé, le chocolat, les légumes à feuilles vertes, certains fruits

(abricots, fruits secs), les épices, etc. C'est également le fer non héminique que l'on trouve dans les produits laitiers.

Le fer héminique est plus assimilable que le fer non héminique des aliments végétaux ou des produits laitiers (107).

D'après INCA3 (92), les principaux groupes d'aliments vecteurs de fer pour les adultes français·e·s sont les viandes, poissons et œufs (26 %) ; les produits céréaliers (20 %, dont 13 % pour les pains) ; les fruits et légumes et produits à base de fruits et légumes (13 %, dont 6,2 % pour les légumes) ; les viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés (7,3 %) ; les sandwiches, pizzas, tartes, pâtisseries et biscuits salés (5,4 %). Les POA contribuent ainsi au total à 26 % des apports en fer chez les adultes français·e·s.

- Références nutritionnelles

Pour la population générale, les RNP ont été révisées et fixées par l'ANSES en 2016, de manière à assurer des réserves convenables. Ainsi la RNP est de 11 mg/j chez l'homme. Chez la femme en âge de procréer, deux références nutritionnelles différentes selon les pertes menstruelles ont été fixées : 11 mg/j pour une absence de pertes ou des pertes faibles à normales (80 % de la population) et 16 mg/j pour des pertes élevées. Chez la femme ménopausée, les références sont les mêmes que celles de la population masculine (184).

Les besoins chez la femme peuvent être ainsi plus élevés en raison des pertes plus importantes, lors des menstruations mais aussi lors de l'accouchement. Également, lors de la grossesse, la femme constitue les réserves en fer du fœtus.

Sauf erreur, il n'existe pas de référence nutritionnelle pour les personnes végétariennes et végétaliennes provenant d'instances officielles, en France ou ailleurs, mais l'IOM a recommandé en 2001 pour ces sous-populations une RDA 1,8 fois supérieure à la RDA de la population générale, estimant que la biodisponibilité du fer héminique était de 18 % et celle du fer non héminique de 10 % (107).

- Limite supérieure de sécurité

Selon l'ANSES, les données épidémiologiques rapportent une association positive entre des apports élevés en fer et une augmentation de l'incidence de maladies chroniques, en particulier MCV, DT2 et cancers digestifs (237). Cependant, en Europe, le risque d'effets délétères lors d'apports élevés (incluant des aliments enrichis mais excluant les compléments alimentaires) est faible, excepté pour les individus homozygotes pour l'hémochromatose (237).

En outre, l'EFSA a estimé en 2006 puis en 2015 que les manifestations gastro-intestinales indésirables lors des prises aiguës de fer en dehors des repas ne permettent pas de proposer une LSS pour le fer présent dans l'alimentation. L'ANSES ne propose donc pas de LSS pour le fer (184).

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique de la carence en fer et biomarqueurs du statut en fer*

D'après l'ANSES, une carence modérée en fer a un impact encore mal défini. Mais des études montrent qu'elle pourrait entraîner une diminution des performances physiques et intellectuelles, une susceptibilité accrue aux infections, des perturbations au cours de la grossesse, ou encore des anomalies dans le maintien de la température corporelle (184). À un stade très avancé, la carence en fer entraîne une anémie ferriprive (184).

L'insuffisance d'apport en fer peut être diagnostiquée au niveau biologique par l'analyse du taux de ferritine (réserves en fer) et d'hémoglobine dans le sang.

### *b) Statut en fer chez les populations végétariennes et végétaliennes*

Les résultats de l'AHS2 (n=71 751) ont montré que les apports moyens en fer sont légèrement supérieurs chez la population (ovo-lacto-)végétarienne et très légèrement inférieurs dans la population végétalienne, en comparaison avec la population non-végétarienne (185).

En France, les récents résultats de l'étude Nutrinet (89) rapportent que l'apport en fer est significativement le plus élevé dans la population végétalienne, suivie par la population végétarienne, puis par la population non-végétarienne. De plus, la prévalence d'apport inadéquat en fer est la plus faible chez la population végétalienne (0 % d'apport inadéquat chez les hommes végétaliens), suivie par la population végétarienne puis par la population non-végétarienne (ANNEXE 14 ; ANNEXE 15).

La prévalence d'anémie est similaire chez les personnes végétariennes et végétaliennes et est la même que chez les personnes non-végétariennes (89) (238).

En revanche, les études montrent que le taux d'hémoglobine, ainsi que les réserves en fer (ferritine) sont plus faibles chez les populations végétariennes et végétaliennes (196). Ceci pourrait être un avantage compte tenu de la corrélation positive entre le taux sanguin de ferritine et le risque de maladies chroniques. Basuli et son équipe ont publié en 2014 une revue de littérature montrant qu'il existe un lien solide entre un taux élevé de ferritine et une augmentation du risque de MCV et de diabète (239). Une large étude observationnelle menée chez des hommes coréens en bonne santé (n=18 022) a par exemple montré qu'un taux élevé de ferritine sérique est indépendamment associé à une augmentation significative de l'incidence de maladies chroniques (MCV et DT2) (240). Une récente étude menée chez 2 734 femmes post-ménopausées coréennes a montré qu'un taux élevé de ferritine sérique est indépendamment lié à une augmentation de la résistance à l'insuline et du risque de maladie métabolique (241). Il en est de même chez les femmes post-ménopausées dans les pays occidentaux (242).

Le fer non héminique est régulé par les réserves et dépend donc des besoins : son absorption varie suivant la composition du repas et le statut en fer (243). Collings et son équipe ont publié en 2013 une revue de littérature montrant que l'absorption du fer non héminique pouvait être estimée (au moyen d'une équation définie) en fonction de la composition du repas (présence d'aliments qui augmentent ou diminuent l'absorption du fer) et en fonction des réserves (évaluées par le taux de ferritine sérique). Les chercheurs ont montré que plus le taux de ferritine sérique est bas, plus l'absorption du fer non héminique est importante. Ainsi,

en fonction de l'alimentation et du statut en fer non héminique, l'absorption du fer non héminique pourrait varier de 1 % à 23 % (244).

Une étude expérimentale menée par Hunt et son équipe chez 31 hommes a montré qu'après 10 semaines de consommation de fer non héminique, l'absorption du fer augmentait d'environ 40 %. Ce résultat est en faveur d'un mécanisme d'adaptation homéostatique servant à garantir des réserves suffisantes en fer, lorsque le fer apporté par l'alimentation est moins biodisponible. Une autre étude expérimentale menée par Hunt et son équipe suggère qu'il pourrait y avoir une forme d'adaptation de l'organisme en cas d'apports faibles, par diminution des pertes de fer (245). Mais d'autres études sont nécessaires. L'ANSES comme nous l'avons vu, considère à ce jour qu'il n'y a pas d'adaptation des pertes de fer.

#### c) Prévention de la carence en fer et mesures correctives en cas de carence avérée en fer

- Prévention des carences

Même si les sujets végétariens et végétaliens sont rarement anémiés, certaines personnes et en particulier les femmes en âge de procréer, peuvent être plus à risque, sans mesure de précaution.

Aux États-Unis, une RDA a été fixée en 2001 pour la population végétarienne : elle était 80 % supérieure à la valeur pour la population générale (non-végétarienne), partant du principe que la biodisponibilité du fer était de 10 % chez les végétariens et de 18 % chez les non-végétariens (107). Cependant, on sait maintenant qu'il est probable que les personnes végétariennes pourraient absorber le fer non héminique plus efficacement (cf supra).

Les populations végétariennes (au sens large) peuvent d'une part, prévenir le risque de carence, en augmentant l'apport en fer et en privilégiant ainsi la consommation d'aliments riches en fer non héminique (légumineuses, céréales, germes de blé, chocolat, légumes à feuilles vertes, certains fruits comme les abricots et les fruits secs, épices, etc.). D'autre part, l'absorption du fer non héminique dépendant de la composition du repas, il est nécessaire de

favoriser la consommation d'aliments qui augmentent son absorption, comme la vitamine C (fruits, légumes à feuilles vertes, herbes aromatiques). Un apport augmenté en vitamine C pourrait être un moyen efficace de compenser la plus faible biodisponibilité du fer des végétaux, comme le soulignent les auteur-e-s de l'étude Nutrinet sur les régimes végétariens (89). À l'inverse, certains composés comme les polyphénols et les phytates, diminuent l'absorption du fer non héminique. Les tanins présents dans le thé et le café peuvent se lier au fer non héminique, ce qui empêche son absorption. Le thé et le café doivent donc être pris entre les repas. Les phytates, contenues dans l'enveloppe des céréales complètes, des légumineuses et graines oléagineuses, peuvent de la même manière se lier au fer non héminique et diminuer sa biodisponibilité (243). Afin de limiter l'apport en phytates, il est bénéfique d'utiliser des procédés comme le broyage, le trempage, la germination et la fermentation. Par exemple, le trempage permet l'activation des phytases (contenues dans l'enveloppe), qui dégradent les phytates. Il faut entre 4 et 8h de trempage (dans de l'eau, avec ajout possible de bicarbonate de sodium pour augmenter l'efficacité) pour la plupart des légumineuses (246). Tous ces procédés permettent non seulement une meilleure absorption du fer (ainsi que d'autres nutriments comme le zinc, le calcium, etc.) ; mais également, ils rendent la digestion plus facile (évite les ballonnements, flatulences) et permettent de réduire le temps de cuisson (196) (179). Par ailleurs, en cas de prise de compléments en calcium, ces derniers doivent être pris entre les repas parce qu'ils pourraient inhiber l'absorption du fer (243).

La prise de compléments de fer est réservée aux personnes présentant une anémie et ne doit pas être utilisée en prévention de la carence.

- Traitement des carences

Les compléments en fer sont tous à base de fer non héminique (fer ferrique). Ils sont généralement à base de sulfate, ou fumarate ou gluconate, lactate, ou bisglycinate de fer. Ils doivent être pris sous contrôle médical et à distance du thé et de certains médicaments (zinc, diphosphonates, fluoroquinolones, hormones thyroïdiennes, methyldopa, penicillamines, tétracyclines et topiques gastro-intestinaux).

Il existe des compléments végétaliens en fer : Ferrostrane<sup>®</sup>, Fumafer<sup>®</sup>, Solgar Fer<sup>®</sup>, Granions<sup>®</sup> de Fer. Ferrograd-vitamine C<sup>®</sup> est végétarien mais non végétalien (contient du lactose). Les compléments suivants ne sont pas végétaliens ni même végétariens : Tardyféron<sup>®</sup> (mucoprotéose aviaire), Tardyféron B9<sup>®</sup> (mucoprotéose aviaire), Timoférol<sup>®</sup> (gélatine), Ascofer<sup>®</sup> (gélatine).

Par ailleurs en cas de carence en fer, il est également important de favoriser une alimentation riche en fer provenant de végétaux, et qui améliore l'absorption de celui-ci (cf prévention des carences).

## D) Iode

### *1/ Rappels et généralités*

- Fonction biochimique

L'iode est un oligo-élément indispensable à la synthèse des hormones thyroïdiennes T3 (tri-iodothyronine) et T4 (tétrai-iodothyronine). L'iode a un rôle primordial dans les processus de croissance et de maturation cellulaire, dans la thermogénèse, l'homéostasie glucidique et lipidique ainsi que dans la modulation transcriptionnelle de la synthèse protéique (184).

Particulièrement au cours des premiers mois de la grossesse, l'iode joue un rôle important dans le développement cérébral du fœtus (184).

- Sources

Dans le cadre d'une mesure de santé publique, le sel de table est utilisé en France comme vecteur d'enrichissement en iode (1 860 µg/100 g contre 1,8 µg/100 g pour du sel non iodé). Outre le sel enrichi, d'après les données du CIQUAL 2016, les aliments les plus riches en iode sont les algues (kombu, nori, wakamé, etc.), les poissons, mollusques et crustacés (jusqu'à 400 µg/100 g), ainsi que le lait.

D'après les résultats d'INCA3 (92), chez les adultes français·e·s, les viandes, poissons et œufs contribuent à 22 % des apports en iode (dont 9,2 % pour les poissons) et les produits laitiers contribuent à 20 %. Les aliments végétaux (hors algues) sont également des vecteurs importants : les fruits et légumes contribuent à 12 % (dont 6,9 % pour les soupes et bouillons) ; les produits céréaliers à 12 % ; les condiments, herbes, épices et sauces à 6,8 %. Les POA contribuent ainsi au total à 42 % des apports en iode chez les adultes français·e·s.

Les algues étant très peu consommées en Europe par la population générale, leur contribution aux apports en iode est très faible. Toutefois, la consommation d'algues pourrait être plus courante chez les végétarien·ne·s. Dans une enquête réalisée en France en 2017, 29,6 % des végétarien·ne·s interrogé·e·s (n=430) ont déclaré consommer des algues (247).

- Références nutritionnelles

L'EFSA a mis à jour les références nutritionnelles pour l'iode en 2014 (248). L'agence a estimé que les études ne permettaient pas de fixer des recommandations pour l'iode et que la taille de la thyroïde constitue un biomarqueur de long terme de la couverture du besoin iodé.

Un apport satisfaisant (AS) a été défini à partir d'une large étude épidémiologique européenne portant sur des enfants, indiquant que la prévalence du goitre était la plus faible pour des concentrations urinaires d'iode supérieures à 100 µg/L. En l'absence de données similaires dans les autres populations, l'EFSA a appliqué cette limite à l'adulte, aux nourrissons, et à tous les enfants. Prenant en compte la diurèse moyenne et un coefficient d'absorption de 92 %, l'EFSA a fixé des références nutritionnelles qui prennent en compte les spécificités liées à l'âge (notamment les volumes urinaires et le poids). L'AS est de 70 µg/j pour les nourrissons de 7 à 11 mois ; 90 µg/j chez les enfants de 1 à 10 ans ; 120 à 130 µg/j de 11 ans à 17 ans. Pour les adultes, la référence est de 150 µg/j et de 200 µg/j chez la femme enceinte et allaitante (248). L'EFSA estime que les preuves sont insuffisantes pour fixer un BNM ou une RNP (248).

L'ANSES a retenu les valeurs de références de l'EFSA, qui sont identiques à celles définies par l'AFSSA en 2001, soit un AS de 150 µg/j chez les hommes et femmes adultes (184).

- Limites supérieures de sécurité

L'EFSA a proposé en 2006, puis confirmé en 2014, une LLS de 600 µg/j. Cette LLS a été retenue par l'ANSES (184). La LLS fixée pour les adultes en 2010 par l'IOM est presque deux fois supérieure, à 1 100 µg/j (249).

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique de la carence en iode et biomarqueurs du statut en iode*

La carence en iode peut être observée à tous les stades du développement, mais elle est particulièrement problématique chez la femme enceinte et le nourrisson, d'après l'EFSA. Une carence chronique en iode est associée à une hypertrophie compensatrice de la glande thyroïde (goitre) et à une hypothyroïdie (248).

La principale voie d'excrétion de l'iode étant le rein, l'iode urinaire est un bon indicateur des apports récents en iode. Le dosage plasmatique des hormones T4 et T3 est également un bon biomarqueur du statut en iode. Enfin, le volume de la thyroïde et la prévalence d'un goitre sont des indicateurs utiles, d'après l'EFSA (248).

### *b) Statut en iode chez les populations végétariennes et végétaliennes*

Il se pourrait que les végétarien·ne·s et d'autant plus les végétalien·ne·s qui ne consomment pas suffisamment de produits iodés provenant de sel iodé, d'algues, d'aliments enrichis ou compléments alimentaires, soient plus à risque de carence en iode (250) (251) (252). Mais rappelons que les céréales, légumes, fruits, herbes, condiments, épices et sauces, sont une source importante d'iode, puisque ces aliments contribuent déjà à 30,8 % des apports en iode chez les adultes français non-végétariens (92).

Dans l'étude Nutrinet récemment menée en France, les régimes végétariens et végétaliens sont associés à un apport plus important en iode, que le régime non-végétarien (89), mais ce

résultat est plutôt étonnant parce qu'il n'est pas en accord avec ce qui est généralement observé. Les auteur·e·s de l'étude ne proposent pas d'explication quant à ce résultat.

Peu d'études se sont intéressées à la prévalence de dysfonctionnement de la thyroïde parmi les régimes alimentaires végétariens. À ce jour, les seules ont été menées par Tonstad et son équipe.

Tonstad et son équipe se sont intéressées à la prévalence d'hypothyroïdie, en fonction de plusieurs régimes alimentaires, au sein de la cohorte de l'AHS2. Leurs résultats montrent que le régime végétalien est associé non pas à une augmentation de l'hypothyroïdie (comme nous pourrions nous y attendre compte tenu du risque d'insuffisance d'apport en iode), mais à une diminution du risque d'hypothyroïdie (OR = 0.78; 95% IC : 0.59-1.03), en comparaison avec le régime non-végétarien. Cependant, elle ne peut être considérée comme significative en raison de l'important écart type (la valeur haute est supérieure à 1) (253).

Partant du principe que ces régimes pouvaient être associés à une diminution des maladies auto-immunes comme l'ont suggérées plusieurs études, Tonstad et son équipe ont étudié la prévalence d'hyperthyroïdie (dont la cause principale est une auto-immunité, ou maladie de Basedow), en fonction de plusieurs régimes alimentaires, au sein de la cohorte de l'AHS2 (n=65 981). Les régimes végétaliens sont associés à une diminution significative de 51 % (OR = 0.49; 95 % IC : 0.33-0.72) de la prévalence de d'hyperthyroïdie tandis-que les régimes (ovo-lacto-)végétariens sont associés dans l'étude à une diminution significative de 28 % (OR = 0.65; 95 % IC : 0.53-0.81), en comparaison avec le régime non-végétarien (254).

Une étude, basée sur un seul cas, s'est intéressée au cas d'une hypothyroïdie néonatale observée chez un enfant dont la mère a suivi un régime végétalien pendant la grossesse. La mère présentait elle-même une hypothyroïdie (255).

Certains aliments végétaux, pouvant être consommés en quantité dans les régimes végétariens, sont goitrigènes (ils bloquent l'absorption de l'iode) : c'est par exemple cas du manioc, certaines espèces de millet, ou encore les légumes crucifères, comme le chou. Selon l'IOM, la plupart de ces substances ne sont pas associées à des dysfonctionnements de la

thyroïde, à moins qu'il y ait une carence en iode coexistante (249). Par ailleurs, d'après l'IOM, les carences en vitamine A, en sélénium ou en fer peuvent chacune exacerber les effets de la carence en iode (249).

#### c) Prévention de la carence en iode et mesures correctives en cas de carence avérée en iode

- Prévention des carences

Les personnes végétariennes et surtout végétaliennes, d'autant plus si elles sont à risque (femmes enceintes) ont un intérêt à consommer du sel iodé ainsi que des algues. Les produits industriels transformés sont à éviter, notamment du fait qu'ils contiennent du sel non enrichi en iode.

Comme le montrent les résultats de l'étude INCA3 (92), les aliments végétaux (hors algues), consommés en grande quantité dans les régimes végétariens (au sens large), sont des vecteurs importants d'iode et pourtant généralement sous-estimés : chez la population générale adulte (non-végétarienne), ils contribuent déjà à 30,8 % des apports totaux : 12 % pour les fruits et légumes, 12 % pour les produits céréaliers et 6,8 % pour les condiments, herbes, épices et sauces.

Si l'apport alimentaire en iode n'est pas suffisant, il peut être utile de consommer des compléments alimentaires contenant de l'iode : par exemple, le complément alimentaire Veg1® contient notamment 150 µg d'iode par comprimé à croquer ou à sucer. D'après Leung et son équipe, et d'après l'ADA, les femmes végétaliennes en âge de procréer devraient se compléter avec 150 µg/j d'iode (107) (252).

- Traitement des carences

Une carence avérée et chronique en iode se manifeste sous forme de symptômes associés à une hypothyroïdie (notamment goitre, augmentation de la TSH) et nécessite une prise en charge sérieuse par un-e endocrinologue.

## E) Zinc

### *1/ Rappels et généralités*

- Fonction biochimique

Le zinc est un oligoélément essentiel impliqué dans de nombreuses fonctions cellulaires d'ordre catalytique, structural et régulateur. Il intervient dans l'activité de près de trois cents enzymes et dans les différentes étapes de la synthèse protéique, notamment l'activation des enzymes impliquées dans la synthèse des acides nucléiques, la réparation de l'ADN, la régulation des histones et le déclenchement de la lecture du génome par l'intermédiaire des facteurs de transcription (protéines « à doigts de zinc »). Le zinc est également impliqué dans la stabilisation de la structure tertiaire de certaines hormones peptidiques (insuline, thymuline), dans le métabolisme des AGPI et des prostaglandines ainsi que dans la stabilité des membranes cellulaires. Enfin, le zinc est un cofacteur de la superoxyde dismutase (SOD), qui permet la réduction de la concentration d'anions superoxyde et est ainsi impliqué dans la lutte contre les effets des espèces réactives dérivées de l'oxygène (ERDO) (184).

- Sources et biodisponibilité

D'après les données du CIQUAL 2016, les POA contiennent d'importantes quantités de zinc (viandes, abats, fromage, poissons, mollusques, crustacés). Plusieurs groupes d'aliments d'origine végétale en contiennent également d'importantes quantités : les légumineuses (haricots blancs, flageolets, lentilles, pois-chiches, fèves, haricots rouges, etc.), les oléagineux (graines de sésame, graines de courge, noix de cajou, graines de tournesol, noix de pécan, noix du Brésil, amandes, etc.) et les céréales complètes.

En revanche, le zinc issu des produits végétaux est moins biodisponible que celui issu des POA, en raison de la présence d'anti-nutriments, en particuliers les phytates (présents dans les légumineuses, les céréales complètes et les oléagineux) (196). La biodisponibilité du zinc a ainsi été estimée à 15-26 % dans les aliments végétaux, contre 33-35 % dans les POA (196).

D'après les données de l'étude INCA2 (l'étude INCA3 ne fournit pas ces données), les principaux contributeurs aux apports en zinc de la population adulte française sont les viandes (19,6 %) et le fromage (11 %), suivis par le pain et produits de panification (9 %), les plats composés (6,6 %) ainsi que la charcuterie (6 %) (184). Les POA contribuent ainsi au total à 36,6 % des apports en zinc chez la population française.

- Références nutritionnelles

L'ANSES a redéfini les références nutritionnelles pour le zinc en 2016 (184), en reprenant celle établies par l'EFSA en 2014 (256). En 2014, l'EFSA a ainsi proposé quatre valeurs de RNP, selon la teneur en phytates du régime alimentaire (300, 600, 900 et 1 200 mg/j). La RNP est d'autant plus élevée que l'apport en aliments céréaliers complets et légumineuses est élevé. L'EFSA a fixé les valeurs suivantes, chez les hommes et femmes adultes : pour les hommes, la BNM est de 7,5-12,7 mg/j et la référence populationnelle est de 9,4-16,3 mg/j, selon l'apport en phytates (300-1 200 mg/j) ; Pour les femmes, le BNM est de 6,2-10,2 mg/j et la référence populationnelle est de 7,5-12,7 mg/j, selon l'apport en phytates (300-1 200 mg/j) (256).

Les apports en phytates de la population française n'étant pas connus, l'ANSES s'est basée sur les apports estimés aux Royaume-Uni (entre 600 et 900 mg/j selon l'âge et le sexe). Compte tenu des niveaux de consommation modérés de produits céréaliers complets et de légumineuses dans la population française et des quelques données disponibles pour d'autres pays européens (Royaume-Uni, Italie, Suède, Italie), l'ANSES n'a pas retenu la valeur la plus haute de la fourchette proposée par l'EFSA et correspondant à une consommation de 1 200 mg/j de phytates (184). Dans ces conditions, les valeurs de référence établies par l'ANSES pour la population générale sont les suivantes (pour des apports en phytates de 300 et 900 mg/j) : pour les hommes, le BNM est de 7,5-11 mg/j et la RNP est de 9,4-14 mg/j ; Pour les femmes, le BNM est de 6,2-8,9 mg/j et la RNP est de 7,5-11 mg/j (184).

L'ANSES ajoute dans son rapport que « les valeurs hautes pourraient être adaptées aux sous-populations très faiblement ou non-consommatrices de produits animaux » (184). La RNP pourrait ainsi être de 14 mg/j chez les hommes végétariens ou végétaliens et de 11 mg/j chez les femmes végétariennes ou végétaliennes.

- Limites supérieures de sécurité

L'EFSA a confirmé en 2014 la LSS qu'elle avait déjà fixé en 2016, à savoir 25 mg/j (256). L'ANSES a repris cette LSS dans le rapport de 2016 (184). Cette valeur est basée sur les résultats d'études montrant que les marqueurs du statut en cuivre étaient altérés chez des sujets consommant 50 mg/j de zinc (un facteur d'incertitude de 2 a été ajouté, compte tenu du faible échantillon de sujets).

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique de la carence en zinc et biomarqueurs du statut en zinc*

D'après l'EFSA, on connaît peu les effets spécifiques d'une déficience en zinc, mis à part ceux observés chez les nouveau-nés, comme l'acrodermie entéropathique (256). Le ralentissement de la croissance osseuse est la principale manifestation clinique chez l'enfant en cours de croissance de la carence en zinc chronique (256).

Le système immunitaire est particulièrement vulnérable à la carence en zinc, du fait de son taux élevé de prolifération cellulaire. Une carence en zinc peut entraîner une baisse de l'activité du système immunitaire et une plus grande vulnérabilité aux infections bactériennes ou parasitaires, comme les infections entérocoliques (257). Une étude menée en essai contrôlé randomisé a montré qu'une complémentation en zinc chez les enfants dans différents pays en voie de développement diminuait significativement la prévalence de diarrhées et de pneumonies, qui sont deux premières causes de mortalité chez les enfants dans ces pays (258).

Une carence en zinc peut entraîner des symptômes cutanéomuqueux (retard de la cicatrisation, rash cutanés, alopecie, etc.), digestifs (diarrhée), sexuels (retard de la maturation sexuelle), ou des troubles du système nerveux central, mais qui ne sont pas spécifiques (259).

Les études chez l'humain·e montrent que les symptômes liés à une carence sévère en zinc apparaissent rapidement mais disparaissent également rapidement avec un traitement (260).

Les enfants et adolescent·e·s, les femmes enceintes et allaitantes, ont des besoins accrus en zinc et de ce fait sont particulièrement vulnérables aux carences. Par ailleurs, les concentrations de zinc plasmatique peuvent diminuer dans certaines conditions physiologiques (infection, traumatisme, stress, utilisation de stéroïdes, après un repas, etc.), en raison d'une redistribution métabolique du zinc du plasma vers les tissus (260).

Au niveau biologique, d'après l'EFSA, la concentration plasmatique ou sérique en zinc sont les deux biomarqueurs fiables du statut en zinc (256).

#### b) Statut en zinc chez les populations végétariennes et végétaliennes

Dans l'étude Nutrinet, l'apport en zinc des populations végétariennes (10 mg/j) et végétaliennes (9,9 mg/j) est légèrement inférieur à celui de la population non-végétarienne (10,9 mg/j), mais l'apport moyen reste conforme aux recommandations ; la prévalence d'apport inadéquat par rapport aux RNP françaises est en revanche plus élevée chez la population végétalienne (6,4 % chez les hommes végétaliens < 65 ans) et surtout végétarienne (9,2 % chez les hommes végétariens < 65 ans), comparées à la population non-végétarienne (1,1 % chez les hommes non-végétariens < 65 ans), alors que cette prévalence est quasiment nulle chez les non-végétarien·ne·s ( ANNEXE 14 ; ANNEXE 15) (89).

Foster et son équipe ont publié en 2015 une analyse de littérature présentant une méta-analyse de 26 études qui comparent le statut en zinc des populations végétariennes par rapport aux populations non-végétariennes (261). Chez les sujets (ovo-lacto-)végétariens, les apports ainsi que les concentrations sanguines (plasmatiques ou sériques) en zinc sont les mêmes que chez les sujets non-végétariens. Les apports ainsi que les concentrations sanguines (plasmatiques ou sériques) en zinc sont plus faibles au sein de la population végétalienne, mais restent dans les valeurs normales. D'après Foster et son équipe, au vu des études disponibles, il n'est pas possible d'affirmer que la carence en zinc est plus fréquente chez les populations végétariennes et végétaliennes dans les pays développés, mais il reste prudent de fournir des conseils diététiques appropriés pour augmenter la teneur en zinc et sa biodisponibilité dans ces régimes pendant les périodes de besoins accrus (261).

Les sujets végétariens et végétaliens peuvent donc avoir un statut nutritionnel en zinc adéquat (89) (261).

L'absence d'effet adverse observé chez les sujets végétariens et végétaliens qui pourraient avoir un lien avec une carence en zinc, ainsi que le statut normal malgré la plus faible biodisponibilité, sont peut-être dus à des mécanismes d'adaptation (261). L'adaptation à une biodisponibilité plus faible pourrait se faire par augmentation de l'absorption (262). L'adaptation serait meilleure chez les sujets adoptant une alimentation végétarienne ou végétalienne sur le long terme (plutôt que sur du court terme) (262).

Chez les populations les plus à risque (femmes enceintes et allaitantes, enfants, personnes âgées), les preuves sont insuffisantes pour déterminer si le statut en zinc est diminué ou non (261).

#### c) Prévention de la carence en zinc et mesures correctives en cas de carence avérée en zinc

- Prévention des carences

Comme nous l'avons vu, les populations végétariennes et végétaliennes – et en particulier les enfants et adolescent·e·s en cours de croissance ainsi que les femmes enceintes et allaitantes –, pourraient être plus vulnérables aux carences en zinc que la population non-végétarienne, surtout dans le cas où la consommation d'aliments végétaux riches en zinc n'est pas suffisante. Ces populations ont un intérêt à favoriser une alimentation qui satisfait les apports en zinc.

Ces populations peuvent privilégier la consommation d'aliments végétaux riches en zinc comme les légumineuses (haricots blancs, flageolets, lentilles, pois-chiches, fèves, haricots rouges, etc.), les oléagineux (graines de sésame, graines de courge, noix de cajou, graines de tournesol, noix de pécan, noix du Brésil, amandes, etc.) et les céréales complètes.

Certains composés, présents dans les aliments, augmentent ou diminuent la biodisponibilité du zinc (263). Notamment, les phytates sont présents en grande quantité dans les

légumineuses, les céréales complètes et graines oléagineuses et sont de puissants inhibiteurs de l'absorption du zinc (264), du fait des deux charges négatives portées par les phosphates. Avec le zinc, ils forment des complexes solubles au pH acide de l'estomac, et précipitent au pH neutre de l'intestin, où ils sont en conséquence mal absorbés.

Comme nous l'avons déjà vu, il existe des procédés permettant de diminuer le taux de phytates, en augmentant l'activité des phytases contenues naturellement dans l'enveloppe des céréales complètes et légumineuses : le trempage (entre 4 et 8h pour la plupart des légumineuses), la mise en germination ou la mise en fermentation. L'ajout de phytases lors du procédé industriel permet aussi d'améliorer la biodisponibilité. D'autres procédés non-enzymatiques ont été décrits pour augmenter efficacement l'absorption du zinc, comme la mouture des céréales, qui permettrait d'éliminer jusqu'à 90 % des phytates. En revanche, le blanchissement n'est pas une solution efficace, car s'il permet de réduire le taux de phytates, il élimine aussi un grand nombre de nutriments (265). Les céréales et les légumineuses étant la principale source de zinc chez les populations végétariennes et végétaliennes, celles-ci ont un fort intérêt à utiliser ces procédés, d'autant qu'ils permettent d'améliorer également la biodisponibilité d'autres nutriments chargés positivement dans les conditions physiologiques de l'organisme (en particulier le calcium, le fer ou le manganèse).

L'industrie agro-alimentaire met actuellement en place des techniques de biofortification des cultures vivrières (par sélection des espèces ou par génie génétique), un processus qui permet d'obtenir des cultures dont la valeur nutritionnelle est accrue. Elles sont particulièrement utiles dans les pays en voie de développement, où le taux de malnutrition est important : à ce jour, plus de 20 millions de personnes dans le monde issus de pays en voie de développement, se nourrissent de végétaux issus de cultures biofortifiées (266). Ces techniques constituent également une voie pour améliorer la biodisponibilité du zinc et autres nutriments dans les pays développés.

Il a été suggéré que le calcium pourrait diminuer l'absorption du zinc, en augmentant l'impact des phytates sur la biodisponibilité de ce dernier (263). Mais d'autres résultats montrent que le calcium n'aurait pas d'impact sur la biodisponibilité du zinc (267).

L'effet du fer sur la biodisponibilité du zinc a longtemps été discuté, mais il semble que le fer alimentaire n'ait finalement pas d'impact sur celle-ci (268), ce qui a été confirmé par l'EFSA (256). Selon l'EFSA, seules des fortes doses de compléments de fer peuvent avoir un impact sur la biodisponibilité du zinc, si le complément est administré simultanément (256).

- Traitement des carences

En cas de carence avérée, l'apport en zinc peut être augmenté par l'alimentation (cf prévention des carences) et/ou par la prise de compléments de zinc. Les sujets végétariens ou végétaliens ne parvenant pas à atteindre des apports satisfaisants en zinc peuvent se compléter avec des Granions de zinc® (gluconate de zinc), ou des Oligosols Zinc® (gluconate de zinc). Pour ces deux compléments, la voie est sublinguale, et les oligosols doivent être gardés une à deux minutes dans la bouche avant d'être avalés. Les compléments de zinc doivent être pris à distance des repas, pour en améliorer la biodisponibilité. Le Rubozinc® et l'Effizinc® contiennent de la gélatine animale et ne sont donc pas des compléments végétariens.

## F) Calcium

### *1/ Rappels et généralités*

- Fonction biochimique et régulation

Le calcium est un constituant majeur de l'os et le minéral le plus abondant de l'organisme (1 à 2 % du poids corporel). Il est impliqué le contrôle de la contraction musculaire, la transmission nerveuse, la fonction vasculaire et la coagulation. Il joue un rôle clé dans la minéralisation du squelette, ainsi que dans de nombreuses fonctions biologiques telles que la contraction musculaire, l'excitabilité neuromusculaire, la vasomotricité, la coagulation sanguine, la perméabilité membranaire, la libération d'hormones, l'activation d'enzymes ainsi que la signalisation cellulaire (184).

La calcémie est régulée par la parathormone, le 1,25 dihydroxycholecalciférol (métabolite actif de la vitamine D) et la calcitonine et ce, en lien avec les réserves osseuses (184). La régulation du métabolisme calcique intervient au niveau de l'absorption intestinale et de l'excrétion urinaire du calcium, de la résorption et de la formation de la matrice osseuse (184).

- Sources et biodisponibilité

D'après les données du CIQUAL 2016, les aliments les plus riches en calcium sont les produits laitiers, les légumineuses et oléagineux, les produits céréaliers, certains légumes à feuilles (choux, bettes, épinards, etc.), les fruits de mer et certaines eaux dures.

La biodisponibilité du calcium est diminuée par les oxalates et phytates, présents en quantité dans certains aliments (107) (269). Dans les légumes à forte teneur de oxalate (épinards, feuilles de betterave, bettes), la biodisponibilité du calcium est d'environ 5 % ; dans les légumes à faible teneur en oxalate (chou frisé, chou chinois, navets), la biodisponibilité du calcium est d'environ 50 % ; Les haricots blancs, amandes, tahin, figues, oranges, etc., contiennent des quantités modérées de calcium, avec une biodisponibilité d'environ 20 % (107). Les fibres ne semblent pas diminuer l'absorption du calcium (269). Les aliments enrichis en calcium (par l'utilisation de sels de calcium), ont une biodisponibilité égale ou supérieure à celle du calcium du lait de vache (269). Le calcium du phosphate tricalcique utilisé pour enrichir le « lait » de soja, a une biodisponibilité égale à 75 % du celle du calcium du lait de vache (269). Le calcium du chlorure ou sulfate de calcium utilisé pour enrichir le tofu a une biodisponibilité similaire à celle du lait de vache (269). Le calcium contenu dans l'eau minérale a une biodisponibilité égale ou supérieure à celle du lait de vache (269).

- Références nutritionnelles

Dans son récent rapport, l'ANSES a revu à la hausse par rapport à 2001 l'estimation des besoins en calcium ainsi que les références nutritionnelles en calcium, en reprenant les références établies par l'EFSA en 2015 (184). Pour les adultes de moins de 24 ans, le BNM a été estimé à 860 mg/j et la RNP à 1 000 mg/j ; Pour les adultes de plus de 24 ans, le BNM a été estimé à 750 mg/j et la RNP à 950 mg/j (184).

L'OMS a proposé en 2004 deux valeurs de besoins et recommandations d'apport calcique pour tenir compte de la variabilité des contextes nutritionnels. Les valeurs les plus hautes correspondent aux recommandations pour la population occidentale, tandis que les valeurs basses sont destinées aux populations ayant de faibles apports en protéines animales (moins de 40 g/j) et de protéines de façon générale, et dont les pertes urinaires en calcium sont de ce fait plus faibles. L'OMS a ainsi fixé un BNM de 600 mg/j et une RNP de 750 mg/j chez les femmes < 65 ans et chez les hommes qui consomment peu de POA (contre un BNM de 840 mg/j et une RNP de 1 000 à 1 100 mg/j pour ceux et celles ayant un régime alimentaire occidental) ; chez les femmes > 65 ans consommant peu de POA, l'OMS a fixé un BNM de 670 mg/j et une RNP de 800 mg/j (contre un BNM de 1 000 et une RNP de 1 300 chez les femmes > 65 ans ayant un régime alimentaire occidental) (184).

D'après l'étude INCA3 (92), les produits laitiers (hors boissons chaudes) contribuent à 38 % de l'apport total en calcium de la population générale adulte (dont 18 % pour les fromages) ; les fruits et légumes et aliments à base de fruits et légumes contribuent à 10 % des apports en calcium ; les eaux conditionnées 8,4 %, les sandwichs, pizzas, tartes, pâtisseries et biscuits salés à 7,9 % et les boissons chaudes à 7,2%. Au total, les POA contribuent ainsi à au moins 38 % des apports en calcium de la population générale adulte.

- Limite supérieure de sécurité

L'ANSES a repris la LSS fixée en 2006 et confirmée en 2015 par l'EFSA, soit 2 500 mg/j. Cette LSS a été fixée en regard des nombreuses études d'intervention de longue durée (alimentation et compléments alimentaires) dans lesquelles aucun effet délétère n'a été rapporté pour des apports de 2 500 mg/j (184).

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique de la carence en calcium et biomarqueurs du statut en calcium*

Si l'apport alimentaire en calcium est insuffisant pour satisfaire les besoins physiologiques, le calcium est résorbé du squelette pour maintenir les concentrations sanguines dans les limites

des fonctions cellulaires et tissulaires normales. Cette résorption osseuse entraîne une réduction de la masse osseuse, qui conduit à une diminution de la densité minérale osseuse (DMO) ou ostéopénie, de l'ostéoporose (caractérisée par une DMO très basse) et un risque accru de fracture (270). Une faible consommation de calcium coexiste souvent avec une carence en vitamine D. Chez l'enfant, une carence en calcium ou en vitamine D peuvent indépendamment conduire à un rachitisme (270). Chez l'enfant, un apport insuffisant en calcium entraîne un retard de croissance et une courbure des os longs (270). Les femmes après la ménopause, sont particulièrement à risque d'ostéoporose (270).

Il n'existe aucun biomarqueur fiable du statut en calcium, d'après l'EFSA (270). Notamment, la mesure de la calcémie peut être utilisée pour identifier les perturbations du métabolisme du calcium, mais elle n'est pas utile pour évaluer le statut en calcium chez l'humain·e en bonne santé, d'après l'EFSA (270).

#### b) Statut en calcium chez les populations végétariennes et végétaliennes

Dans l'étude Nutrinet, les populations végétariennes et végétaliennes ont des apports en calcium significativement inférieurs à ceux de la population non-végétarienne, en particulier chez les femmes (271). Pour la population végétarienne, l'apport en calcium est de 960 mg/j, ce qui reste en adéquation avec la RNP française. L'apport en calcium est de 760 mg/j pour la population végétalienne, ce qui est en dessous de la RNP française (271). Mais comme nous l'avons vu plus haut, la RNP française ne prend pas en compte le fait que les besoins en calcium soient diminués chez les populations qui consomment peu ou pas de POA (184) : elles ne s'appliquent donc pas aux populations végétariennes. À l'inverse, l'OMS a fixé une RNP de 750 à 800 mg/j (selon l'âge et le sexe) (184) : les apports en calcium de la population végétalienne française au sein de la cohorte Nutrinet sont en adéquation avec les recommandations de l'OMS.

Dans une étude d'intervention à court terme menée chez des femmes, le plus faible apport en calcium apporté par une alimentation végétarienne et végétalienne a été compensé par une diminution de l'excrétion de calcium dans les fèces (269).

Des études ont montré que les alimentations riches en viande pourraient augmenter la charge acide rénale et augmenter l'excrétion urinaire du calcium. Cette excrétion pourrait être modulée par l'apport en calcium : lorsque l'apport en calcium est élevé, une consommation élevée en protéines pourrait réduire le risque de fracture ; à l'inverse si l'apport en calcium est faible, un fort apport en protéines et en particulier en protéines animales pourrait contribuer à l'érosion osseuse (272). Par exemple, dans une grande cohorte de femmes ménopausées françaises, dans le quartile inférieur de calcium (< 400 mg/1 000 kcal), un apport élevé en protéines et en particulier un apport élevé en protéines animales, a été corrélé à un risque accru de fractures (272). Par ailleurs, le fait de tamponner la charge d'acide alimentaire par des apports élevés d'aliments alcalins et riches en potassium comme les fruits et les légumes, peut garantir qu'un apport élevé en protéines soit bénéfique plutôt que préjudiciable à la santé osseuse (272).

Par ailleurs, dans son récent rapport d'expertise sur les relations entre aliments et risques de maladies chroniques, l'ANSES a pour la première fois jugé qu'il n'est pas possible, d'après les études disponibles, d'établir une relation entre la consommation de produits laitiers et le risque de fracture (48). L'ANSES ajoute que les données sont néanmoins insuffisantes pour conclure à une absence de lien et estime que cette conclusion ne remet pas en cause l'intérêt des produits laitiers pour la croissance osseuse et l'acquisition du pic de masse osseuse pour l'enfant, l'adolescent et le jeune adulte (48).

Malgré tout, les études disponibles, même si elles sont limitées et même si elles ne concordent pas toutes entre elles (269), montrent que les populations végétariennes et surtout végétaliennes, pourraient être plus à risque de diminution de la DMO et plus à risque de fracture (269) (273) (274).

Dans une étude publiée par Appleby et son équipe et s'intéressant au risque de fracture chez les populations végétariennes au sein de la cohorte EPIC-Oxford (275), l'incidence de fracture est la même entre la population (ovo-lacto-)végétarienne et la population non-végétarienne, mais est augmentée de 30 % (OR : 1.30 ; 95% IC : 1.02-1.66) dans la population végétalienne, comparée à la population non-végétarienne. En revanche dans l'étude, pour les sujets végétaliens qui consomment au minimum 525 mg de calcium par jour, le risque de fracture

est égal (OR : 1,00 ; 95% IC : 0,69-1,44) à celui de la population non-végétarienne et (ovo-lacto-)végétarienne. Malgré tout, ce résultat est à considérer avec précaution, étant donné que la valeur haute de l'écart type est supérieure à 1.

Il est important de préciser que l'état osseux ne dépend pas que du statut en calcium. Les études montrent que chez les adultes végétarien·ne·s, un état osseux à risque a été lié à un faible apport en protéines et à un faible apport en vitamine B12 (269). Plus généralement, l'état osseux dépend du statut en calcium, vitamine D, protéines et vitamine B12 (269) (107) (273) (274). Il dépend également du statut en potassium, vitamine K, magnésium, antioxydants et anti-inflammatoires (273) (274), présents en grande quantité dans les alimentations végétarienne et végétalienne (273) (274).

#### c) Prévention de la carence en calcium et mesures correctives en cas de carence avérée en calcium

- Prévention des carences

En raison du faible apport en POA ou de l'absence d'apport en POA dans les alimentations végétariennes et végétaliennes, le besoin en calcium de ces populations est jugé plus faible, notamment par l'OMS comme nous l'avons vu.

Les populations végétarienne et végétalienne peuvent satisfaire le besoin en calcium par la consommation d'aliments végétaux considérés comme de bonnes sources de calcium : légumes pauvres en oxalate et phytate, produits à base de soja, gaines oléagineuses, eau minérale riche en calcium (107) (269) (272).

Selon les études disponibles, il peut être plus avantageux pour les végétalien·ne·s d'obtenir le calcium à partir des aliments (y compris des aliments enrichis), plutôt que d'utiliser des compléments de calcium (272).

- Traitement des carences

Comme nous l'avons dit, il n'existe pas de biomarqueur fiable du statut en calcium. La carence en calcium est donc difficile à estimer. En cas de soupçon d'insuffisance d'apport, il peut être préférable d'augmenter les apports en calcium par l'alimentation plutôt que par l'usage de compléments. Le calcium est en effet mieux obtenu à partir de sources alimentaires plutôt que par les compléments (272). Éviter les excès en sodium (sel de table, certaines eaux minérales) permet également de diminuer l'excrétion de calcium (269).

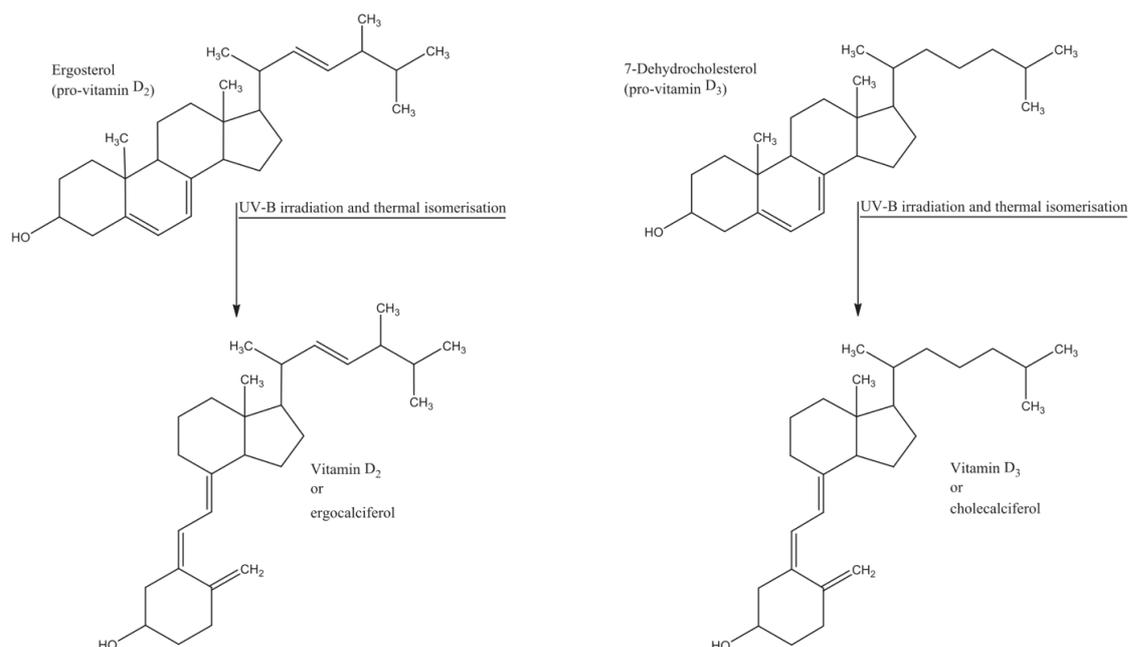
Comme dit précédemment, l'état osseux dépend du statut en de nombreux autres nutriments présents en grandes quantités dans alimentations végétariennes (au sens large) tels que le magnésium, le potassium, les vitamines K, les phytonutriments antioxydants (en particulier vitamine C, vitamine E et caroténoïdes) et anti-inflammatoires (273). Il dépend également des apports en protéines et en vitamine B12, en calcium et vitamine D (269) (107) (273) (274). Les populations végétarienne et végétalienne ont donc un fort intérêt à assurer conjointement un apport suffisant (au moyen de compléments si besoin) en protéines (ce qui est généralement le cas), en vitamine B12 et en vitamine D. En tenant compte de ces considérations et de par leur richesse en nutriments protecteurs de la santé osseuse, un régime végétarien ou végétalien de bonne qualité peut fournir une base saine pour la construction et le maintien de la santé osseuse (273).

## G) Vitamine D

### *1/ Rappels et généralités*

- Structure

La vitamine D existe sous deux formes (toutes deux liposolubles) : l'ergocalciférol ou vitamine D<sub>2</sub> et le cholécalciférol ou vitamine D<sub>3</sub>. Ces deux vitamines sont formées respectivement à partir de leur provitamine respective – l'ergostérol et le 7-déshydrocholestérol (7-DHC) –, par irradiation par les UVB (conversion photochimique) puis isomérisation thermique (276) (Figure 33). Sans précision, la vitamine D désigne à la fois la vitamine D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub>.



**Figure 33** : Structure chimique des vitamines D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> et de leur provitamine respective  
 Source : EFSA, 2016 (276)

- Fonction biochimique

La vitamine D assure la minéralisation des tissus minéralisés (os, cartilage et dents) pendant et après la croissance. Elle contribue, avec la parathormone (PTH), au maintien de l'homéostasie calcique (49).

L'insuffisance en vitamine D a également été associée à un risque accru d'hypertension, de maladies auto-immunes, de diabète et de cancer (277). Davantage de recherches sont cependant nécessaires pour établir une conclusion et pour montrer notamment une relation causale (278).

La vitamine D est convertie dans le foie en 25-hydroxyvitamine D ou 25(OH)D, qui est ensuite hydroxylée dans le rein pour former le métabolite actif : le 1,25-dihydroxyvitamine D ou 1,25(OH)D, également appelée calcitriol.

- Sources

Chez l'humain·e, l'apport en vitamine D est surtout assuré par une production endogène par les cellules profondes de l'épiderme, qui résulte de l'exposition aux UVB. Mais cette production endogène dépend de nombreux facteurs, comme la saison, la latitude, la pollution de l'air, la pigmentation de la peau, l'âge, etc. (276) ; Par exemple, les rayons nécessaires à cette conversion photochimique ne sont émis toute l'année que dans des endroits situés en dessous de 35° de latitude (277).

Une plus faible partie de la vitamine D provient de l'alimentation, sous deux formes : la vitamine D<sub>2</sub> (ergocalciférol) et la vitamine D<sub>3</sub> (cholécalfiérol). Ces deux formes ont une activité biologique équivalente chez l'humain·e, selon l'ANSES (49).

D'après les données du CIQUAL 2016, les principales sources alimentaires sont l'huile de foie de morue et les poissons gras (vitamine D<sub>3</sub>). La viande contient également des quantités de vitamine D<sub>3</sub> pouvant être importantes, mais variant suivant l'alimentation des animaux et suivant la latitude du pâturage (276).

D'après l'enquête INCA2 (pas de données dans INCA3), les principaux aliments contributeurs de vitamine D pour les adultes français·e-s sont les poissons (38,3 %), les œufs (9,9 %) et les fromages (8,2 %). Les POA contribuent donc au total à au moins 56,4 % des apports alimentaires en vitamine D (probablement plus en rajoutant la viande), chez la population générale adulte française (184).

Il est traditionnellement dit que la vitamine D<sub>3</sub> est « d'origine animale » (on la trouve en grandes quantités dans les poissons et les viandes) mais elle existe également dans le règne végétal. Elle est par exemple présente dans les microalgues (qui contiennent également de la provitamine D<sub>3</sub>). D'ailleurs, la vitamine D<sub>3</sub> contenue dans les poissons provient probablement d'une accumulation dans la chaîne alimentaire provenant des microalgues (276). La vitamine D<sub>3</sub> a également été identifiée dans d'autres espèces végétales (en particulier les solanacées) (277), ainsi que dans des champignons (279).

De la même manière, il est traditionnellement dit que la vitamine D<sub>2</sub> est « d'origine végétale » (49), mais elle est en réalité synthétisée par les champignons et les levures (par exposition aux

UVB à partir de provitamine D<sub>2</sub>). De petites quantités peuvent être trouvées dans des plantes contaminées par des champignons (277). Les champignons contiennent des concentrations élevées de provitamine D<sub>2</sub> : s'ils sont exposés à la lumière du soleil ou aux rayons UVB, il y a conversion en vitamine D<sub>2</sub> et ils deviennent alors une excellente source de vitamine D<sub>2</sub> alimentaire (279). Une étude de biodisponibilité a montré que l'ingestion de 2 000 UI de vitamine D<sub>2</sub> par les champignons était aussi efficace que l'ingestion de 2 000 UI de vitamine D<sub>2</sub> ou de vitamine D<sub>3</sub> au moyen de compléments (279). Certains champignons, comme le shiitake, peuvent produire à la fois de la vitamine D<sub>2</sub>, de la vitamine D<sub>3</sub> et de la vitamine D<sub>4</sub> (279).

D'autres sources non négligeables de vitamine D alimentaire sont les aliments enrichis (le lait, les « laits » végétaux, la margarine et/ou le beurre, les céréales de petit déjeuner). À ce jour, le cholécalciférol et l'ergocalciférol peuvent être ajoutés aux aliments, ainsi qu'aux compléments alimentaires (276).

À l'heure actuelle, très peu d'aliments contiennent naturellement des quantités importantes de vitamine D. D'après Jakobsen et son équipe, il serait utile d'augmenter les sources alimentaires de vitamine D dans l'alimentation humaine, en mettant par exemple en œuvre des techniques de biofortification en vitamine D des fruits et des légumes (277).

Par ailleurs, des études ont montré que la stabilité des vitamines D<sub>3</sub> et D<sub>2</sub> dans les aliments pendant la cuisson varie considérablement selon le processus de chauffage et les aliments, avec des rétentions dans les œufs, la margarine et le pain comprises entre 40 % et 88 % (276).

- Références nutritionnelles

L'ANSES s'est basée sur les références établies par l'IOM, qui sont fondées sur l'hypothèse d'une exposition minimale au soleil. L'ANSES a estimé que cette valeur permet de couvrir les besoins de la grande majorité de la population (quelles que soient la localisation géographique et l'exposition au soleil) : pour les hommes et femmes de plus de 18 ans, le BNM est de 10 µg/j et la RNP est de 15 µg/j (49), soit 600 UI (1 µg de vitamine D équivaut à 40 UI ou Unité Internationale).

L'EFSA a revu en 2016 les références nutritionnelles en vitamine D. L'agence a établi un apport adéquat de 15 µg par jour, soit 600 UI pour les personnes en bonne santé à partir de l'âge d'un an, y compris pour les femmes enceintes et allaitantes. Les valeurs nutritionnelles de référence pour les nourrissons âgés de 7 à 11 mois ont été fixées à 10 µg par jour (276) soit 400 UI. Ces nouvelles références sont conformes aux dernières références de l'ANSES et à celles de l'IOM.

- Limite supérieure de sécurité

L'ANSES s'est basée sur les travaux de l'EFSA, qui a fixé en 2012 une LSS égale à 100 µg/j (soit 4 000 UI). Cette LSS s'applique aux adultes y compris les femmes enceintes (276).

L'EFSA a réévalué dans son rapport les associations possibles entre l'apport en vitamine D ou la concentration sérique de 25(OH)D et les effets néfastes à long terme sur la santé. Elle a jugé qu'aucune étude n'a fait état d'association entre un apport de vitamine D allant jusqu'à 100 µg/j et un risque accru d'effets indésirables à long terme sur la santé. Pour l'analyse des études, l'hypercalcémie avait été sélectionnée comme indicateur de l'hypervitaminose D ou de la toxicité de la vitamine D (276). Néanmoins, de fortes concentrations sériques de 25(OH)D (> 220 nmol/L), peuvent engendrer une hypercalcémie, qui peut provoquer une calcification des tissus mous et des effets néfastes résultants sur les reins et le système cardiovasculaire (276).

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique de la carence en vitamine D et biomarqueurs du statut en vitamine D*

La carence en vitamine D peut avoir un impact négatif sur la densité osseuse, entraînant un ramollissement des os chez l'enfant (rachitisme) et une fragilisation ou une déformation des os chez l'adulte (ostéomalacie) (276). Les deux sont causés par la minéralisation altérée de l'os due à une absorption inefficace du calcium alimentaire et du phosphore. Les deux sont associés à une augmentation de la concentration sérique de PTH pour prévenir l'hypocalcémie (276).

Les symptômes cliniques de la carence en vitamine D chez les adultes sont moins prononcés que chez les enfants et peuvent inclure une douleur diffuse dans les muscles et les os et des fractures spécifiques. La douleur et la faiblesse musculaires (myopathie) qui accompagnent les symptômes squelettiques chez les personnes âgées peuvent contribuer à une performance physique médiocre, à un risque accru de chutes et de fractures osseuses (276).

Les nouveau-nés et nourrissons, les femmes enceintes, les personnes âgées, les personnes présentant une forte pigmentation cutanée, sont notamment à risque de carences en vitamine D.

La carence en vitamine D est par ailleurs très répandue en France et dans le monde (280). Une analyse relayée par la HAS (Haute Autorité de Santé) a montré qu'environ 80 % des Français·e·s présentaient des taux de 25(OH)D en dessous du seuil optimal (75 nmol/L) (281). L'EFSA estime que le dosage du 25(OH)D dans le sang (plasma et sérum) est un bon biomarqueur du statut en vitamine D. En revanche, l'EFSA estime que le dosage du 1,25(OH)D ne doit pas être utilisé comme biomarqueur (276).

#### b) Statut en vitamine D chez les populations végétariennes et végétaliennes

Des apports faibles en vitamine D et de faibles taux sanguins en 25(OH)D ont été rapportés chez des sujets végétariens et végétaliens, spécialement en hiver et au printemps et chez les sujets vivants à des hautes latitudes (107) (282).

Dans l'étude NHANES, l'apport en vitamine D (mais également en calcium) par l'alimentation et les compléments alimentaires, ne varie pas en fonction du statut végétarien ou non-végétarien de la population (après ajustement sur le sexe et l'âge). Le pourcentage d'individus n'atteignant pas les recommandations d'apports en vitamine D, est élevé, indépendamment du statut (végétarien ou non-végétarien) (283).

#### c) Prévention de la carence en vitamine D et mesures correctives en cas de carence avérée en vitamine D

- Prévention des carences

Les populations végétariennes et végétaliennes sont à risque de carence en vitamine D, mais c'est également le cas pour la population générale (non-végétarienne). L'exposition au soleil n'est généralement pas suffisante.

Les sujets végétariens et végétaliens ont un intérêt, en plus de l'exposition régulière au soleil, à consommer des aliments enrichis en vitamine D<sub>2</sub> et/ou D<sub>3</sub>. Les « laits » végétaux (soja, riz, avoine, etc.) sont généralement enrichis en vitamine D. Les jus d'orange, les céréales pour le petit-déjeuner, la margarine, peuvent aussi l'être. Les champignons (girolles, morilles, shiitake, etc.) peuvent également être pour ces populations une source significative de vitamine D (107).

Il n'existe pas de recommandations officielles spécifiques à ces populations. Cependant, si l'exposition au soleil et l'apport alimentaire ne sont pas suffisants, les sujets végétariens et végétaliens ont probablement un fort intérêt à prendre des compléments alimentaires de vitamine D. D'une part, dans le but de favoriser la santé osseuse ; d'autre part, parce que comme nous l'avons vu, une insuffisance en vitamine D a été associée à un risque accru d'hypertension, de maladies auto-immunes, de diabète et de cancer (277), bien qu'une relation causale reste à démontrer (277).

Il est par ailleurs recommandé aux populations à risque (nouveau-nés et nourrissons, les femmes enceintes, les personnes âgées, les personnes présentant une forte pigmentation cutanée), qu'elles soient végétariennes ou non-végétariennes, de prendre des compléments de vitamine D. Les nourrissons sont systématiquement complémentés en vitamine D.

Les compléments à base de cholécalciférol et remboursés par la sécurité sociale en France, sont produits à base de lanoline (Dédroyl<sup>®</sup>, ZymaD<sup>®</sup>, Uvédose<sup>®</sup>, Zymaduo<sup>®</sup>, etc.) et ne sont donc pas véganes. Uvestérol D<sup>®</sup> et Uvestérol vitamines ADEC<sup>®</sup> sont à base de vitamine D<sub>2</sub> (donc végétaliens) mais ont été retirés du marché. Il existe des compléments véganes, produits à partir de vitamine D<sub>3</sub> d'origine végétale. Ils sont généralement produits à partir de lichen. C'est par exemple le cas des compléments suivants : vitamine D<sub>3</sub> végétale<sup>®</sup> des

laboratoires D-plantes, Oemine D<sub>3</sub> végétale<sup>®</sup>, Vitashine<sup>®</sup>, Veg1<sup>®</sup> (qui contient également d'autres nutriments). Il existe également des compléments de vitamine D<sub>2</sub> (d'origine végétale) comme Stérogyl<sup>®</sup> (remboursé par la sécurité sociale).

Rappelons que d'après le récent rapport de l'ANSES, les vitamines D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> ont une activité biologique équivalente chez l'humain·e (49).

- Traitement des carences

En cas de carence avérée en vitamine D, une complémentation en vitamine D est nécessaire (cf prévention des carences).

## H) Vitamine B12

### *1/ Rappels et généralités*

En 1948, la vitamine B12 a été découverte et isolée du foie par Rickes et son équipe (284). Cette même année, Rickes et son équipe ont isolé la vitamine B12 à partir d'une souche de *Streptomyces* (285). La synthèse de la vitamine B12 est très complexe (elle nécessite notamment plus de 30 gènes) et limitée à certaines souches de bactéries (286). Quant à sa synthèse industrielle, qu'elle soit à destination des humain·e·s ou des autres animaux, elle est exclusivement obtenue à partir de fermentation bactérienne.

Au vu de l'importance de la vitamine B12 dans les régimes végétariens (au sens large), nous détaillerons davantage son étude.

- Fonction biochimique et pharmacocinétique

La vitamine B12, également appelée cobalamine, regroupe un ensemble de molécules chimiques de structures similaires mais ayant des activités biologiques différentes (286). Le terme désigne ainsi les molécules à base de cobalt (au centre d'un noyau corrinnoïde) et susceptibles d'être converties en deux coenzymes actives chez l'humain·e : la

méthylcobalamine et la 5-déoxyadénosylcobalamine (287). Chez l'humain-e, ces deux formes de vitamines B12 sont les seules à avoir une activité biologique. Elles sont les cofacteurs de deux enzymes (286) (287) :

- la méthylcobalamine est le cofacteur de la méthionine synthétase, qui catalyse la synthèse de méthionine à partir d'homocystéine et du 5-méthyl-tétrahydrofolate (5-MTHF, un métabolite de la vitamine B9). Cette réaction a lieu dans le cytosol. Elle fait également partie du cycle de biosynthèse et de régénération du donneur universel de méthyl SAM (S-adénosylméthionine), un dérivé de la méthionine (286) (287). Le SAM intervient dans plus d'une centaine de réactions de transméthylation (287) ;
- la 5-déoxyadénosylcobalamine est le cofacteur de la méthylmalonyl-CoA mutase, qui catalyse l'isomérisation du méthylmalonyl-CoA en succinyl-CoA. Elle a lieu dans la mitochondrie. Cette voie est impliquée dans le métabolisme du propionate (acide gras à chaîne courte), ainsi que dans le catabolisme du cholestérol et de plusieurs acides aminés. L'excès de méthylmalonyl-CoA est converti en acide méthylmalonique (MMA) (286) (287).

L'hydroxycobalamine est un intermédiaire dans la synthèse des coenzymes. La cyanocobalamine est une forme synthétisée et stable, utilisée dans les alimentations supplémentées et dans les compléments (287). Elle n'existe pas à l'état naturel dans l'organisme humain ou les aliments. D'autres formes ont aussi été décrites, comme des dérivés sulfite, nitrite, et glutathionyl de la cobalamine (287).

Il existe une interaction entre le métabolisme de la vitamine B9 et celui de la vitamine B12 dû à leur rôle dans les processus de méthylation : ces deux agissent de façon synergique comme transporteuses de méthyle pour permettre la reméthylation de l'homocystéine (184). Si la vitamine B12 et la vitamine B9 sont apportées en trop faible quantité, la synthèse de méthionine et son dérivé le S-adénosyl-méthionine (SAM) sont insuffisantes, ce qui affecte le fonctionnement normal de la cellule (287).

Au vu de l'importance de l'étude de cette vitamine dans les alimentations végétariennes, nous nous intéresserons aux données de pharmacocinétiques concernant la vitamine B12 (287).

➤ Ingestion et absorption

Dans les POA, la cobalamine est complexée avec des protéines. Au niveau de l'estomac, sous l'action de l'acide hydrochlorique et des pepsines, la cobalamine est relarguée. Elle se complexe avec une glycoprotéine salivaire (transcobalamine-1). Au niveau du duodénum, la cobalamine est relarguée sous l'action du suc pancréatique et d'enzymes protéolytiques. La cobalamine libre se lie ensuite au FI (facteur intrinsèque) (287).

La cobalamine est absorbée au niveau de l'iléon. Il existe deux voies de transport (287) :

- les faibles doses de cobalamine (ingérées par exemple lors d'un repas), sont absorbées par transport actif : le complexe cobalamine-FI est absorbé par endocytose médiée à un récepteur (la cubiline). Puis le FI est dégradé par les lysosomes et la cobalamine est libérée. Dans des conditions physiologiques normales, cette absorption active est saturée au-delà de 1,5-2 µg par repas. Dans les conditions physiologiques normales, une personne peut absorber jusqu'à 10 µg de cobalamine par jour (287) ;
- quand ce mécanisme d'absorption active est saturé, l'absorption devient passive : ce système est non-spécifique et moins efficace : le taux d'absorption est de 1 à 2 % (287). On peut considérer donc que les fortes doses de cobalamine (comme 1 000 µg, ingéré avec un complément de vitamine B12), sont absorbées par voie passive.

Même à une dose donnée, l'absorption peut être très variable et dépend notamment :

- de la source alimentaire (287) ;
- de la capacité à relarguer la cobalamine depuis la nourriture (287) ;
- de l'efficacité du système dépendant du FI : nombre de FI et nombre de récepteurs au complexe FI-cobalamine (287). Les principales causes d'un déficit en FI sont la maladie de Biermer ou anémie pernicieuse (anticorps dirigés contre le FI et/ou contre les cellules pariétales de la muqueuse gastrique, menant à un déficit de FI ainsi qu'à une anémie), la gastrite atrophique (destruction des cellules pariétales, menant à une insuffisance de sécrétion de FI ainsi qu'à une anémie), ou encore une perturbation du pH gastro-intestinal (286). Dans ces trois cas, seule la voie passive est efficace et le traitement de la carence en vitamine B12 se fait donc par administration de fortes doses (100 à 1000 µg/j) (286).

Il est généralement estimé qu'avec un repas conventionnel (contenant des POA), 50 % de la cobalamine est absorbée, à condition que le FI soit effectif (287). Dans le cas d'un repas conventionnel, les doses ingérées sont faibles et le mécanisme d'absorption est principalement actif, si le FI est effectif.

Cependant – en raison des deux mécanismes possibles d'absorption et de la saturation du mécanisme d'absorption active au-delà de 1,5-2 µg par repas –, pour une ingestion journalière d'une dose donnée, la quantité de vitamine B12 biodisponible cumulée sur la journée, varie suivant que l'ingestion se fait en plusieurs fois (en petites quantités, avec les repas) ou en une seule fois (avec la prise d'un complément alimentaire de vitamine B12). Avant l'année 2015, aucune étude ne s'est pourtant intéressée à l'évaluation du taux d'absorption de la cobalamine dans le cas de régime particulier, comme le végétarisme et le végétalisme, d'après l'EFSA (287). Sauf erreur, c'est toujours le cas à ce jour.

Sur la base d'équations ayant été proposées pour estimer le taux d'absorption en fonction de la dose, les taux d'absorption pour quelques doses ingérées sont les suivantes, d'après les associations végétariennes (288) :

0,1 à 2 µg	50 %
5 µg	20 %
10 µg	15 %
50 µg	3,5 %
1000 µg	1,2 %

➤ Métabolisation, élimination et stockage

Après absorption, la cobalamine est métabolisée en méthylcobalamine et en 5-désoxyadénosylcobalamine. La vitamine entre dans le plasma sous forme de méthylcobalamine. Elle est hydrosoluble et est excrétée par les urines. Enfin, elle est stockée dans l'organisme au niveau hépatique, splénique et cardiaque (287).

• Sources

La vitamine B12 est exclusivement synthétisée par les bactéries (certaines souches). Ni les humain·e·s, ni aucun animal, ne peut la synthétiser (286). Les champignons et les végétaux ne peuvent pas la synthétiser et n'utilisent pas cette vitamine (286). Le système digestif des animaux herbivores est tel qu'il permet une longue fermentation des bactéries productrices de vitamine B12. Cette fermentation a lieu dans le rumen (ruminants) ou bien dans le caecum (lapins, chevaux, etc.). Les animaux d'élevage peuvent être également complétés en vitamine B12, dans le but d'améliorer leur croissance. La grande majorité de la vitamine B12 produite dans le monde (35 tonnes en 2008) est d'ailleurs à destination des animaux d'élevage.

L'appareil digestif de l'humain·e (et des autres animaux omnivores, ou carnivores) ne permet pas la fermentation bactérienne productrice de vitamine B12. Les animaux omnivores et carnivores obtiennent la vitamine B12 quasiment exclusivement par la consommation de POA. D'après la table CIQUAL 2016, la vitamine B12 n'est naturellement présente que dans les POA (viandes, poissons, lait et produits laitiers, œufs, crustacés, etc.). La vitamine B12 contenue dans les œufs est néanmoins peu biodisponible (289). Dans les POA, la vitamine B12 est liée à des protéines. Les sources végétales alimentaires sont généralement naturellement dépourvues de vitamine B12 biodisponible. Certains produits végétaux ayant subi une fermentation bactérienne, tels que la bière, peuvent contenir de la cobalamine, mais en quantité très faible (184). Certaines algues peuvent en contenir à l'état de trace (289).

Les sources non animales de vitamine B12 comprennent les compléments de cobalamine ainsi que les aliments enrichis en vitamine B12, comme certaines céréales pour le petit-déjeuner ou certains « laits » végétaux (286).

D'après INCA3 (92), chez les adultes français·e·s, les viandes, poissons et œufs contribuent à 62 % des apports en vitamine B12, dont 16 % pour la viande (hors volaille), 14 % pour les poissons, 8,4 % pour les crustacés et mollusques, 8,1 % pour les abats, 5,7 % pour la charcuterie et le reste par les œufs, les volailles et les produits à base de viande ou de poisson. Les produits laitiers contribuent à 16 % des apports.

- Références nutritionnelles

En 2001, l'AFSSA avait fixé pour les adultes hommes et femmes, un BNM de 2 µg/jour et une référence populationnelle moyenne de 2,4 µg/jour. Ces références avaient été basées sur la base des pertes estimées à 0,8 µg/jour, d'une biodisponibilité de 40 % et d'un coefficient de variation du besoin de 10 %. L'estimation du BNM était basée sur des études montrant que des injections intramusculaires quotidiennes de 0,5 à 1,0 µg de vitamine B12 sont suffisantes pour normaliser les paramètres hématologiques de la plupart des sujets souffrant d'anémie pernicieuse (induite par une carence en vitamine B12) et en considérant une biodisponibilité orale de 50 % (184).

L'ANSES a revu à la hausse ces recommandations en décembre 2016 pour retenir la démarche suivie par l'EFSA, qui est basée sur la prise en compte de quatre biomarqueurs du statut en vitamine B12 : cobalamine, holo-transcobalamine, acide méthylmalonique (MMA) et homocystéine. L'EFSA estime qu'il existe des preuves suffisantes pour conclure que des apports supérieurs ou égaux à 4 µg/j sont associés d'une part à des concentrations d'holo-transcobalamine et de cobalamine comprise dans les intervalles de référence définis pour les sujets sains et d'autre part à des concentrations de MMA et d'homocystéine inférieures aux valeurs maximales proposées chez l'adulte, ce qui indique un statut adéquat en cobalamine (Figure 34) (287). L'apport satisfaisant (AS) nouvellement proposé par l'ANSES est donc 4 µg/jour pour les hommes et les femmes adultes (184).

Age	AI (µg/day)
7-11 months	1.5
1-3 years	1.5
4-6 years	1.5
7-10 years	2.5
11-14 years	3.5
15-17 years	4
≥ 18 years	4
Pregnancy	4.5
Lactation	5

**Figure 34** : Résumé des références fixées par l'EFSA en 2015

Source : EFSA, 2015 (287)

Les références varient selon les organismes nationaux et internationaux, allant chez les adultes de 1,4 µg/j (pour le Nordic Council of Ministers ou NCM) à 4 µg/j (pour l'EFSA et l'ANSES) (184) (287). Ces références nutritionnelles sont celles fixées pour la population générale, mais il est probable que les besoins soient différents pour les sous-populations végétariennes. En effet, comme nous l'avons dit, pour une même quantité de cobalamine

ingérée en une journée, la quantité biodisponible n'est pas la même si l'ingestion se fait en une fois (sous forme de compléments alimentaires pour les végétariens et végétaliens, par exemple), ou en plusieurs fois (au cours des repas, pour la population non-végétarienne). Par ailleurs, le taux d'absorption varie en fonction de la source de cobalamine (286) (287).

- Limite supérieure de sécurité

Sur la base des données actuelles, l'EFSA et l'ANSES considèrent qu'il n'existe pas de LSS puisqu'il n'y a pas de toxicité et notamment pas de carcinogénicité aux doses élevées, chez les individus sains, que l'apport soit sous forme de complément alimentaire ou lors des repas (184) (287). Une administration orale ou parentérale sur du long terme, de doses quotidiennes de cobalamine entre 1 et 5 mg à des patient·e·s, n'a pas montré d'effets adverse (287). Il n'y a pas de preuve de corrélation entre la cobalamine et des effets adverses sur la fertilité ou le développement post-natal, ni d'effet tératogène (287). Les études ont montré que la cobalamine ne présentait pas d'effet carcinogène ni génotoxique, ni *in vitro* ni *in vivo*, d'après l'EFSA (287).

Pourtant, il est assez courant d'entendre de la part des professionnel·le·s de santé que la vitamine B12 peut être cancérigène. Cette mécompréhension est notamment entretenue par la notice française de la vitamine B12 des laboratoire GERDA, selon laquelle le médicament est contre-indiqué en cas de cancer récent ou en évolution. Cette contre-indication n'est basée sur aucune étude, comme me l'a confirmé le laboratoire dans un mail reçu le 31 janvier 2018 :

« En réponse à votre message ci-dessous, je vous informe que cette contre-indication n'a pas été identifiée dans la littérature ni dans l'AMM. Elle apparaît dans les RCP/notice de la France, de la Belgique et du Portugal, mais pas dans les autres pays européens étudiés (la Tchécoslovaquie, l'Allemagne, le Danemark, l'Espagne, la Hongrie et la Slovaquie).

En outre, le RCP de la spécialité Alimta® (dénomination commune internationale : pemetrexed), spécialité indiquée en chimiothérapie en association avec le Cisplatine dans le traitement du mésothéliome pleural malin et du cancer bronchique non à petites cellules, préconise l'administration intramusculaire de 1000µg de vitamine B12 dans la

semaine précédant la première dose d'anti-cancéreux puis 1 fois tous les 3 cycles, et ce afin d'en limiter la toxicité hématologique et neurologiques. En effet, les études cliniques ont montré une meilleure tolérance (réduction de la toxicité) liée à l'administration d'acide folique par voie orale et de vitamine B12 par voie intramusculaire, pendant toute la durée du traitement chimiothérapique avec pemetrexed. Ces études sont donc en contradiction avec la contre-indication en cas de tumeurs malignes.

Les Laboratoires Gerda ont entrepris une démarche afin de corriger ce point. »

## *II/ Risque réel de carence au sein de la population végétarienne et végétalienne*

### *a) Tableau clinique et biologique de la carence en vitamine B12 et biomarqueurs du statut en vitamine B12*

L'expression clinique la plus fréquente de la carence en vitamine B12 est une anémie macrocytaire mégaloblastique, caractérisée par un Volume Globulaire Moyen (VGM) élevé. L'anémie affecte les hématies ainsi que les autres cellules sanguines (287). La macrocytose ou l'anémie macrocytaire s'observe dans 70 à 80 % des cas, d'après l'EFSA. Ces changements sont un évènement tardif de la carence en vitamine B12 (287). Ils ne sont pas spécifiques à la carence en vitamine B12 : une carence en vitamine B9, la prise de certains médicaments, l'abus d'alcool, ou encore une maladie du foie, peuvent également conduire à ces changements mégaloblastiques (287). D'autres symptômes, qui apparaissent plus tardivement, comme la fatigue ou l'essoufflement, proviennent d'une diminution de l'apport d'oxygène (287).

Le tableau clinique montre souvent une altération de la fonction neurologique (neuropathies avec par exemple des paresthésies ou déficits sensitifs, myélopathies ou plus rarement, altération du nerf optique caractérisée par une perte visuelle symétrique, indolore et progressive), due à une démyélinisation de la substance blanche du cerveau et de la moelle épinière, et appelée dégénérescence combinée subaigüe. L'altération de la moelle épinière peut se caractériser par une dysesthésie symétrique ou une perturbation de la position, une paraparésie ou une tétraparésie (287). Les troubles psychiatriques pouvant être associés sont

l'irritabilité, une perte de mémoire, de la dépression et dans les cas les plus grave, une démence, et une psychose avec hallucinations et paranoïa (287).

En raison de l'interdépendance des deux vitamines, les symptômes hématologiques et neurologiques sont identiques dans le cas d'une carence en folate et en cobalamine, mais ils apparaissent plus tardivement dans le cas d'une carence en vitamine B12 (287).

Chez le nourrisson, le déficit en cobalamine entraîne des symptômes neuromusculaires, une altération du développement, voire une atrophie cérébrale (287). Les nourrissons répondent au traitement par la cobalamine mais dans la plupart des cas, gardent des anomalies neurologiques résiduelles (287).

L'état osseux dépend du statut en vitamine B12 (269) (107) (273) (274). Par exemple, dans plusieurs études, la DMO ainsi que le taux de renouvellement osseux sont significativement positivement corrélés à un apport insuffisant en vitamine B12 (269).

Au niveau biochimique, l'insuffisance en cobalamine est caractérisée par une élévation de l'homocystéine et/ou de l'AMM dans le sang et les urines (287). Le diagnostic biologique en cas de soupçon de carence, s'effectue par le dosage sérique de la vitamine B12 en première intention ; les conséquences biologiques, autres qu'hématologiques, d'une carence en vitamine B12, sont évaluées par le dosage plasmatique de l'homocystéine et par le dosage de l'AMM dans le sang ou les urines, d'après l'EFSA (287). Ce schéma est à ce jour d'utilisation courante, mais est remis en cause. Le dosage sérique de la vitamine B12, courant en première intention (moins onéreux), est peu sensible et peu spécifique. Il ne permet pas par exemple de différencier les analogues métaboliquement inactifs de la vitamine B12, – présents en quantité dans certaines algues comme la spiruline – , de la vitamine B12 métaboliquement active (286). Ce biomarqueur est particulièrement insuffisant (si utilisé seul) chez les populations végétariennes et végétaliennes consommatrices d'algues. Le dosage de l'homocystéine, plus spécifique que le dosage de la vitamine B12, est un marqueur métabolique de la carence en vitamine B12. Néanmoins, le taux d'homocystéine augmente également en cas de carence en vitamine B9 (286). Le dosage de l'AMM dans le sang ou les urines est le marqueur métabolique le plus spécifique de la carence en vitamine B12 (286),

mais il est le plus coûteux et est encore très peu utilisé en pratique par les médecins dans le diagnostic de la carence en vitamine B12 chez les populations végétariennes. Un troisième marqueur métabolique est le dosage de l'holo-transcobalamine II (Holo-TCII), qui représente la fraction métaboliquement active de la vitamine B12. Une diminution du taux d'Holo-TCII est considérée comme le premier marqueur de la carence en vitamine B12 (286). Une Holo-TCII diminuée, combinée à une augmentation de MMA (et de l'homocystéine) indique une déficience métaboliquement manifeste de la vitamine B12 (286). Par ailleurs, l'anémie mégalo-blastique et les symptômes neurologiques ne sont pas un outil de diagnostic sensible, ni spécifique, de la carence en vitamine B12 (286). Des signes métaboliques de carence (AMM élevée et homocystéine) ont été observés en l'absence de manifestations hématologiques ou cliniques (286). Les manifestations hématologiques ou cliniques sont des marqueurs tardifs de carence.

Actuellement, aucun consensus n'existe quant au dépistage de la carence en vitamine B12. Néanmoins, un suivi régulier du statut en vitamine B12 est utile pour la détection précoce de la carence en vitamine B12 chez les végétarien-ne-s et éventuellement pour la prévention de maladies pouvant avoir un lien avec une carence en vitamine B12, comme l'ostéoporose, les AVC ou les maladies neurodégénératives (286). Un suivi optimal de l'état de la vitamine B12 chez les végétarien-ne-s et végétalien-ne-s devrait inclure la mesure de l'Holo-TCII, de l'AMM et de l'homocystéine (286).

#### b) Statut en vitamine B12 chez les populations végétariennes et végétaliennes

La prévalence de carence en vitamine B12 chez les populations végétariennes a longtemps été sous-estimée. Une analyse de la littérature portant sur l'analyse de 18 études montre que tous les régimes végétariens (et pas seulement végétaliens) sont à fort risque de carence en vitamine B12, indépendamment de l'âge : selon le critère utilisé, la prévalence de carence en vitamine B12 chez les végétarien-ne-s (au sens large, incluant les végétalien-ne-s) va de 10 à 90 % (290). L'étude montre que le risque de carence est d'autant plus important que la durée d'adhésion à ces régimes est importante et à mesure que le régime alimentaire exclut les POA (290).

Dans la récente étude française Nutrinet (89), les hommes végétaliens français sont 69,9 % à avoir un apport alimentaire insuffisant en vitamine B12, tandis-que les femmes végétaliennes françaises sont 83,4 % pour les moins de 55 ans et 49,8 % pour les moins de 55 ans. Les végétarien·ne·s sont également nombreux·se·s à avoir des apports insuffisants en vitamine B12 : 32,8 % chez les hommes de moins de 65 ans, 16,8 % des hommes de plus de 65 ans, 45,3 % chez les femmes de moins de 55 ans et 30,9 % des femmes de plus de 55 ans (ANNEXE 15). À titre de comparaison, la prévalence d'apports insuffisants en vitamine B12 est faible chez les sujets non-végétariens (de 0,6 % chez les hommes de plus de 65 ans à 3,7 % chez les femmes de moins de 55 ans). Néanmoins, les chercheur·se·s n'ont pas pris en compte l'usage d'une complémentation en vitamine B12 chez les participant·e·s, tout en précisant que « la consommation d'aliments tels que les substituts de viande et la prise de compléments doivent être pris en considération ». Il ne semble pas exister de chiffre quant à la prévalence de personnes végétaliennes qui se complémentent en vitamine B12 en France, ni de la prévalence des carences en vitamine B12 chez ces personnes. Néanmoins, les associations végétariennes internationales et françaises insistent sur la nécessité absolue d'une complémentation en vitamine B12 chez les végétalien·ne·s et également chez les personnes diminuant leur consommation de POA (291) (292). Nous pouvons donc penser qu'une certaine partie de la population végétarienne – et surtout végétalienne – française, fasse usage de compléments de vitamine B12, malgré l'absence de recommandations françaises officielles pour ces populations (89). Les prévalences d'inadéquation d'apport en vitamine B12 de l'étude Nutrinet sont donc probablement surestimées, en particulier pour les sujets végétaliens.

Comme dit précédemment, l'état osseux dépend du statut en vitamine B12 (269) (107) (273) (274). Les végétarien·ne·s et en particulier les végétalien·ne·s pourraient être exposés à un plus grand risque de diminution de la DMO et de fracture (269) (273) (274), et cette augmentation du risque pourrait être due (au moins en partie) à une carence en vitamine B12 (286). En effet, des études (notamment une étude sur la cohorte EPIC) ont montré que la relation entre la DMO et le végétarisme ainsi que le statut en vitamine B12, reste significative après ajustement pour le poids corporel, l'apport alimentaire et les nutriments (autres que la vitamine B12) (286).

## c) Prévention de la carence en vitamine B12 et mesures correctives en cas de carence avérée en vitamine B12

- Prévention des carences

Il existe en France des laits végétaux enrichis en vitamine B12, mais peu d'aliments le sont, à ce jour. Au Canada, la loi impose aux industriels de supplémenter en vitamine B12 certains aliments transformés. Aux États-Unis, les aliments enrichis en vitamine B12 sont nombreux (céréales pour le petit-déjeuner, « laits » végétaux, simili-carnés, etc.) (290). Néanmoins, ces précautions peuvent ne pas suffire à éviter les carences, en particulier si l'alimentation est pauvre en aliments transformés. D'autant que les instances de santé conseillent aux populations de limiter la part d'aliments transformés. Une étude menée en Nouvelle-Angleterre (nord-est des États-Unis) a montré que malgré l'abondance d'aliments enrichis, 30 % des adultes végétalien·ne·s macrobiotiques et 55 % des enfants sont carencés en vitamine B12 (290).

La supplémentation de la farine en vitamine B12 a été proposée par des chercheur·se·s et pourrait être une solution efficace et peu coûteuse pour prévenir le risque de carence (290). À ce jour, les compléments alimentaires de vitamine B12 sont à ce jour, en France, le moyen le plus sûr et efficace de prévenir les carences en vitamine B12 (290), d'autant plus en France où les aliments ne sont pas, ou que très peu enrichis en vitamine B12. Il est absolument nécessaire que les végétalien·ne·s, mais également les végétarien·ne·s, se complémentent en vitamine B12 pour prévenir le risque de carence, très élevé pour ces populations comme nous l'avons vu (290). Dans le cas d'un régime végétarien ou d'un régime végétalien, il est préférable de ne pas attendre que les stocks de vitamine B12 soient épuisés pour commencer la complémentation. D'après une étude menée en Allemagne, 66 % des participant·e·s suivant un régime végétarien depuis au moins deux ans sont déjà carencés en vitamine B12 (290).

Des doses d'apports optimaux chez les populations végétariennes et végétaliennes sont difficiles à fixer parce qu'aucune étude n'a évalué le taux d'absorption de la vitamine B12 dans ces régimes alimentaires. L'ANSES n'a pas établi de dose d'apport pour ces sous-populations. Néanmoins, comme nous l'avons vu, les besoins des populations végétariennes ne sont

probablement pas les mêmes que pour la population générale. Les associations véganes et végétariennes françaises et internationales recommandent pour les populations adultes végétariennes et végétaliennes, au long cours une complémentation de vitamine B12 de 3 µg deux à trois fois par jour au moyen d'aliments supplémentés, ou bien de compléments de vitamine B12 aux posologies suivantes :

- 10 à 25 µg par jour ;
- ou 2 000 µg par semaine ;
- ou 5 000 µg toutes les deux semaines.

Pour les adultes, une prise supérieure à 5 000 µg n'est pas recommandée, parce que les études cliniques ou toxicologiques ont été conduites à des doses n'excédant pas 5 000 µg (287). Pour les nourrissons dès la diversification (environ 6 mois) et jusqu'à 24 mois, elles recommandent de diviser la dose par 4, et pour les enfants de 2 à 12 ans, de la diviser par 2 (pour les nourrissons et enfants, le comprimé doit être réduit en poudre). À partir de 12 ans, la dose est la même que pour les adultes (293) (288) (294).

Les compléments de vitamine B12 sont exclusivement obtenus par fermentation à partir de souches bactériennes. Il existe de nombreux compléments véganes de vitamine B12, le plus souvent à base de cyanocobalamine (forme synthétisée et stable (287), également moins coûteuse), par exemple :

- les ampoules (injectables ou buvables) de vitamine B12 de la marque GERDA (1 000 µg de cyanocobalamine par ampoule), remboursables par la sécurité sociale. Malgré que ces ampoules soient un médicament, la marque a confirmé par écrit qu'elles n'ont pas été testées pré-cliniquement sur les animaux ;
- les comprimés Natrol® (5 000 µg de cyanocobalamine par comprimé) ;
- les comprimés et les gélules de vitamine B12 de la marque Solgar (500 µg de cyanocobalamine par gélule et 1 000 µg de méthylcobalamine par comprimé) ;
- les comprimés Veg1® (25 µg de cyanocobalamine par comprimé).

Les comprimés de vitamine B12 sont à croquer ou à sucer, pour améliorer la biodisponibilité. La Veg1® contient d'autres nutriments (en particulier iode, vitamine D) et ne peut pas être

utilisée en cure d'attaque. Les comprimés de la marque GERDA contiennent du lactose et ne sont donc pas végétaliens, contrairement à ce qui est écrit sur la notice (« convient au végétaliens »).

La spiruline n'est pas une bonne source de vitamine B12 : elle contient un analogue de la vitamine B12, qui n'est pas biodisponible (286). Il faut donc veiller à espacer la prise de complément alimentaire de vitamine B12 avec la spiruline, pour éviter une compétition entre les deux analogues (286) (289). D'autres aliments, sont parfois considérés, à tort, comme de bonnes sources de vitamine B12 : les graines germées, les produits fermentés les légumes bio terreux et la chlorelle, sont pauvres en vitamine B12. Un œuf (jaune d'œuf) contient environ 2,5 µg de vitamine B12 d'après la table Ciqual 2016, mais compte tenu de la faible biodisponibilité de la vitamine B12 de l'œuf (295), il ne peut être considéré comme une source sûre de vitamine B12. Le lait et les produits laitiers contiennent des quantités très variables de vitamine B12, d'après la table Ciqual 2016 (la plupart des yaourts et laits disponibles en France contiennent moins de 0,4 µg de vitamine B12 pour 100 g, les fromages peuvent en contenir plus, de 0,08 µg pour le fromage de chèvre à 2,6 µg pour 100 g pour le comté). À eux seuls, les œufs, le lait et les produits laitiers, ne sont pas des sources sûres permettant d'éviter la carence en vitamine B12, comme en témoignent les études de prévalence de la carence en vitamine B12 chez les (lacto-ovo-)végétarien-ne-s (89) (290).

Il est important de veiller à éviter la carence en fer parce qu'elle peut entraîner une diminution de l'absorption de la vitamine B12. Une carence en fer peut en effet atrophier la muqueuse intestinale, avec pour conséquence un défaut de sécrétion du FI. Comme nous l'avons vu, même si les personnes végétariennes et végétaliennes sont rarement anémiées, certaines personnes et en particulier les femmes en âge de procréer, sont plus à risque.

- Traitement des carences

Les compléments alimentaires de vitamine B12 sont le moyen le plus sûr et efficace de traiter les carences en vitamine B12 (290).

Les études cliniques réalisées depuis 1995 chez des patient·e·s présentant des carences en vitamine B12, ont montré que la voie orale est aussi efficace que la voie parentérale, même en cas de malabsorption de la vitamine B12 (puisque les fortes doses peuvent être absorbées par la voie passive et ne nécessitent pas de FI), avec une normalisation du bilan biologique (taux sériques de vitamine B12 et bilan hématologique) et une régression des signes cliniques (neuropsychiatrique notamment) chez la majorité des patient·e·s (296).

Il n'existe pas de consensus quant à la dose optimale à utiliser (ni à la durée optimale) en traitement d'attaque et les pratiques varient en fonction des pays. Néanmoins, Eussen et son équipe ont réalisé une étude randomisée en double insu qui a montré que chez des personnes âgées présentant une légère carence en vitamine B12, la dose requise pour normaliser le statut en vitamine B12 devait être supérieure à 600 µg/j (297). En France, le traitement d'attaque consiste couramment en une administration orale de 1 000 µg/j de vitamine B12 pendant un mois. Les associations véganes et végétariennes recommandent généralement en cure d'attaque une prise de 1 000 µg/j pendant un à deux mois.



### Chapitre 3 : Les professionnel·le·s de santé et les régimes végétariens

#### A) Récentes et premières études françaises concernant la relation médecin – patient·e

Durant l'année 2017, trois thèses d'exercice de médecine s'intéressant à la relation médecin-patient·e, ont été soutenues et publiées (298) (247) (299). Ce sont les toutes premières études réalisées en France qui s'intéressent à la relation entre le médecin et le·la patient·e végétarien·ne ou végétalien·ne.

La première, « Le médecin généraliste face au patient végétarien : étude qualitative des représentations des médecins généralistes sur les régimes végétariens » de Romain Borel (298), avait pour but d'étudier les représentations associées aux régimes végétariens chez les médecins, de les évaluer puis de les comparer aux connaissances actuelles sur ces régimes. Le but était également d'étudier l'impact de ces représentations sur la relation médecin-malade et le suivi de ces patients. Des entretiens semi-dirigés d'environ 20 minutes chez 10 médecins généralistes ont ainsi été menés. La perception du régime végétarien par le médecin montre de grandes disparités et est influencée par les profils/motivations des patients. Les résultats ont démontré un faible intérêt des médecins généralistes pour les régimes végétariens, ainsi qu'une mauvaise connaissance, nutritionnelle notamment, de ces régimes. Aucun médecin interrogé ne se sent capable et légitime pour conseiller ses patients pour éviter les carences et les médecins déclarent mener peu d'exams cliniques ou paracliniques chez ces patient·e·s. Les médecins associent les régimes végétariens à un faible risque de carence, mais associent en revanche le végétalisme à un important risque de carence, notamment chez les femmes enceintes et les enfants.

La deuxième, « La relation médecin-patient au regard du végétarisme: enquête nationale » de Sébastien Demange (247), avait pour objectif de décrire les expériences et les comportements des végétarien·ne·s avec leur médecin généraliste. Une étude descriptive a été menée, au moyen d'une enquête réalisée sur internet par un questionnaire anonyme et 1 452 questionnaires ont pu être inclus. Les résultats montrent que parmi les participant·e·s :

- 24,9 % n'ont pas dit à leur médecin qu'ils sont végétariens. Les non-dits sont significativement plus fréquents si le patient a perçu une réaction négative ou a reçu le conseil de manger de la viande ;
- 31,7 % ont pensé à changer de médecin à cause de son regard sur leur végétarisme ;
- 31,7 % ont hésité à parler de leur symptôme de peur qu'il soit relié à leur végétarisme ;
- 42,4 % ont déjà arrêté un traitement prescrit, dont 28,6 % parce que ce dernier contenait des POA ;
- Des carences ont été recherchées chez 687 patients (63 %), trouvées chez 476 (32,8 %).

Pour l'auteur de cette thèse, le végétarisme étant (comme souligné dans plusieurs études) un critère d'identité fort, la non-prise en compte de ce caractère ou une réaction inadaptée à l'annonce de son végétarisme, entraîne une rupture dans le lien thérapeutique. D'autre part, l'étude montre que 28 % des participant·e·s ont déjà reçu de la part de leur médecin le conseil de manger à nouveau de la viande. Pour l'auteur de la thèse, aucune étude n'ayant démontré que manger de la viande est un facteur de bonne santé, les médecins ne devraient pas essayer de supprimer ce qu'ils voient comme un problème, mais assurer un suivi adapté (247).

La thèse de Sébastien Demange montre que le végétarisme peut avoir un impact important dans la relation médecin-patient·e, ce qui peut engendrer « des difficultés dans le lien thérapeutique et des situations potentiellement à risque, telles que le non-dit de symptômes et l'arrêt de traitement ».

La troisième thèse, « État des connaissances des médecins généralistes de France métropolitaine concernant les patients suivant un régime d'exclusion en soins primaires », de Nicolas Defer (299) avait pour objectif de connaître le niveau des connaissances théoriques des médecins généralistes français·e·s sur les régimes végétariens. Une étude descriptive a été menée par questionnaire sur internet et 133 médecins ont participé à l'étude.

Concernant les bénéfices des régimes végétariens :

- 47,4 % et 15 % estiment que les régimes respectivement végétarien et végétalien ont leur place dans la prévention des accidents cardiovasculaires ;
- 51,1 % et 21,1 % estiment que les régimes respectivement végétarien et végétalien ont leur place dans la prévention du cancer colorectal ;

- 30,1 % et 14,3 % estiment que les régimes respectivement végétarien et végétalien ont leur place dans la prévention du diabète.

En ce qui concerne les carences, 88 % des médecins, soit environ 9 médecins sur 10, estiment que le régime végétalien entraîne des carences nutritionnelles même s'il est correctement suivi, quand 36,8 % estiment que le régime végétarien en entraîne. Or, dans l'étude, presque 15 % des médecins généralistes disent ne pas réaliser de bilan biologique chez leurs patient·e·s végétalien·ne·s (contre près de 40 % chez leurs patient·e·s végétarien·ne·s). Seulement 75,2 % des médecins estiment que le régime végétalien est à l'origine de carences en vitamine B12 et seuls 37,6 % estiment que le régime végétarien est à l'origine de carences en vitamine B12. Mais surtout, il est intéressant de remarquer que l'inquiétude quant à la carence en vitamine B12 dans les régimes végétaliens n'arrive qu'en troisième place, après la carence en fer et la carence en protéines. Les médecins sont à l'inverse plus de 10 % à estimer qu'un régime végétalien peut être poursuivi sans risque et carences chez l'enfant et l'adolescent·e, ce qui peut être dangereux si ces groupes ne sont pas supplémentés en vitamine B12 (299). Par ailleurs, 51,1 % pensent qu'un régime sans produits laitiers est à l'origine de carence en calcium.

La thèse de Nicolas Defer montre ainsi que les connaissances des médecins quant aux régimes végétariens sont limitées. Pour l'auteur, en l'absence de PNNS pour les populations végétariennes, il serait intéressant de connaître les sources d'information que les médecins généralistes utilisent s'ils pensent manquer de connaissances sur ces régimes. De même, il semble important d'interroger les patients sur leurs sources d'information concernant le suivi de leur régime, afin d'éviter d'éventuelles carences.

Aucune étude ne s'est encore intéressée à la relation pharmacien·ne – patient·e, mais on peut supposer des similarités avec les résultats des études portant sur la relation médecin – patient·e.

B) Rôle des professionnel·le·s de santé (médecins, pharmacien·ne·s, etc.)

Le mouvement est en pleine expansion et on peut raisonnablement imaginer un développement du végétarisme et du végétalisme dans les décennies à venir. Les professionnel·le·s de santé seront donc de plus en plus confronté·e·s à ces régimes.

Il est nécessaire que les professionnel·le·s de santé, en particulier les médecins, pharmacien·ne·s – qui sont souvent les premiers interlocuteurs pour le patients –, fournissent les bons conseils nutritionnels à leurs patients, afin d’assurer leur sécurité en leur permettant d’éviter les carences.

Les professionnel·le·s de santé doivent également être en mesure d’expliquer à leurs patient·e·s les bénéfices de ces régimes sur la prévention voire le traitement des principales maladies chroniques ou de « civilisation », d’une part pour la santé individuelle des patient·e·s ; d’autre part, parce que prévenir et traiter ces maladies sont un enjeu de santé publique. L’encouragement de ces alimentations (comme c’est le cas par exemple en Angleterre et aux États-Unis) peut être un levier majeur pour l’amélioration de la santé publique en France et notamment la lutte contre ces maladies. Pour rappel, en France, les cancers, les MCV et le DT2 sont respectivement la première, deuxième et quatrième cause de mortalité. Le surpoids et l’obésité sont des facteurs favorisant et/ou aggravant de très nombreuses maladies.

Si les professionnel·le·s de santé ne fournissent pas les bonnes informations aux patient·e·s, les risques sont l’automédication de ces sous-populations, qui se sentent très souvent incomprises par le corps médical ou nourrissent une méfiance vis-à-vis de celui-ci (247), les non-dits, et enfin les carences, chez les personnes ne sachant pas comment équilibrer leur alimentation (247).

### C) Nécessité d’évolution du PNNS et des formations initiales universitaires

Afin d’acquérir les connaissances qui leur permettront d’aider à leur tour leur patient·e·s, les professionnel·le·s de santé (médecins, pharmacien·ne·s, etc.) bénéficieraient à être formé·e·s à ces régimes alimentaires. Pour se faire, il serait utile d’inclure l’étude de ces alimentations dans leur formation universitaire initiale d’un part, ce qui n’est actuellement pas le cas, ni pour

les médecins ni pour les pharmaciens ; d'autre part, de faire évoluer le PNNS sur ces régimes.

Le PNNS est censé servir de référence aux médecins et pharmaciens. En l'absence de PNNS pour ces sous-populations, les professionnels de santé n'ont pas accès à l'information et aux recommandations concernant ces régimes et sont plus enclins à se baser sur leurs croyances et préjugés.

Il paraît donc urgent que l'ANSES propose un nouveau PNNS qui ne soit pas obsolète, pour les sous-populations végétariennes et végétaliennes, afin de les aider à protéger leur santé. L'étude Nutrinet, qui constitue pour rappel la première étude française s'intéressant à ces régimes alimentaires, pourrait conduire à une prise en compte des populations végétariennes (au sens large) dans le PNNS.

En conclusion de la troisième partie de cette thèse, nous pouvons dire qu'il est possible, en prenant quelques précautions, d'adopter une alimentation végétarienne ou végétalienne sans carence et sans effet délétère pour la santé. C'est d'ailleurs comme nous l'avons vu la position des instances officielles de santé au Royaume-Uni (NHS) et aux États-Unis (USDA). C'est également la conclusion d'une des premières études menée en France sur les populations végétariennes et végétaliennes, au sein de la cohorte Nutrinet : *“Our study highlighted that, overall, self-reported vegetarians and vegans may meet nutritional recommendations.”* (89).

L'étude Nutrinet montre que les sujets végétaliens français, comparés à ceux qui suivent un autre régime alimentaire (végétarien et non-végétarien), ont la meilleure adéquation nutritionnelle en ce qui concerne l'apport en fibres alimentaires, et en plusieurs micronutriments : la vitamine C, la vitamine E, le magnésium, la vitamine B1, B6 et B9. Certains nutriments sont moins disponibles dans les végétaux (notamment le fer et le zinc), ce qui peut être compensé par la consommation d'autres nutriments (exemple : la vitamine C pour le fer) ; l'utilisation de procédés comme le trempage, la germination, la fermentation (notamment pour le zinc, le calcium, le fer, le manganèse) ; ou encore l'augmentation des quantités consommées.

Les végétalien-ne-s, mais également les végétarien-ne-s, doivent se compléter en vitamine B12, notamment pour favoriser la santé cardiovasculaire, mentale et osseuse. Même si les conséquences biologiques et cliniques d'une carence en vitamine B12 sont réversibles chez la plupart des sujets adultes, il est préférable de ne pas attendre d'être carencé-e pour se compléter. Rappelons que les conséquences cliniques d'une carence en vitamine B12 chez les nourrissons sont en partie irréversibles. À ce jour, en France, les compléments alimentaires de vitamine B12 sont la source la plus sûre et fiable. L'étude Nutrinet ne permet pas de connaître le seuil d'apport en POA (en particulier viande et poissons, puisque comme nous l'avons vu les produits laitiers et les œufs ne sont pas à eux seuls une sûre fiable) sous lequel le risque de carence en vitamine B12 serait augmenté. Toutefois, il est probable qu'une consommation peu régulière de viande et poissons prédispose à un risque carenciel augmenté. Compte tenu de l'augmentation du nombre de Français-e-s souhaitant diminuer leur consommation de chair animale, il serait utile de fixer un seuil d'apport en viande, au-dessous duquel une complémentation en vitamine B12 serait nécessaire. Également, compte tenu du développement probable des régimes végétariens (au sens large) dans le futur, et de l'importance de la vitamine B12 pour la santé humaine, il semble indispensable que des campagnes de prévention soient mises en place, afin de protéger la santé de la population.

Quelques études épidémiologiques, même si elles sont limitées et qu'elles ne concordent pas toutes entre elles, montrent que ces régimes (et en particulier le régime végétalien) pourraient être associés à une densité osseuse plus faible et à un risque plus élevé de fracture. L'état osseux dépend, de façon générale, du statut en calcium, en vitamine D, en protéines, en vitamine B12. Parallèlement, les études montrent que les populations végétariennes sont plus à risque de carence en vitamine B12 (si aucune complémentation en vitamine B12 est mise en place). Le risque carenciel en vitamine D est également élevé, mais il en est de même pour la population générale. Les populations végétariennes ont probablement un fort intérêt à s'assurer d'un apport satisfaisant en calcium, en vitamine D, en protéines (ce qui est généralement le cas) et en vitamine B12, pour favoriser la santé osseuse. Le suivi du statut en vitamine D avec une complémentation en cas de carence, doit être encouragé compte tenu de son rôle dans la santé osseuse mais également de son possible rôle dans la prévention de

plusieurs maladies (hypertension, maladies-auto-immunes, diabète, cancer), même s'il n'existe à ce jour pas d'étude montrant une relation de cause à effet.

Les nombreuses études épidémiologiques montrent de manière concordante que les populations végétarienne et végétalienne présentent un risque significativement diminué de nombreuses maladies non transmissibles : diabète de type 2, maladies cardiovasculaires, plusieurs cancers. Elles présentent également une forte diminution des facteurs de risque associés à ces maladies : surpoids/obésité, hypertension, hyperlipidémie, hyperglycémie et insulino-résistance. Comme nous l'avons vu, même si le nombre de recherches est encore limité, il se pourrait que ces régimes aient un impact positif sur la santé mentale et diminuent le risque de dérèglement thyroïdien. Comme le souligne l'étude Nutrinet, les études épidémiologiques montrent que ces régimes pourraient également avoir un impact positif sur les maladies diverticulaires, la cataracte, les calculs rénaux (89).

Le PNNS n'est à ce jour pas adapté aux populations végétariennes (au sens large), les médecins et pharmaciens ne bénéficient pas de formations à ces régimes alimentaires, et il n'existe pas de campagne de santé publique destinées à garantir la sécurité des populations végétariennes. Ces populations sont donc contraintes d'aller rechercher les informations par elles-mêmes, pour garantir leur sécurité ou celle de leurs proches. On peut raisonnablement faire l'hypothèse, qu'un meilleur pilotage de ces alimentations (permettant notamment de diminuer le risque carenciel en vitamine B12, calcium et vitamine D) aurait pour effet de maximiser les bénéfices pour la santé, pourtant déjà probants, de ces régimes alimentaires.



## CONCLUSION

Nous avons vu que les alimentations végétarienne et végétalienne, moyennant certaines précautions, si elles sont bien menées et complémentées en vitamine B12, n'entraînent pas de carence et ne sont pas dommageables pour la santé de l'humain·e.

Elles sont possibles d'un point de vue nutritionnel dans les pays développés, où nous bénéficions d'une grande disponibilité et d'un large choix de denrées alimentaires.

Il existe en plus des preuves de plus en plus solides de l'influence qu'exercent ces types d'alimentation dans la prévention du surpoids/obésité, du diabète de type 2, des maladies cardiovasculaires et de certains cancers, ainsi que dans la gestion de certaines de ces maladies. En ce sens, ces régimes alimentaires pourraient être une réponse au défi alimentaire et de santé publique qui vise à diminuer l'incidence de maladies chroniques, dans les pays émergents et développés.

Au cours de son histoire, l'humain·e a adopté un comportement alimentaire opportuniste en consommant des animaux, ce qui lui a été bénéfique à un certain stade de son développement.

Ce comportement opportuniste, permis par le caractère omnivore de l'espèce humaine, lui donne la possibilité de s'adapter à un environnement changeant, en faisant des choix alimentaires. Un défi majeur du 21<sup>ème</sup> siècle est le défi environnemental et la meilleure adaptation possible, à nouveau permise par la nature omnivore de l'humain·e, est de réduire de manière drastique sa consommation de produits d'origine animale. Les alimentations végétarienne et végétalienne, si elles étaient largement répandues, auraient un impact environnemental important – en diminuant par exemple la perte de biodiversité – et contribueraient à atteindre l'objectif de limitation du réchauffement de la terre. À ce propos, 15 000 scientifiques ont récemment co-signé et publié en novembre 2017 un article destiné à alerter sur la dégradation inquiétante de l'environnement et de la disparition des espèces et promeuvent les alimentations végétariennes (300) :

*“Examples of diverse and effective steps humanity can take to transition to sustainability include the following (not in order of importance or urgency): [...] promoting dietary shifts towards mostly plant-based foods;” (300)*

Cet argument environnemental, est un argument suffisant à lui seul en faveur de ces alimentations.

Un autre grand défi de ce siècle (non abordé dans cette thèse car plus éloigné du domaine de la santé), est lié à l'éthique animale : à mesure que les affinités physiques, intellectuelles et morales existantes entre l'humain·e et les animaux sont mises à jour par les avancées en éthologie, l'éthique animale émerge dans la société et même tout récemment dans le champ politique. Notre société est donc aujourd'hui face à un paradoxe, puisque le nombre d'animaux exploités n'a dans le même temps jamais été aussi important : selon les chiffres les plus récents de la FAO, 67 000 000 000 d'animaux terrestres ont été tués dans le monde en 2012, pour leur chair ou leur lait (301). Ces chiffres ne prennent pas en compte les animaux marins, qui sont tués à hauteur de 970 000 000 000 000 à 2 740 000 000 000 000 par an selon l'association Fishcount (302). Cette dernière estimation ne prend pas même en compte les prises accessoires – c'est-à-dire les animaux (poissons ou mammifères marins) pêchés involontairement dans les filets et qui sont rejetés à la mer morts ou mourants –, qui représentent 40 % des prises de pêche selon le Fond mondial pour la nature (WWF) (303). Cet argument lié à l'éthique animale est également à lui seul un argument suffisant en faveur de ces alimentations.

Si les régimes végétarien et végétalien bien conduits pourraient avoir une incidence positive sur la santé publique de nos pays développés en prévenant les « maladies civilisationnelles », les régimes à dominance végétale (favorisant les « protéines végétales ») constituent également un outil d'amélioration important pour la sécurité alimentaire des pays à faibles revenus.

Toutefois, les résistances, en particulier de l'industrie alimentaire, sont très fortes. Par exemple dans un article du 2 mars 2017 (ANNEXE 27), « Le Canard enchaîné » a relayé qu'une des plus grandes revues de santé publique, la Public Health Nutrition, a comptabilisé sur une

période de 6 mois (mars à août 2015) 170 actions de lobbying et de désinformation menée en France par les industriels du lait. Face à ces résistances, une transition alimentaire ne pourra se mettre en place sans une importante pression de la société civile, des positions gouvernementales fortes et une solide compréhension des caractéristiques des alimentations végétariennes. Notamment, les effets à long terme de ces alimentations sur la santé humaine restent à explorer dans de futures études longitudinales, et davantage de recherches sont à mener quant aux effets de ces alimentations sur les enfants et quant aux précautions à prendre.

Les professionnel-le-s de santé ont un rôle primordial à jouer dans le changement des habitudes alimentaires, vers une alimentation plus végétale. Il est nécessaire qu'ils-elles connaissent les caractéristiques de ces régimes alimentaires ainsi que les précautions à prendre, pour à leur tour pouvoir les transmettre à leur patient-e-s et ainsi garantir leur sécurité. Il peut être risqué d'être végétalien-ne si le corps médical français refuse aux personnes végétaliennes le même niveau de soin et de conseil que celui qu'il fournit à la population générale, comme l'explique David Olivier dans une lettre adressée à un médecin (304). Dans la mesure où ces alimentations sont tout à fait possibles d'un point de vue nutritionnel et de santé, le rôle des professionnel-le-s de santé n'est pas de les contester – en incitant par exemple à la consommation de produits d'origine animale –, mais de fournir les moyens de les mener correctement. Mais la responsabilité des professionnel-le-s de santé ne s'arrête pas là : leur rôle est également d'informer sur les bénéfices de ces alimentations dans la prévention du risque de maladies chroniques et dans la gestion de plusieurs d'entre elles, dans un but d'amélioration de la santé individuelle des patient-e-s mais également dans un objectif d'amélioration de la santé publique. Les professionnel-le-s de santé pourront difficilement exercer ces rôles et responsabilités si l'ANSES n'actualise pas le PNNS et si les formations universitaires initiales n'incluent pas dans leur programme l'étude de ces régimes alimentaires.



## BIBLIOGRAPHIE

1. FAO. World livestock 2011: livestock in food security. Rome: FAO; 2011. 115 p.
2. FAO. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture en 2009 : le point sur l'élevage. [Internet]. Rome: L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture; 2009 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680f/i0680f00.htm>
3. Katz DL. Foreword. In: Mariotti F, éditeur. Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 15 janv 2018]. p. xxxi-xxxii. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687060019>
4. Baltic M, Boskovic M. When Man Met Meat: Meat in Human Nutrition from Ancient Times till Today. *Procedia Food Sci.* 2015;5:6-9.
5. Eating meat led to smaller stomachs, bigger brains [Internet]. *Harvard Gazette*. 2008 [cité 18 janv 2018]. Disponible sur: <https://news.harvard.edu/gazette/story/2008/04/eating-meat-led-to-smaller-stomachs-bigger-brains/>
6. Leslie C. Aiello, Peter Wheeler. The Expensive-Tissue Hypothesis: The Brain and the Digestive System in Human and Primate Evolution. *Expens-Tissue Hypothesis Brain Dig Syst Hum Primate Evol.* 1995;36(2):199- 221.
7. Navarrete A, Schaik C, Isler K. Energetics and the evolution of human brain size. *Nature.* 2011;480(7375):91- 3.
8. Pietschnig J, Penke L, Wicherts JM, Zeiler M, Voracek M. Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: How strong are they and what do they mean? *Neurosci Biobehav Rev.* 1 oct 2015;57:411- 32.
9. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation - agreste. Évolution sur dix ans de la consommation alimentaire : moins de matières grasses animales dans nos assiettes, bulletin n°236 [Internet]. 2010 [cité 27 déc 2017]. Disponible sur: [http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf\\_primeur236.pdf](http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_primeur236.pdf)
10. Nikos Alexandratos and Jelle Bruinsma. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision [Internet]. Rome: FAO; 2012 [cité 28 déc 2017]. (ESA Working Paper). Disponible sur: [www.fao.org/3/a-ap106e.pdf](http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf)
11. Centre d'Études Prospectives (CEP), Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Les conduites alimentaires comme reflets de la mondialisation : tendances d'ici 2030, analyse

- n°103 [Internet]. 2017 [cité 27 déc 2017]. Disponible sur: <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/analyse1031707.pdf>
12. Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Vol. 24. 2006.
  13. Bruinsma J. World Agriculture: Towards 2015/2030 : an FAO Perspective. Earthscan; 2003. 448 p.
  14. Mottet A, 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. *Glob Food Secur.* 2017;14:1- 8.
  15. GIEC. Changement climatique 2013 : les éléments scientifiques [Internet]. 2013 [cité 26 déc 2017] p. 28. Disponible sur: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf)
  16. Metz B, Davidson O, Bosch P, on Change ... D-R. Mitigation of climate change. *Mitig Clim Change* [Internet]. 2007; Disponible sur: [http://unfccc.int/files/meetings/sb26/side\\_events\\_and\\_exhibits/application/pdf/070512\\_ipcc\\_metz.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/sb26/side_events_and_exhibits/application/pdf/070512_ipcc_metz.pdf)
  17. IPCC. Climate change 2007: The physical science basis. 2007;
  18. Meinshausen M, Hare B, Wigley TMM, Vuuren DV, Elzen MGJD, Swart R. Multi-gas Emissions Pathways to Meet Climate Targets. *Clim Change.* 1 mars 2006;75(1- 2):151- 94.
  19. Fisher B, Nakicenovic N, Alfsen K, Corfee-Morlot J, Riahi K. Issues related to mitigation in the long-term context (Chapter 3). In: Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA, éditeurs. *Climate Change 2007: Mitigation Contribution of WG III to the Fourth Assessment Report of the IPCC* [Internet]. Cambridge: Cambridge University Press; 2007 [cité 3 janv 2018]. Disponible sur: <http://pure.iiasa.ac.at/8248/>
  20. 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 Clim Change Livest Glob Assess Emiss Mitig Oppor* [Internet]. 2013 [cité 26 déc 2017]; Disponible sur: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133417883>
  21. IPCC, éditeur. Evaluation of Climate Models. In: *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis* [Internet]. Cambridge: Cambridge University Press; 2014 [cité 26 déc 2017]. p. 741- 866. Disponible sur: <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415324A028>
  22. Smith P, Clark H, Dong H, Elsiddig E, Haberl H, Harper R, et al. Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). 2014;

23. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. Cambridge: Cambridge University Press; 2014 [cité 3 janv 2018]. Disponible sur: <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415416>
24. Goodland R, Anhang J. Livestock and climate change: What if the key actors in climate change are... cows, pigs, and chickens? 2009;
25. Macer DR, UNESCO. Energy Flow, Environment and Ethical Implications for Meat Production. 2009 [cité 26 déc 2017]; Disponible sur: [https://www.academia.edu/22957303/Energy\\_Flow\\_Environment\\_and\\_Ethical\\_Implications\\_for\\_Meat\\_Production](https://www.academia.edu/22957303/Energy_Flow_Environment_and_Ethical_Implications_for_Meat_Production)
26. Herrero M, Gerber P, Vellinga T, Garnett T, Leip A, Opio C, et al. Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Anim Feed Sci Tech.* 2011;166:779- 82.
27. Stehfest E, Bouwman L, Vuuren D, Elzen M, Eickhout B, Kabat P. Climate benefits of changing diet. *Clim Change.* 2009;95(1- 2):83- 102.
28. Popp A, Hermann L-C, Bodirsky B. Food consumption, diet shifts and associated non-CO2 greenhouse gases from agricultural production. *Glob Env Change.* 2010;20(3):451- 62.
29. US Department of Commerce (USDC). International Data Base [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.census.gov/data-tools/demo/idb/informationGateway.php>
30. Hedenus F, Wirsenius S, Johansson D. The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. *Clim Change.* 2014;124(1- 2):79- 91.
31. Rosi A, Mena P, Pellegrini N, Turrone S, Neviani E, Ferrocino I, et al. Environmental impact of omnivorous, ovo-lacto-vegetarian, and vegan diet. *Sci Rep.* 2017;7(1):6105.
32. World Economic Forum (WEF). The Global Risks Report 2017 [Internet]. 2015 [cité 1 janv 2018] p. 70. Disponible sur: [http://www3.weforum.org/docs/GRR17\\_Report\\_web.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf)
33. Mekonnen M, Hoekstra A. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. 2010;
34. Mekonnen MM, Hoekstra AY. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems.* 2012;15(3):401- 15.

35. UNESCO. Water in a changing world. 2009;
36. FAO. La pénurie d'eau – un des plus grands défis de notre temps [Internet]. 2017 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/fr/c/880882/>
37. Marris E. Water: more crop per drop. *Nature*. 20 mars 2008;452(7185):273- 7.
38. Garnett T. Intensive versus extensive livestock systems and greenhouse gas emissions [Internet]. 2010 [cité 26 déc 2017] p. 6. Disponible sur: [https://www.google.fr/search?client=safari&rls=en&q=Intensive+versus+extensive+livestock+systems+and+greenhouse+gas+emissions,&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gfe\\_rd=cr&dcr=0&ei=OopCWriuLoXA8gfhujSgCA](https://www.google.fr/search?client=safari&rls=en&q=Intensive+versus+extensive+livestock+systems+and+greenhouse+gas+emissions,&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gfe_rd=cr&dcr=0&ei=OopCWriuLoXA8gfhujSgCA)
39. Mollier P. L'élevage de ruminants reste nécessaire [Internet]. 2017 [cité 29 mars 2018]. Disponible sur: [http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Fausse-viande-ou-vrai-elevage/L-elevage-de-ruminants-reste-necessaire/\(key\)/3](http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Systemes-agricoles/Tous-les-dossiers/Fausse-viande-ou-vrai-elevage/L-elevage-de-ruminants-reste-necessaire/(key)/3)
40. Monbiot G. Goodbye – and good riddance – to livestock farming [Internet]. the Guardian. 2017 [cité 29 mars 2018]. Disponible sur: <http://www.theguardian.com/commentisfree/2017/oct/04/livestock-farming-artificial-meat-industry-animals>
41. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation - agreste. Productions végétales (céréales) [Internet]. 2017 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: <http://agreste.agriculture.gouv.fr/publications/graphagri/article/graphagri-france-2017>
42. Machovina B, Feeley K, Ripple W. Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Sci Total Env*. 2015;536:419-31.
43. Keyzer MA, Merbis MD, Pavel IFPW, Wesenbeeck CFA. Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: can we feed the animals in 2030? *Ecol Econ*. 2005;55(2):187-202.
44. FAO. Pollution from industrialized livestock production [Internet]. Rome: FAO; 2007 [cité 26 déc 2017]. (Livestock Policy Brief). Disponible sur: [www.fao.org/3/a-a0261e.pdf](http://www.fao.org/3/a-a0261e.pdf)
45. FAO. The FAO Action Plan on Antimicrobial Resistance 2016-2020 [Internet]. Rome: FAO; 2016 [cité 26 déc 2017]. 28 p. Disponible sur: [www.fao.org/3/a-i5996e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i5996e.pdf)
46. Boeckel T, Brower C, Gilbert M, Grenfell B, Levin S, Robinson T, et al. Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proc Natl Acad Sci*. 2015;112(18):5649-54.
47. FCNR. Grazed and confused [Internet]. 2017 [cité 26 déc 2017] p. 125. Disponible sur: [https://www.google.fr/search?client=safari&rls=en&q=grazed+and+confused&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gfe\\_rd=cr&dcr=0&ei=pYtCWorhOqTCXvTmvdAG](https://www.google.fr/search?client=safari&rls=en&q=grazed+and+confused&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gfe_rd=cr&dcr=0&ei=pYtCWorhOqTCXvTmvdAG)

48. ANSES. Actualisation des repères du PNNS : étude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles : Rapport d'expertise collective [Internet]. 2016 [cité 26 déc 2017] p. 180. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/rapport-de-lanses-relatif-%C3%A0-lactualisation-des-rep%C3%A8res-du-pnns-%C3%A9tude-des-relations-entre>
49. ANSES. Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaire : Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective [Internet]. 2017. 280 p. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/l%E2%80%99anses-actualise-les-rep%C3%A8res-de-consommations-alimentaires-pour-la-population-fran%C3%A7aise>
50. OMS. Obésité et surpoids, Aide-mémoire N°311 [Internet]. 2017 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/fr/>
51. Jakobsen M, Due K, Dethlefsen C, Halkjaer J, Holst C, Forouhi N, et al. Fish consumption does not prevent increase in waist circumference in European women and men. *Brit J Nutr.* 2011;108(5):924-31.
52. Jakobsen M, Dethlefsen C, Due K, May A, Romaguera D, Vergnaud A-C, et al. Fish consumption and subsequent change in body weight in European women and men. *Brit J Nutr.* 2013;109(2):353-62.
53. OMS. Maladies cardiovasculaires, Aide-mémoire [Internet]. 2015 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/fr/>
54. Koeth RA, Wang Z, Levison BS, Buffa JA, Org E, Sheehy BT, et al. Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis. *Nat Med.* 2013;19(5):576-85.
55. OMS. Diabète, Aide-mémoire N°312 [Internet]. WHO. 2017 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/fr/>
56. Smyth S, Heron A. Diabetes and obesity: the twin epidemics. *Nat Med.* 2006;12(1):nm0106-75.
57. OMS. Global report on diabetes [Internet]. 2016 [cité 26 déc 2017] p. 86. Disponible sur: <http://www.who.int/diabetes/global-report/en/>
58. Ramachandran A, Ma R, Snehalatha C. Diabetes in Asia. *Lancet.* 2010;375(9712):408-18.
59. Waxman A and. WHO global strategy on diet, physical activity and health. *Food Nutr Bull.* 2004;25(3):292-302.

60. Pan A, Sun Q, Bernstein A, Schulze M, Manson J, Willett W, et al. Red meat consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2011;94(4):1088-96.
61. Kim Y, Keogh J, Clifton P. A review of potential metabolic etiologies of the observed association between red meat consumption and development of type 2 diabetes mellitus. *Metabolis.* 2015;64(7):768-79.
62. Lynch C, Adams S. Branched-chain amino acids in metabolic signalling and insulin resistance. *Nat Rev Endocrinol.* 2014;10(12):723-36.
63. S M, Shaham O, M M, Deik A, Wang T, Gerszten R, et al. Circulating branched-chain amino acid concentrations are associated with obesity and future insulin resistance in children and adolescents. *Pediatr Obes.* 2013;8(1):52-61.
64. Zhao Z, Li S, Liu G, Yan F, Ma X, Huang Z, et al. Body Iron Stores and Heme-Iron Intake in Relation to Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Plos One.* 2012;7(7):e41641.
65. Bao W, Rong Y, Rong S, Liu L. Dietary iron intake, body iron stores, and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med.* 2012;10:119.
66. Kunutsor S, Apekey T, Walley J, Kain K. Ferritin levels and risk of type 2 diabetes mellitus: an updated systematic review and meta-analysis of prospective evidence. *Diabetes Metab Res Rev.* 2013;29(4):308-18.
67. OMS. Cancer, Aide-mémoire N°297 [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/fr/>
68. INCa. Rapport d'activité 2014 de l'Institut National du Cancer [Internet]. 2014 [cité 26 déc 2017] p. 88. Disponible sur: [http://www.e-cancer.fr/ressources/rapport\\_activite\\_2014/#page/1](http://www.e-cancer.fr/ressources/rapport_activite_2014/#page/1)
69. Parkin D, Boyd L, Walker L. 16. The fraction of cancer attributable to lifestyle and environmental factors in the UK in 2010. *Brit J Cancer.* 2011;105(S2):bjc2011489.
70. INCa. Nutrition et prévention primaire des cancers : actualisation des données [Internet]. 2015 [cité 26 déc 2017] p. 108. Disponible sur: <http://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Nutrition-et-prevention-primaire-des-cancers-actualisation-des-donnees>
71. INCa. Les cancers en France [Internet]. 2016 [cité 26 déc 2017] p. 247. Disponible sur: [http://www.e-cancer.fr/ressources/cancers\\_en\\_france/#page=1](http://www.e-cancer.fr/ressources/cancers_en_france/#page=1)

72. WCRF. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective [Internet]. 2007 [cité 26 déc 2017] p. 517. Disponible sur: <http://www.wcrf.org/sites/default/files/Second-Expert-Report.pdf>
73. CIRC. IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat, communiqué de presse [Internet]. 2015 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: [https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240\\_E.pdf](https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf)
74. Bouvard V, Loomis D, Guyton K, Grosse Y, Ghissassi F, Lamia B-T, et al. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *Lancet Oncol*. 2015;16(16):1599-600.
75. WCRF. Colorectal Cancer 2011 Report [Internet]. 2011 [cité 26 déc 2017] p. 40. Disponible sur: <http://www.wcrf.org/sites/default/files/Colorectal-Cancer-2011-Report.pdf>
76. OMS. WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistance [Internet]. 2001 [cité 26 déc 2017] p. 99. Disponible sur: [http://www.who.int/drugresistance/WHO\\_Global\\_Strategy\\_English.pdf](http://www.who.int/drugresistance/WHO_Global_Strategy_English.pdf)
77. Centre d'Études Prospectives (CEP), Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Les antibiorésistances en élevage : vers des solutions intégrées, analyse n°82 [Internet]. 2015 [cité 26 déc 2017]. Disponible sur: <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/analyse821509.pdf>
78. Cleveland DA, Gee Q. 9 - Plant-Based Diets for Mitigating Climate Change. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 16 janv 2018]. p. 135-56. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000095>
79. FCRN. Plates, pyramids and planet – Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment | Food Climate Research Network (FCRN) [Internet]. 2016 [cité 16 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.fcrn.org.uk/fcrn-publications/reports/plates-pyramids-and-planet-%E2%80%93-developments-national-healthy-and-sustainable>
80. The Vegetarian World Forum. Veganism defined, Cross Leslie, 1951 [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.ivu.org/history/world-forum/1951vegan.html>.
81. Festival végane de Montréal (FVM). Ophélie Véron - Défendre les animaux : état des lieux et réflexions stratégiques (FVM 2017) [Internet]. [cité 25 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=RY2QSCGvmVk&feature=youtu.be>
82. VERON O. Planète végane: Penser, manger et agir autrement. Marabout; 2017. 486 p.
83. Caron A. Antispéciste. Réconcilier l'humain, l'animal, la nature. Paris: Don Quichotte;

2016. 496 p.

84. Hoffman S, Stallings S, Bessinger R, Brooks G. Differences between health and ethical vegetarians. Strength of conviction, nutrition knowledge, dietary restriction, and duration of adherence. *Appetite*. 2013;65:139-44.
85. Mathieu S, Dorard G. Végétarisme, végétalisme, véganisme : aspects motivationnels et psychologiques associés à l'alimentation sélective. *Press Médicale*. 2016;45(9):726-33.
86. Janssen M, Busch C, Rödiger M, Hamm U. Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. *Appetite*. 2016;105:643-51.
87. Sondage OpinonWay pour TerraEco. Les français et le végétarisme. 2016.
88. Ricard M. Plaidoyer pour les animaux. Paris: Allary; 2014. 370 p.
89. Allès B, Baudry J, Méjean C, Touvier M, Péneau S, Hercberg S, et al. Comparison of Sociodemographic and Nutritional Characteristics between Self-Reported Vegetarians, Vegans, and Meat-Eaters from the NutriNet-Santé Study. *Nutrients*. 2017;9(9):1023.
90. Giraud-Héraud E, Fontes MA, Pinto AS. Crise sanitaires de l'alimentation et analyses comportementales [Internet]. 2014 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00949126>
91. INSEE. Les crises sanitaires dans la filière viande - Impact fort à court terme, plus limité à long terme [Internet]. 2007 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1280765#titre-bloc-4>
92. ANSES. Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3) : Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective [Internet]. 2017. 24p. 535p. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-en-mati%C3%A8re-de>
93. Ost C. Régimes spécifiques. In : Lebacqz T, Teppers E (éd.). Enquête de consommation alimentaire 2014- 2015. In Bruxelles: WIV-ISP; 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: [https://fcs.wiv-isp.be/nl/Gedeelde%20%20documenten/FRANS/Rapport%201\\_FR.pdf](https://fcs.wiv-isp.be/nl/Gedeelde%20%20documenten/FRANS/Rapport%201_FR.pdf)
94. Harris Interactive. Les pratiques alimentaires d'aujourd'hui et de demain [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: <http://harris-interactive.fr/newsfeeds/pratiques-alimentaires-daujourd'hui-et-de-demain-a-la-recherche-du-mieux-manger-et-du-mieux-acheter/>
95. Diplomeo. Sondage exclusif : Les jeunes, tous futurs veggie ? [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: [https://diplomeo.com/actualite-sondage\\_jeunes\\_vegetariens](https://diplomeo.com/actualite-sondage_jeunes_vegetariens)

96. Ifop. La sensibilité des français à la cause animale à l'approche de l'élection présidentielle de 2017 - Sondage Ifop pour le Collectif AnimalPolitique [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: [https://docs.wixstatic.com/ugd/8ff9a6\\_5667e274000d4b36b8f1ee0dab3c2bfa.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/8ff9a6_5667e274000d4b36b8f1ee0dab3c2bfa.pdf)
97. FAO. Food-based dietary guidelines [Internet]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/nutrition/education/food-dietary-guidelines/regions/en/>
98. ANSES. La santé vient en mangeant - Le guide alimentaire pour tous [Internet]. 2012 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/581.pdf>
99. Ministère de la santé et des sports. Dénutrition - Une pathologie méconnue en société d'abondance [Internet]. 2010 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: [http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/brochure\\_denutrition.pdf](http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/brochure_denutrition.pdf)
100. AFSSA. Le guide nutrition de la naissance à trois ans [Internet]. 2004 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/890.pdf>
101. ANSES. Le guide nutrition des enfants et ados pour tous les parents [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/688.pdf>
102. AFSSA. Document d'accompagnement du guide alimentaire pour tous destiné aux professionnels de santé [Internet]. 2002 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/567.pdf>
103. Ministère de l'Éducation Nationale,. Des troubles alimentaires ? [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://jeunes.gouv.fr/interministeriel/sante-et-bien-etre/alimentation/article/des-troubles-alimentaires>
104. OMS. Le Centre international de Recherche sur le Cancer évalue la consommation de la viande rouge et des produits carnés transformés : Communiqué de presse du 26/10/2015 [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/cancer-red-meat/fr/>
105. Department of Agriculture (USDA). Dietary Guidelines for Americans 2015-2020 [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: [https://health.gov/dietaryguidelines/2015/resources/2015-2020\\_Dietary\\_Guidelines.pdf](https://health.gov/dietaryguidelines/2015/resources/2015-2020_Dietary_Guidelines.pdf)
106. U.S Department of Agriculture (USDA),. Appendix E-3.7 : Developing Vegetarian and

- Mediterranean-style Food Patterns, Scientific Report of the 2015 Dietary Guideline Advisory Committee [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <https://health.gov/dietaryguidelines/2015-scientific-report/PDFs/Appendix-E-3.7.pdf>
107. Melina V, Craig W, Levin S. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. *J Acad Nutr Diet*. déc 2016;116(12):1970-80.
108. National Health Service (NHS). Healthy eating for vegetarians and vegans [Internet]. 2015 [cité 28 oct 2017]. Disponible sur: <http://www.nhs.uk/Livewell/Vegetarianhealth/Pages/Goingvegetarian.aspx>
109. National Health Service (NHS). The vegan diet [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.nhs.uk/Livewell/Vegetarianhealth/Pages/Vegandiets.aspx>
110. National Health Service (NHS). Vegetarian and vegan mums-to-be [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.nhs.uk/Livewell/Vegetarianhealth/Pages/Pregnancyandchildren.aspx>
111. National Health Service (NHS). Vegetarian and vegan diet Q&R [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.nhs.uk/Livewell/Vegetarianhealth/Pages/Vegetarianhealthqanda.aspx>
112. National Health Service (NHS). « I feel healthier as a vegan » [Internet]. 2015 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.nhs.uk/Livewell/Vegetarianhealth/Pages/david-scott.aspx>
113. British Dietetic Association (BDA). British Dietetic Association confirms well-planned vegan diets can support healthy living in people of all ages [Internet]. 2017 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <https://www.bda.uk.com/news/view?id=179>
114. British Dietetic Association (BDA). Weaning your child [Internet]. 2016 [cité 28 déc 2017]. Disponible sur: <https://www.bda.uk.com/foodfacts/WeaningYourChild.pdf>
115. British Dietetic Association (BDA). Plant-based diet [Internet]. 2017 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.bda.uk.com/foodfacts/plantbaseddiets.pdf>
116. Dietitians of Canada. Eating Guidelines for Vegans [Internet]. 2014 [cité 15 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.dietitians.ca/Your-Health/Nutrition-A-Z/Vegetarian-Diets/Eating-Guidelines-for-Vegans.aspx>
117. Dietitians of Canada. Eating Guidelines for Lacto-Ovo Vegetarians [Internet]. 2014 [cité 15 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.dietitians.ca/Your-Health/Nutrition-A-Z/Vegetarian-Diets/Eating-Guidelines-for-Lacto-Ovo-Vegetarians.aspx>

118. Terranova. 2017 - La viande au menu de la transition alimentaire. Enjeux et opportunités d'une alimentation moins carnée [Internet]. 2017 [cité 28 déc 2017] p. 72. Disponible sur: [http://tnova.fr/system/contents/files/000/001/474/original/Terranova\\_Viande-et-transition-alimentaire\\_231117.pdf?1511368462](http://tnova.fr/system/contents/files/000/001/474/original/Terranova_Viande-et-transition-alimentaire_231117.pdf?1511368462)
119. Estaquio C, Emmanuelle K-G, 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. *J Am Diet Assoc.* 2009;109(6):1031-41.
120. OMS. Les 10 principales causes de mortalité [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/fr/>
121. OMS. Maladies non transmissibles, Aide-mémoire n°355 [Internet]. 2017 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/fr/>
122. Appleby P, Thorogood M, Mann J, Key T. Low body mass index in non-meat eaters: the possible roles of animal fat, dietary fibre and alcohol. *Int J Obes.* 1998;22(5):0800607.
123. Appleby P, Davey G, Key T. Hypertension and blood pressure among meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans in EPIC–Oxford. *Public Health Nutr.* 2002;5(5):645-54.
124. Tonstad S, Butler T, Yan R, Fraser G. Type of Vegetarian Diet, Body Weight, and Prevalence of Type 2 Diabetes. *Diabetes Care.* 2009;32(5):791-6.
125. Rizzo N, Sabaté J, Karen J-S, Fraser G. Vegetarian Dietary Patterns Are Associated With a Lower Risk of Metabolic Syndrome. *Diabetes Care.* 2011;34(5):1225-7.
126. Pettersen B, Anousheh R, Fan J, Karen J-S, Fraser G. Vegetarian diets and blood pressure among white subjects: results from the Adventist Health Study-2 (AHS-2). *Public Health Nutr.* 2012;15(10):1909-16.
127. Yokoyama Y, Nishimura K, Barnard ND, Takegami M, Watanabe M, Sekikawa A, et al. Vegetarian Diets and Blood Pressure: A Meta-analysis. *Jama Intern Med.* 2014;174(4):577-87.
128. Wang F, Zheng J, Yang B, Jiang J, Fu Y, Li D. Effects of Vegetarian Diets on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Am Hear Assoc.* 2015;4(10):e002408.
129. Zhang Z, Ma G, Chen S, Li Z, Xia E, Sun Y, et al. Comparison of plasma triacylglycerol levels in vegetarians and omnivores: A meta-analysis. *Nutrition.* 2013;29(2):426-30.
130. Zhang Z, Wang J, Chen S, Wei Z, Li Z, Zhao S, et al. Comparison of Vegetarian Diets and Omnivorous Diets on Plasma Level of HDL-c: A Meta-Analysis. *Plos One.* 2014;9(3):e92609.
131. Hana Kahleova, Susan Levin, Neal Barnard. Cardio-Metabolic Benefits of Plant-Based

Diets. *Cardio-Metab Benefits Plant-Based Diets*. 2017;9(8):848.

132. Tonstad S, Clifton P. 20 - Vegetarian Diets and the Risk of Type 2 Diabetes. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 10 mars 2018]. p. 355-67. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000204>

133. Huang T, Yang B, Zheng J, Li G, Wahlqvist M, Li D. Cardiovascular Disease Mortality and Cancer Incidence in Vegetarians: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Ann Nutr Metab*. 2012;60(4):233-40.

134. Orlich M, Singh P, Sabaté J, Karen J-S, Fan J, Knutsen S, et al. Vegetarian Dietary Patterns and Mortality in Adventist Health Study 2. *Jama Intern Med*. 2013;173(13):1230-8.

135. Crowe F, Appleby P, Travis R, Key T. Risk of hospitalization or death from ischemic heart disease among British vegetarians and nonvegetarians: results from the EPIC-Oxford cohort study. *Am J Clin Nutr*. 2013;97(3):597-603.

136. Kwok C, Umar S, Myint P, Mamas M, Loke Y. Vegetarian diet, Seventh Day Adventists and risk of cardiovascular mortality: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2014;176(3):680-6.

137. Appleby P, Crowe F, Bradbury K, Travis R, Key T. Mortality in vegetarians and comparable nonvegetarians in the United Kingdom. *Am J Clin Nutr*. 2016;103(1):218-30.

138. Lewington S, Whitlock, G, Clarke R. Blood cholesterol and vascular mortality by age, sex, and blood pressure: a meta-analysis of individual data from 61 prospective studies with 55 000 vascular deaths. *Lancet*. 2007;370(9602):1829-39.

139. Dinu M, Abbate R, Gensini GF, Casini A, Sofi F. Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: A systematic review with meta-analysis of observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 22 nov 2017;57(17):3640-9.

140. Yang S-Y, Li X-J, Zhang W, Liu C-Q, Zhang H-J, Lin J-R, et al. Chinese Lacto-Vegetarian Diet Exerts Favorable Effects on Metabolic Parameters, Intima-Media Thickness, and Cardiovascular Risks in Healthy Men. *Nutr Clin Pr*. 2012;27(3):392-8.

141. Kahleova H, Levin S, Barnard N. Cardio-Metabolic Benefits of Plant-Based Diets. *Nutrients*. 2017;9(8):848.

142. Su T, Jeng J, Chien K, Sung F, Hsu H, Lee Y. Hypertension status is the major determinant of carotid atherosclerosis: a community-based study in Taiwan. *Stroke*. 2001;32(10):2265-71.

143. Tonstad S, Stewart K, Oda K, Batech M, Herring RP, Fraser GE. Vegetarian diets and

incidence of diabetes in the Adventist Health Study-2. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* avr 2013;23(4):292-9.

144. Barnard N, Cohen J, Jenkins D, Gabrielle T-M, Gloede L, Green A, et al. A low-fat vegan diet and a conventional diabetes diet in the treatment of type 2 diabetes: a randomized, controlled, 74-wk clinical trial. *Am J Clin Nutr.* 2009;89(5):1588S-1596S.

145. Barnard N, Katcher H, Jenkins D, Cohen J, Gabrielle T-M. Vegetarian and vegan diets in type 2 diabetes management. *Nutr Rev.* 2009;67(5):255-63.

146. McMacken M, Shah S. A plant-based diet for the prevention and treatment of type 2 diabetes. *J Geriatr Cardiol Jgc.* 2017;14(5):342-54.

147. Rinaldi S, Campbell E, Fournier J, Colleen O, Madill J. A Comprehensive Review of the Literature Supporting Recommendations From the Canadian Diabetes Association for the Use of a Plant-Based Diet for Management of Type 2 Diabetes. *Can J Diabetes.* 2016;40(5):471-7.

148. Ley S, Hamdy O, Mohan V, Hu F. Prevention and management of type 2 diabetes: dietary components and nutritional strategies. *Lancet.* 2014;383(9933):1999-2007.

149. Aune D, Norat T, Romundstad P, Vatten L. Whole grain and refined grain consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose–response meta-analysis of cohort studies. *Eur J Epidemiol.* 2013;28(11):845-58.

150. Li M, Fan Y, Zhang X, Hou W, Tang Z. Fruit and vegetable intake and risk of type 2 diabetes mellitus: meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ Open.* 2014;4(11):e005497.

151. Pan A, Sun Q, Manson J, Willett W, Hu F. Walnut Consumption Is Associated with Lower Risk of Type 2 Diabetes in Women. *J Nutr.* 2013;143(4):512-8.

152. Brighenti F, Benini L, Del Rio D, Casiraghi C, Pellegrini N, Scazzina F, et al. Colonic fermentation of indigestible carbohydrates contributes to the second-meal effect. *Am J Clin Nutr.* 2006;83(4):817-22.

153. Wolever T, Jenkins D, Ocana A, Rao V, Collier G. Second-meal effect: low-glycemic-index foods eaten at dinner improve subsequent breakfast glycemic response. *Am J Clin Nutr.* 1988;48(4):1041-7.

154. Kaur B, Ranawana V, Teh A-L, Henry C. The impact of a low glycemic index (GI) breakfast and snack on daily blood glucose profiles and food intake in young Chinese adult males. Vol. 2. 2015.

155. Tantamango Y, Karen J-S, Fan J, Fraser G. Vegetarian Diets and the Incidence of Cancer

in a Low-risk Population. *Cancer Epidemiol Biomark Prev.* 2013;22(2):286-94.

156. Tantamango Y, Knutsen SF, Knutsen R, Jacobsen BK, Fan J, Beeson LW, et al. Are strict vegetarians protected against prostate cancer? *Am J Clin Nutr.* 2015;103(1):153-60.

157. World Cancer Research Fund (WCRF) / American Institute for Cancer. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. [Internet]. Washington, D.C: American Institute for Cancer Research; 2007 [cité 29 déc 2017]. 517 p. Disponible sur: <http://www.wcrf.org/sites/default/files/Second-Expert-Report.pdf>

158. Bingham SA, Day NE, Luben R, Ferrari P, Slimani N, Norat T, et al. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. *Lancet.* 2003;361(9368):1496-501.

159. Anand P, Kunnumakkara AB, Kunnumakara AB, Sundaram C, Harikumar KB, Tharakan ST, et al. Cancer is a Preventable Disease that Requires Major Lifestyle Changes. *Pharm Res.* 2008;25(9):2097-116.

160. Zhang Y-J, Gan R-Y, Li S, Zhou Y, Li A-N, Xu D-P, et al. Antioxidant Phytochemicals for the Prevention and Treatment of Chronic Diseases. *Molecules.* 2015;20(12):21138-56.

161. Appleby PN, Crowe FL, Bradbury KE, Travis RC, Key TJ. Mortality in vegetarians and comparable nonvegetarians in the United Kingdom. *Am J Clin Nutr.* janv 2016;103(1):218-30.

162. Walsh S, Hebbelinck M, Deriemaeker P, Clarys P. 11 - Dietary Patterns in Plant-Based, Vegetarian, and Omnivorous Diets. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 15 janv 2018]. p. 175-96. Disponible sur:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000113>

163. Haddad EH, Berk LS, Kettinger JD, Hubbard RW, Peters WR. Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegetarians. *Am J Clin Nutr.* sept 1999;70(3 Suppl):586S-593S.

164. Gilsing AMJ, Crowe FL, Lloyd-Wright Z, Sanders T a. B, Appleby PN, Allen NE, et al. Serum concentrations of vitamin B12 and folate in British male omnivores, vegetarians and vegans: results from a cross-sectional analysis of the EPIC-Oxford cohort study. *Eur J Clin Nutr.* sept 2010;64(9):933-9.

165. OMS. Malnutrition: les défis [Internet]. 2017 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/nutrition/challenges/fr/>

166. OMS. Plan d'application exhaustif concernant la nutrition chez la mère, le nourrisson

- et le jeune enfant [Internet]. 2014 [cité 29 déc 2017] p. 22. Disponible sur: [http://www.who.int/nutrition/publications/CIP\\_document/fr/](http://www.who.int/nutrition/publications/CIP_document/fr/)
167. Esnouf C, Fioramonti J, Laurioux B, éditeurs. L'alimentation à découvert [Internet]. Paris: CNRS Éditions; 2015 [cité 29 déc 2017]. 324 p. Disponible sur: <http://books.openedition.org/editions-cnrs/10226>
168. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Global nutrition report 2015: Actions and accountability to advance nutrition and sustainable development [Internet]. Washington, DC; 2015 [cité 29 déc 2017] p. 168. Disponible sur: <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/129443>
169. FAO. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde [Internet]. 2015 p. 61. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/a-i4646f.pdf>
170. FAO. 2017 - L'état de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition dans le Monde [Internet]. 2017 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/fr/>
171. FAO, éditeur. Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde ampleur, causes et prévention. Rome: ONU; 2012. 33 p.
172. FAO. Les Enfants FAO apprennent comment les légumineuses peuvent contribuer à éliminer la faim et la malnutrition dans le monde [Internet]. 2017 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/pulses-2016/news/news-detail/fr/c/473071/>
173. FAO. Les légumineuses contribuent à la sécurité alimentaire [Internet]. 2016 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/pulses-2016/docs/factsheets/FoodSecurity\\_FR\\_PRINT.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/FoodSecurity_FR_PRINT.pdf)
174. Sekiya N, Yano K. Do pigeon pea and sesbania supply groundwater to intercropped maize through hydraulic lift?—Hydrogen stable isotope investigation of xylem waters. *Field Crop Res.* 2004;86(2-3):167-73.
175. FAO. Les légumineuses et la biodiversité [Internet]. 2016 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Biodiversity\\_FR\\_PRINT.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Biodiversity_FR_PRINT.pdf)
176. FAO. Les légumineuses et le changement climatique [Internet]. 2016 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Climate\\_FR\\_PRINT\\_02.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Climate_FR_PRINT_02.pdf)
177. Oppenheimer S. Iron and its relation to immunity and infectious disease. *J Nutr.*

2001;131(2S-2):616S-633S; discussion 633S-635S.

178. FAO. Les avantages nutritionnels des légumineuses [Internet]. 2016 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Nutrition\\_FR\\_PRINT.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Nutrition_FR_PRINT.pdf)
179. FAO. Les bienfaits pour la santé des légumineuses [Internet]. 2016 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Health\\_FR\\_PRINT.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Health_FR_PRINT.pdf)
180. FAO. Légumineuses, des graines pour un avenir durable: [un voyage à travers toutes les régions de la planète: Brésil, Chine, Espagne, États-unis, Inde, Maroc, Mexique, Pakistan, Tanzanie, Turquie et recettes de certain des chefs les plus prestigieux du monde. 2016. 196 p.
181. FAO. Les légumineuses pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle - Comment tirer le meilleur parti de leur potentiel ? [Internet]. 2017 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/b-i6690f.pdf>
182. FAO. FAO/INFOODS global food composition database for pulses [Internet]. 2016 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/a-i6832e.pdf>
183. FAO. Fiches d'information sur les légumineuses [Internet]. 2016 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.fao.org/pulses-2016/feature-links/fr/>
184. ANSES. Actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles : Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective [Internet]. 2017 [cité 30 déc 2017]. 196 p. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf>
185. Rizzo NS, Karen J-S, Sabate J, Fraser GE. Nutrient Profiles of Vegetarian and Nonvegetarian Dietary Patterns. *J Acad Nutr Diet*. 2013;113(12):1610-9.
186. Marsh K, Zeuschner C, Saunders A. Health Implications of a Vegetarian Diet. *Am J Lifestyle Med*. 2012;6(3):250-67.
187. Chardigny J-M, Walrand S. Plant protein for food: opportunities and bottlenecks. *Ocl*. 2016;23(4):D404.
188. Dunlop M, Kilroe S, Bowtell J, Finnigan T, Salmon D, Wall B. Mycoprotein represents a bioavailable and insulinotropic non-animal-derived dietary protein source: a dose-response study. *Brit J Nutr*. 2017;1-13.
189. Remond D. Protéines animales – protéines végétales : Quel équilibre pour une alimentation saine et durable ? In: Journées Nationales des GTV [Internet]. Nantes, France; 2016 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01595673>

190. Collège des enseignants de nutrition. Nutrition: enseignement intégré. Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine): Elsevier Masson; 2014. 235 p.
191. Chardigny J-M, Walrand S. Plant protein for food: opportunities and bottlenecks. OCL. juill 2016;23(4):D404.
192. Mariotti F. 36 - Plant Protein, Animal Protein, and Cardiometabolic Health. In: Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 26 déc 2017]. p. 643-65. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000368>
193. Young V, Pellett P. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. Am J Clin Nutr. 1994;59(5 Suppl):1203S-1212S.
194. INRA. Valeurs nutritionnelles des protéines végétales dans l'alimentation [Internet]. 2013 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <http://prodinra.inra.fr/ft?id=8D43C0A9-ED7B-4CD9-8032-5C7167B13390>
195. Boye J, Ramani W-B, Burlingame B. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. Brit J Nutr. 2012;108(S2):S183-211.
196. Agnoli C, Baroni L, Bertini I, Ciappellano S, Fabbri A, Papa M, et al. Position Paper on Vegetarian Diets from the Working Group of the Italian Society of Human Nutrition. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2017;
197. Schaafsma G. Advantages and limitations of the protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) as a method for evaluating protein quality in human diets. Brit J Nutr. 2012;108(S2):S333-6.
198. Song M, Fung T, Hu F, Willett W, Longo V, Chan A, et al. Association of Animal and Plant Protein Intake With All-Cause and Cause-Specific Mortality. Jama Intern Med. 2016;176(10):1453.
199. AFSSA. « Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations » [Internet]. 2007 [cité 1 janv 2018] p. 461. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT-Ra-Proteines.pdf>
200. Mirzaei H, Suarez J, Longo V. Protein and amino acid restriction, aging and disease: from yeast to humans. Trends Endocrinol Metab. 2014;25(11):558-66.
201. FAO. La malnutrition protéino-énergétique [Internet]. 2002 [cité 21 janv 2018]. Disponible sur: [http://www.fao.org/docrep/004/w0073f/w0073f13.htm#P4\\_49](http://www.fao.org/docrep/004/w0073f/w0073f13.htm#P4_49)

202. Millward D, Fereday A, Gibson N, Pacy P. Human adult amino acid requirements: [1-13C]leucine balance evaluation of the efficiency of utilization and apparent requirements for wheat protein and lysine compared with those for milk protein in healthy adults. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(1):112-21.
203. American Heart Association (AHA). Vegetarian Diets [Internet]. 2016 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: [http://www.heart.org/HEARTORG/HealthyLiving/HealthyEating/Vegetarian-Diets\\_UCM\\_306032\\_Article.jsp#.WkoL4CN7R0s](http://www.heart.org/HEARTORG/HealthyLiving/HealthyEating/Vegetarian-Diets_UCM_306032_Article.jsp#.WkoL4CN7R0s)
204. Fuller MF, Reeds PJ. NITROGEN CYCLING IN THE GUT. 1998;18(1):385-411.
205. Millward D, Forrester T, E A-S, Yeboah N, Gibson N, Badaloo A, et al. The transfer of 15N from urea to lysine in the human infant. *Br J Nutr.* 2000;83(5):505-12.
206. Kniskern M, Johnston C. Protein dietary reference intakes may be inadequate for vegetarians if low amounts of animal protein are consumed. *Nutrition.* 2011;27(6):727-30.
207. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J* [Internet]. 1 mars 2010 [cité 1 janv 2018]; Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1461/abstract>
208. ANSES. Apports en acides gras de la population vivant en France et comparaison aux apports nutritionnels conseillés définis en 2010 : Avis de l'ANSES, Rapport d'étude [Internet]. 2015 p. 192. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014sa0117Ra.pdf>
209. Calder PC. Mechanisms of action of (n-3) fatty acids. 2012;142(3):592S-599S.
210. Gibson R, Muhlhausler B, Makrides M. Conversion of linoleic acid and alpha-linolenic acid to long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFAs), with a focus on pregnancy, lactation and the first 2 years of life. *Matern Child Nutr.* 2011;7(s2):17-26.
211. Wu A, Noble EE, Tyagi E, Ying Z, Zhuang Y, Fernando G-P. Curcumin boosts DHA in the brain: Implications for the prevention of anxiety disorders. 2015;1852(5):951-61.
212. Jerneén F, Elshorbagy A, Oulhaj A, Smith S, Refsum H, Smith A. Brain atrophy in cognitively impaired elderly: the importance of long-chain  $\omega$ -3 fatty acids and B vitamin status in a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2015;102(1):215-21.
213. Weiser M, Butt C, Mohajeri M. Docosahexaenoic Acid and Cognition throughout the Lifespan. *Nutrients.* 2016;8(2):99.
214. Saunders A, Davis B, Garg M. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and vegetarian

diets. *Med J Aust.* 2012;1(2):22-6.

215. Kothapalli K, Ye, Gadgil M, Carlson S, Kimberly O, Zhang J, et al. Positive Selection on a Regulatory Insertion–Deletion Polymorphism in FADS2 Influences Apparent Endogenous Synthesis of Arachidonic Acid. *Mol Biol Evol.* 2016;33(7):1726-39.

216. Ye K, Gao F, Wang D, Ofer B-Y, Keinan A. Dietary adaptation of FADS genes in Europe varied across time and geography. *Nat Ecol Evol.* 2017;1(7):s41559-017-0167.

217. Sanders TAB. 37 - Polyunsaturated Fatty Acid Status in Vegetarians. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 1 janv 2018]. p. 667-81. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012803968700037X>

218. EFSA Journal. DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2015/546 DE LA COMMISSION du 31 mars 2015 autorisant une extension de l'utilisation de l'huile à teneur élevée en DHA et en EPA extraite de la microalgue *Schizochytrium* sp. en tant que nouvel ingrédient alimentaire en application du règlement (CE) no 258/97 du Parlement européen et du Conseil [Internet]. 2015 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015D0546&from=FR>

219. Arterburn L, Oken H, Hall E, Hamersley J, Kuratko C, Hoffman J. Algal-Oil Capsules and Cooked Salmon: Nutritionally Equivalent Sources of Docosahexaenoic Acid. *J Am Diet Assoc.* 2008;108(7):1204-9.

220. ANSES. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras : Rapport d'expertise collective [Internet]. 2011 mai [cité 1 janv 2018] p. 251. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2006sa0359Ra.pdf>

221. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) N and A (NDA). Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA J* [Internet]. 1 juill 2012 [cité 1 janv 2018]; Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2012.2815/abstract>

222. McNamara RK. Role of Omega-3 Fatty Acids in the Etiology, Treatment, and Prevention of Depression: Current Status and Future Directions. *J Nutr Intermed Metab.* sept 2016;5:96-106.

223. Bowen KJ, Harris WS, Kris-Etherton PM. Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease: Are There Benefits? *Curr Treat Options Cardiovasc Med* [Internet]. 2016 [cité 24 janv 2018];18(11). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5067287/>

224. Harris WS, Miller M, Tighe AP, Davidson MH, Schaefer EJ. Omega-3 fatty acids and coronary heart disease risk: Clinical and mechanistic perspectives. *Atherosclerosis*. 1 mars 2008;197(1):12-24.
225. Serra-Majem L, Nissensohn M, Øverby NC, Fekete K. Dietary methods and biomarkers of omega 3 fatty acids: a systematic review. *Br J Nutr*. juin 2012;107 Suppl 2:S64-76.
226. Sanders T. DHA status of vegetarians. 2009;81(2-3):137-41.
227. Johnston CS. 28 - Vegetarian Diet and Possible Mechanisms for Impact on Mood. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 1 janv 2018]. p. 493-509. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000289>
228. Kahleova H, Pelikanova T. 21 - Vegetarian Diets in People With Type 2 Diabetes. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 1 janv 2018]. p. 369-93. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000216>
229. Beezhold BL, Johnston CS, Daigle DR. Vegetarian diets are associated with healthy mood states: a cross-sectional study in Seventh Day Adventist adults. *Nutr J* [Internet]. déc 2010 [cité 26 mars 2018];9(1). Disponible sur: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-9-26>
230. Beezhold BL, Johnston CS. Restriction of meat, fish, and poultry in omnivores improves mood: A pilot randomized controlled trial. *Nutr J* [Internet]. déc 2012 [cité 26 mars 2018];11(1). Disponible sur: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-11-9>
231. Kahleova H, Hrachovinova T, Hill M, Pelikanova T. Vegetarian diet in type 2 diabetes - improvement in quality of life, mood and eating behaviour. *Diabet Med*. janv 2013;30(1):127-9.
232. Hibbeln JR, Northstone K, Evans J, Golding J. Vegetarian diets and depressive symptoms among men. *J Affect Disord*. janv 2018;225:13-7.
233. Magdalena S Rosell, Zouë Lloyd-Wright, Paul N Appleby, Thomas A Sanders, Naomi E Allen, Timothy J Key. Long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in plasma in British meat-eating, vegetarian, and vegan men. *Long-Chain N-3 Polyunsaturated Fat Acids Plasma Br Meat-Eat Veg Vegan Men*. 2005;82(2):327-34.
234. Lane K, Derbyshire E, Li W, Brennan C. Bioavailability and Potential Uses of Vegetarian

- Sources of Omega-3 Fatty Acids: A Review of the Literature. 2013;54(5):572-9.
235. Rosell MS, Zouë L-W, Appleby PN, Sanders TA, Allen NE, Key TJ. Long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in plasma in British meat-eating, vegetarian, and vegan men. 2005;82(2):327-34.
236. Greenberg JA, Bell SJ, Ausdal WV. Omega-3 Fatty Acid supplementation during pregnancy. 2008;1(4):162-9.
237. ANSES. Le fer [Internet]. 2016 [cité 24 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/le-fer>
238. Craig W. Nutrition Concerns and Health Effects of Vegetarian Diets. *Nutr Clin Pr*. 2010;25(6):613-20.
239. Basuli D, Stevens R, Torti F, Torti S. Epidemiological associations between iron and cardiovascular disease and diabetes. *Front Pharmacol*. 2014;5:117.
240. Park S, Ryoo J-H, Kim M-G, Shin J-Y. Association of Serum Ferritin and the Development of Metabolic Syndrome in Middle-Aged Korean Men A 5-year follow-up study. *Diabetes Care*. 2012;35(12):2521-6.
241. Cho M-R, Park J-K, Choi W-J, Cho A-R, Lee Y-J. Serum ferritin level is positively associated with insulin resistance and metabolic syndrome in postmenopausal women: A nationwide population-based study. *Maturitas*. 2017;103:3-7.
242. Hanson LN, Engelman HM, Alekel D, Schalinske KL, Kohut ML, Reddy MB. Effects of soy isoflavones and phytate on homocysteine, C-reactive protein, and iron status in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr*. 2006;84(4):774-80.
243. Craig W. Iron status of vegetarians. *Am J Clin Nutr*. 1994;59(5 Suppl):1233S-1237S.
244. Collings R, Harvey L, Hooper L, Hurst R, Brown T, Ansett J, et al. The absorption of iron from whole diets: a systematic review. *Am J Clin Nutr*. 2013;98(1):65-81.
245. Hunt J, Roughead Z. Nonheme-iron absorption, fecal ferritin excretion, and blood indexes of iron status in women consuming controlled lactoovo-vegetarian diets for 8 wk. *Am J Clin Nutr*. 1999;69(5):944-52.
246. FAO. Feature links | 2016 International Year of Pulses [Internet]. 2016 [cité 9 mars 2018]. Disponible sur: [http://www.fao.org/pulses-2016/feature-links/fr/?page=1&ipp=10&no\\_cache=1&tx\\_dynalist\\_pi1%5bpar%5d=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MToiMSI7fQ](http://www.fao.org/pulses-2016/feature-links/fr/?page=1&ipp=10&no_cache=1&tx_dynalist_pi1%5bpar%5d=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MToiMSI7fQ)
247. Demange S. La relation médecin-patient au regard du végétarisme: enquête nationale

[Thèse d'exercice]. [France]: Université Jean Monnet (Saint-Étienne). Faculté de médecine Jacques Lisfranc; 2017.

248. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iodine. EFSA J [Internet]. 1 mai 2014 [cité 1 janv 2018]; Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3660/abstract>
249. Institute of Medicine (IOM). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. 2001;
250. Krajčovičová-Kudláčková M, Bučková K, Klimeš I, Šeboková E. Iodine Deficiency in Vegetarians and Vegans. *Ann Nutr Metab.* 2003;47(5):183-5.
251. Lightowler H, Davies G. Iodine intake and iodine deficiency in vegans as assessed by the duplicate-portion technique and urinary iodine excretion. *Brit J Nutr.* 1998;80(06):529-35.
252. Leung A, Andrew L, He X, Braverman L, Pearce E. Iodine Status and Thyroid Function of Boston-Area Vegetarians and Vegans. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011;96(8):E1303-7.
253. Tonstad S, Nathan E, Oda K, Fraser G. Vegan Diets and Hypothyroidism. *Nutrients.* 2013;5(11):4642-52.
254. Tonstad S, Nathan E, Oda K, Fraser G. Prevalence of hyperthyroidism according to type of vegetarian diet. *Public Health Nutr.* 2015;18(8):1482-7.
255. Shaikh MG, Anderson JM, Hall SK, Jackson MA. Transient Neonatal Hypothyroidism Due to a Maternal Vegan Diet. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2003;16(1):111-4.
256. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc. EFSA J [Internet]. 1 oct 2014 [cité 1 janv 2018]; Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3844/abstract>
257. Black RE. Zinc deficiency, infectious disease and mortality in the developing world. *J Nutr.* mai 2003;133(5 Suppl 1):1485S-9S.
258. Bhutta ZA, Black RE, Brown KH, Gardner JM, Gore S, Hidayat A, et al. Prevention of diarrhea and pneumonia by zinc supplementation in children in developing countries: pooled analysis of randomized controlled trials. Zinc Investigators' Collaborative Group. *J Pediatr.* déc 1999;135(6):689-97.
259. Roohani N, Hurrell R, Kelishadi R, Schulin R. Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J Res Med Sci Off J Isfahan Univ Med Sci.* 2013;18(2):144-57.
260. King J. Zinc: an essential but elusive nutrient. *Am J Clin Nutr.* 2011;94(2):679S-684S.

261. Foster M, Samman S. Vegetarian diets across the lifecycle: impact on zinc intake and status. 2015;74:93-131.
262. Gibson R. Content and bioavailability of trace elements in vegetarian diets. *Am J Clin Nutr*. 1994;59(5 Suppl):1223S-1232S.
263. Lönnerdal B. Dietary factors influencing zinc absorption. 2000;130(5S Suppl):1378S-83S.
264. Lopez H, Leenhardt F, Coudray C, Remesy C. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *Int J Food Sci Technol*. 2002;37(7):727-39.
265. Schlemmer U, Frølich W, Prieto RM, Grases F. Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Mol Nutr Food Res*. 2009;53(S2):S330-75.
266. Bouis H, Saltzman A. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. *Glob Food Secur*. 2017;12:49-58.
267. Hunt J, Beiseigel J. Dietary calcium does not exacerbate phytate inhibition of zinc absorption by women from conventional diets. *Am J Clin Nutr*. 2009;89(3):839-43.
268. Foster M, Chu A, Petocz P, Samman S. Effect of vegetarian diets on zinc status: a systematic review and meta-analysis of studies in humans. *J Sci Food Agr*. 2013;93(10):2362-71.
269. Claudia Agnoli, Luciana Baroni, Iacopo Bertini, Salvatore Ciappellano, Alessandra Fabbri, Mattia Papa, et al. Position Paper on Vegetarian Diets from the Working Group of the Italian Society of Human Nutrition. Position Pap Veg Diets Work Group Ital Soc Hum Nutr [Internet]. 2017; Disponible sur: <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2017.10.020>
270. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for calcium: Dietary Reference Values for calcium. *EFSA J*. mai 2015;13(5):4101.
271. Benjamin Allès, Julia Baudry, Caroline Méjean, Mathilde Touvier, Sandrine Péneau, Serge Hercberg, et al. Comparison of Sociodemographic and Nutritional Characteristics between Self-Reported Vegetarians, Vegans, and Meat-Eaters from the NutriNet-Santé Study. *Comp Sociodemographic Nutr Charact Self-Rep Veg Vegans Meat-Eaters Nutr-Santé Study*. 2017;9(9):1023.
272. Boutron-Ruault M-C, Mesrine S, Pierre F. 12 - Meat Consumption and Health Outcomes. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease*

- Prevention [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 11 févr 2018]. p. 197-214. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000125>
273. Tucker KL. Vegetarian diets and bone status. *Am J Clin Nutr.* juill 2014;100 Suppl 1:329S-35S.
274. Mangano KM, Tucker KL. 17 - Bone Health and Vegan Diets. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cité 4 févr 2018]. p. 315-31. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000174>
275. Appleby P, Roddam A, Allen N, Key T. Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. *Eur J Clin Nutr.* déc 2007;61(12):1400-6.
276. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Dietary reference values for vitamin D. *EFSA J.* oct 2016;e04547.
277. Jäpelt R, Jakobsen J. Vitamin D in plants: a review of occurrence, analysis, and biosynthesis. *Front Plant Sci.* 2013;4:136.
278. Cashman KD. A review of vitamin D status and CVD. *Proc Nutr Soc.* 2014;73(1):65-72.
279. Keegan R-J, Lu Z, Bogusz J, Williams J, Holick M. Photobiology of vitamin D in mushrooms and its bioavailability in humans. *Dermatoendocrinol.* 2013;5(1):165-76.
280. Mithal A, Wahl D, Bonjour J-P, Burckhardt P, B D-H, Eisman J, et al. Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D. *Osteoporos Int.* 2009;20(11):1807-20.
281. HAS (Haute Autorité de Santé). Utilité clinique du dosage de la vitamine D. 2013 p. 42.
282. Mangels A. Bone nutrients for vegetarians. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(Supplement 1):469S-475S.
283. Taylor F, Reider C, Victor I. Calcium and Vitamin D Disparities Are Related to Gender, Age, Race, Household Income Level, and Weight Classification but Not Vegetarian Status in the United States: Analysis of the NHANES 2001–2008 Data Set. *J Am Coll Nutr.* 2013;32(5):321-30.
284. Rickes EL, Brink NG, Koniuszy FR, Wood TR, Folkers K. Crystalline Vitamin B12. *Science.* 16 avr 1948;107(2781):396-7.
285. Rickes EL, Brink NG, Koniuszy FR, Wood TR, Folkers K. Comparative data on vitamin B12 from liver and from a new source, *Streptomyces griseus*. *Sci Wash.* 1948;108:634-5.
286. Herrmann W. 43 - Vitamin B12 Deficiency in Vegetarians. In: Mariotti F, éditeur. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic

- Press; 2017 [cité 31 janv 2018]. p. 791-808. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000435>
287. EFSA Panel on Dietetic Products N and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for cobalamin (vitamin B12). EFSA J [Internet]. 1 juill 2015 [cité 10 janv 2018];13(7). Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2015.4150/abstract>
288. La vitamine B12, fiche nutrition [Internet]. Vegan Pratique. [cité 31 janv 2018]. Disponible sur: <https://vegan-pratique.fr/nutrition/la-vitamine-b12/>
289. Watanabe F. Vitamin B12 sources and bioavailability. Exp Biol Med Maywood NJ. nov 2007;232(10):1266-74.
290. Pawlak R, Parrott SJ, Raj S, Cullum-Dugan D, Lucus D. How prevalent is vitamin B(12) deficiency among vegetarians? Nutr Rev. févr 2013;71(2):110-7.
291. La vitamine B12, fiche nutrition [Internet]. Vegan Pratique. 2017 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: <https://vegan-pratique.fr/nutrition/la-vitamine-b12/>
292. The Vegan Society. What Every Vegan Should Know About Vitamin B12 [Internet]. The Vegan Society. 2017 [cité 29 déc 2017]. Disponible sur: <https://www.vegansociety.com/resources/nutrition-and-health/nutrients/vitamin-b12/what-every-vegan-should-know-about-vitamin-b12>
293. What Every Vegan Should Know About Vitamin B12 [Internet]. The Vegan Society. [cité 30 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.vegansociety.com/resources/nutrition-and-health/nutrients/vitamin-b12/what-every-vegan-should-know-about-vitamin-b12>
294. La vitamine B12 [Internet]. Association végétarienne de France. [cité 31 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.vegetarisme.fr/comment-devenir-vegetarien/alimentation-equilibree/b12/>
295. Doscherholmen A, McMahon J, Ripley D. Vitamin B12 absorption from eggs. Proc Soc Exp Biol Med Soc Exp Biol Med N Y N. sept 1975;149(4):987-90.
296. Andrès E, Fothergill H, Mecili M. Efficacy of oral cobalamin (vitamin B12) therapy. Expert Opin Pharmacother. févr 2010;11(2):249-56.
297. Eussen SJPM, de Groot LCPGM, Clarke R, Schneede J, Ueland PM, Hoefnagels WHL, et al. Oral cyanocobalamin supplementation in older people with vitamin B12 deficiency: a dose-finding trial. Arch Intern Med. 23 mai 2005;165(10):1167-72.
298. Borel R, Biot-Laporte S. Le médecin généraliste face au patient végétarien: étude

qualitative des représentations des médecins généralistes sur les régimes végétariens. Lyon, France: Université Claude Bernard Lyon 1; 2017.

299. Defer N. Etat des connaissances des médecins généralistes de France métropolitaine concernant les patients suivant un régime d'exclusion en soins primaires [Thèse d'exercice]. [Lille, France]: Université du droit et de la santé; 2017.

300. Ripple WJ, Wolf C, Newsome TM, Galetti M, Alamgir M, Crist E, et al. World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*. 1 déc 2017;67(12):1026-8.

301. FAO. FAOSTAT - Livestock Primary [Internet]. 2017 [cité 15 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>

302. Fishcount. Estimating the Number of Fish Caught in Global Fishing Each Year [Internet]. 2010 [cité 15 janv 2018]. Disponible sur: <http://fishcount.org.uk/published/std/fishcountstudy.pdf>

303. WWF. Prises accessoires - un sujet bien triste - Fish Forward (WWF) [Internet]. Fish Forward (WWF). [cité 15 janv 2018]. Disponible sur: <http://www.fishforward.eu/fr/project/by-catch/>

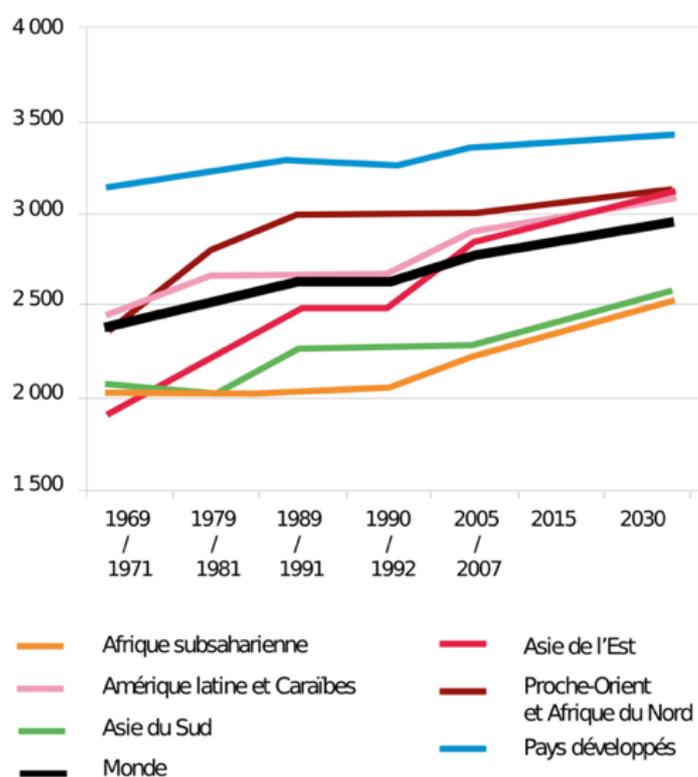
304. Olivier D. Lettre à un médecin [Internet]. [cité 15 mars 2018]. Disponible sur: <http://david.olivier.name/fr/lettre-a-un-medecin>

305. Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES). Le guide nutrition pour les ados [Internet]. 2004 [cité 1 janv 2018]. Disponible sur: <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/747.pdf>

## ANNEXES

**ANNEXE 1** : Consommations alimentaires moyennes (kcal/pers/jour), de 1969-1971 à 2030, dans le monde.

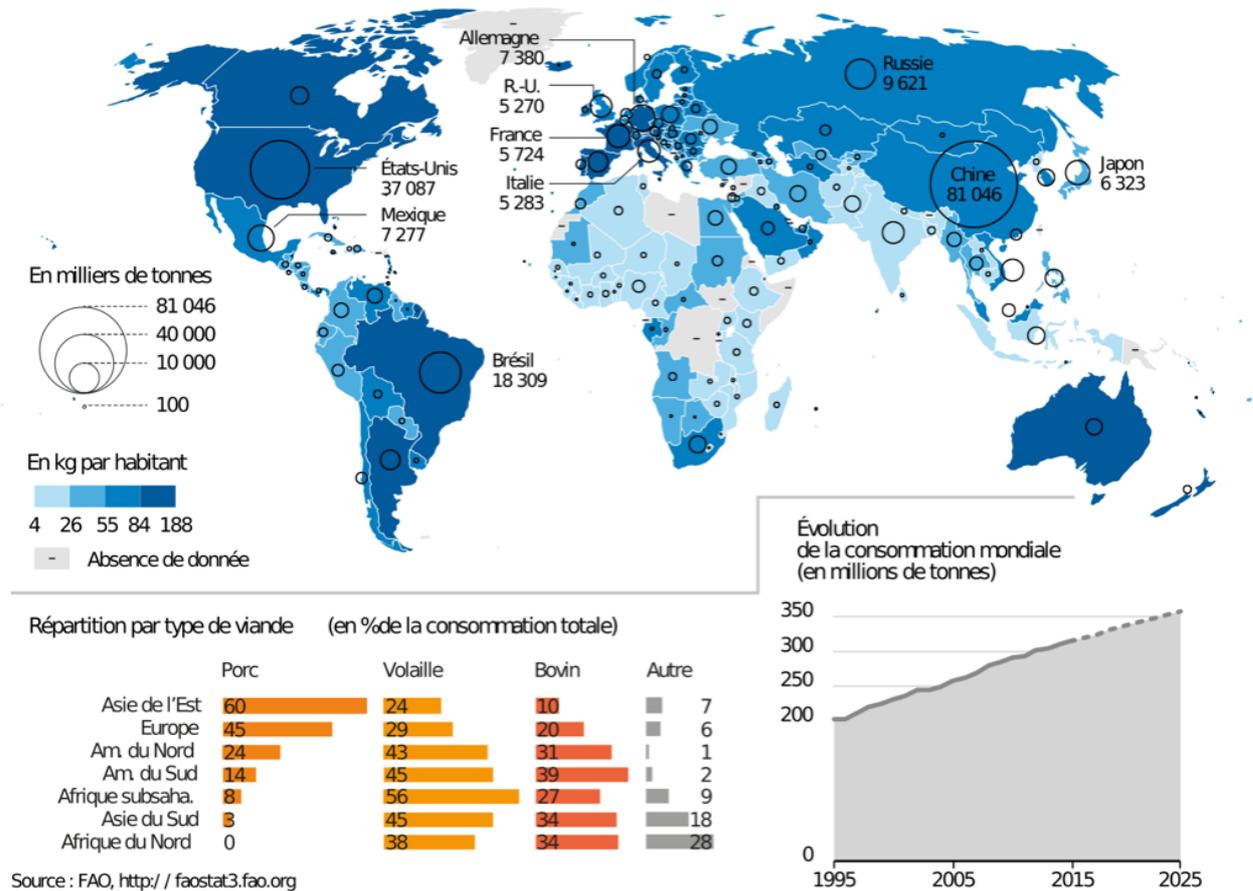
Source : Centre d'études et de prospectives (CEP), 2017 (11)



Source : Alexandratos N., Bruinsma J., 2012, *World agriculture towards 2030/ 2050: the 2012 revision*, ESA Working paper No. 12-03, Rome, FAO

**ANNEXE 2 : Consommation de viande dans le monde, en 2011.**

Source : Centre d'études et de perspectives (CEP), 2017 (11)



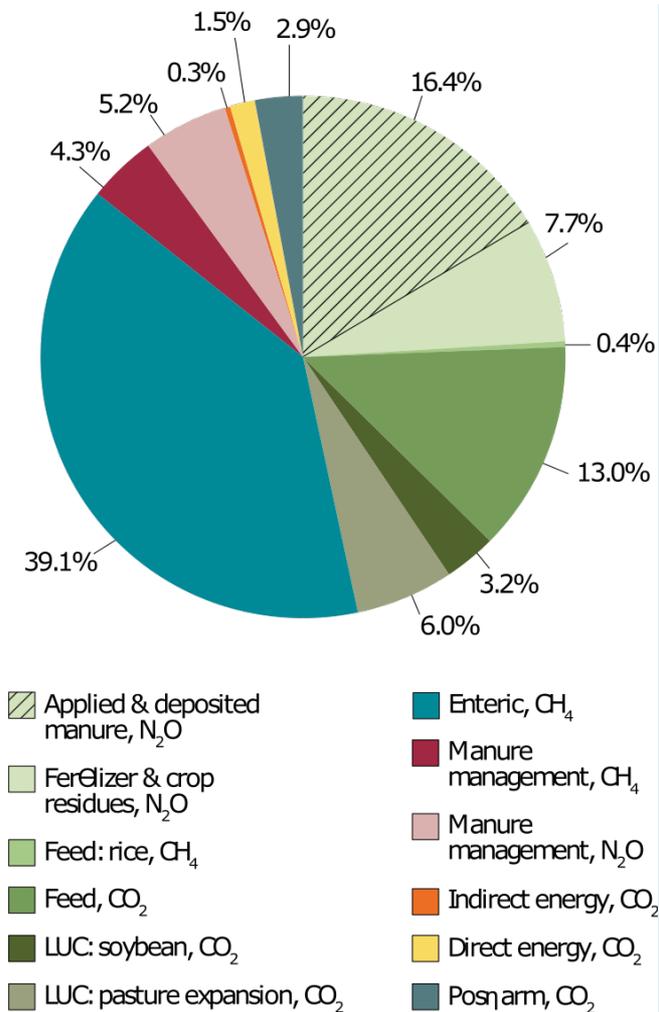
**ANNEXE 3 : Phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes : évaluation à l'échelle du globe des changements récemment observés ainsi que de la contribution humaine aux changements, et projection d'autres changements pour le début et la fin du XXI<sup>e</sup> siècle.**

Source : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), 2013 (15)

Phénomène et évolution anticipée	Évaluation de la probabilité de survenance des changements (normalement depuis 1950 sauf indication contraire)	Évaluation de la contribution humaine aux changements observés	Probabilité d'autres changements	
			Début du XXI <sup>e</sup> siècle	Fin du XXI <sup>e</sup> siècle
Journées et nuits froides moins fréquentes et/ou moins nombreuses sur la plupart des terres émergées	Très probable Très probable Très probable	Très probable Probable Probable	Probable {1.3}	Quasi certain Quasi certain Quasi certain {2.4}
Journées et nuits chaudes plus fréquentes et/ou plus nombreuses sur la plupart des terres émergées	Très probable Très probable	Très probable Probable Probable (nuls uniquement)	Probable {1.3}	Quasi certain Quasi certain Quasi certain {2.4}
Périodes/vagues de chaleur plus fréquentes et/ou plus longues sur la plupart des terres émergées	Degré de confiance moyen à l'échelle mondiale (2.6) Probable dans de grandes parties de l'Europe, de l'Asie et de l'Australie Degré de confiance moyen dans de nombreuses régions (mais pas toutes) Probable	Probable Pas d'évaluation formelle Plus probable qu'improbable	Pas d'évaluation formelle {1.3}	Très probable Très probable Très probable {2.4}
Épisodes de précipitations abondantes Augmentation de la fréquence, de l'intensité et/ou du nombre des épisodes de précipitations abondantes	Probable que les terres émergées sont plus nombreuses à enregistrer des augmentations que des diminutions Probable que les terres émergées sont plus nombreuses à enregistrer des augmentations que des diminutions Probable pour la plupart des terres émergées	Degré de confiance moyen Degré de confiance moyen Plus probable qu'improbable	Probable sur de nombreuses terres émergées {1.3}	Très probable sur la plupart des terres émergées des latitudes moyennes et sur les régions tropicales humides Probable sur de nombreuses régions Très probable sur la plupart des terres émergées {2.4}
Augmentation de l'intensité et/ou de la durée des sécheresses	Degré de confiance faible à l'échelle mondiale Changements probables dans certaines régions Degré de confiance moyen dans certaines régions Probable dans de nombreuses régions, depuis 1970	Degré de confiance faible Degré de confiance moyen Plus probable qu'improbable	Degré de confiance faible {1.3}	Probable (degré de confiance moyen) à une échelle régionale et mondiale Degré de confiance moyen dans certaines régions Probable {2.4}
Augmentation de l'activité des cyclones tropicaux/intenses	Degré de confiance faible concernant les changements à long terme (à l'échelle des siècles) Quasi certain en Atlantique Nord depuis 1970 Degré de confiance faible Probable dans certaines régions, depuis 1970	Degré de confiance faible Degré de confiance faible Plus probable qu'improbable	Degré de confiance faible {1.3}	Plus probable qu'improbable dans le Pacifique Nord-Ouest et l'Atlantique Nord {4.6}
Incidence ou amplitude accrue d'une très haute élévation du niveau des mers	Probable (depuis 1970) Probable (fin du XXI <sup>e</sup> siècle) Probable	Probable Probable Plus probable qu'improbable	Probable {3.7}	Très probable Très probable Probable {3.7}

## ANNEXE 4 : Émissions globales dues au secteur de l'élevage, par catégorie d'émission.

Source : Gerber et al., 2013 (20)



Throughout the report, emissions categories are indicated in the following ways in the legend accompanying Figures:

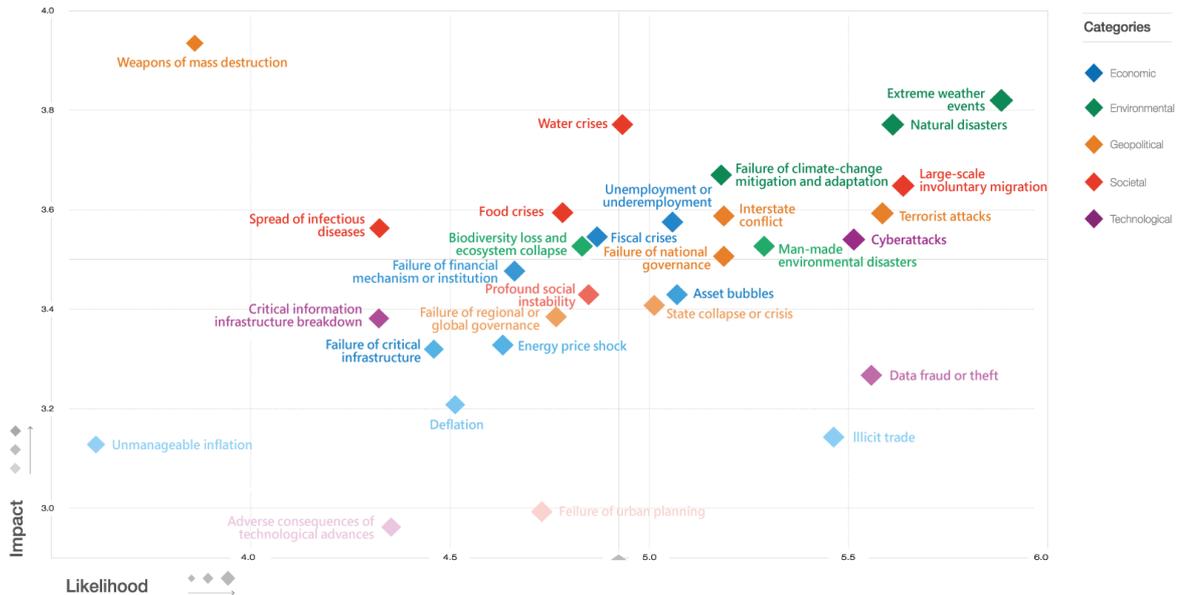
- Feed, N<sub>2</sub>O including:
  - Fertilizer & crop residues, N<sub>2</sub>O – emissions from fertilizer applied to feed crops and from the decomposition of crop residues;
  - applied & deposited manure, N<sub>2</sub>O – emissions from manure applied to feed crops and pasture or directly deposited on pastures by animals.
- Feed, CO<sub>2</sub> – emissions from the production, processing and transport of feed;
- LuC: soybean, CO<sub>2</sub> – emissions from the expansion of cropland for feed production;
- LuC: pasture expansion, CO<sub>2</sub> – emissions from the expansion of pasture;
- Feed: rice, CH<sub>4</sub> – emissions from rice cultivation for feed purposes;
- enteric, CH<sub>4</sub> – emissions from enteric fermentation;
- Manure management, CH<sub>4</sub> – emissions from manure storage and processing (application and deposition excluded);
- Manure management, N<sub>2</sub>O – emissions from manure storage and processing (application and deposition excluded);
- Direct energy, CO<sub>2</sub> – emissions from energy use on animal production unit (heating, ventilation, etc.);
- Indirect energy, CO<sub>2</sub> – emissions related to the construction of the animal production buildings and equipment;
- Postfarm, CO<sub>2</sub> – emissions related to the processing and transportation of livestock product between the production and retail point.

## ANNEXE 5 : La « crise de l'eau » selon le Forum économique Mondial (WEF).

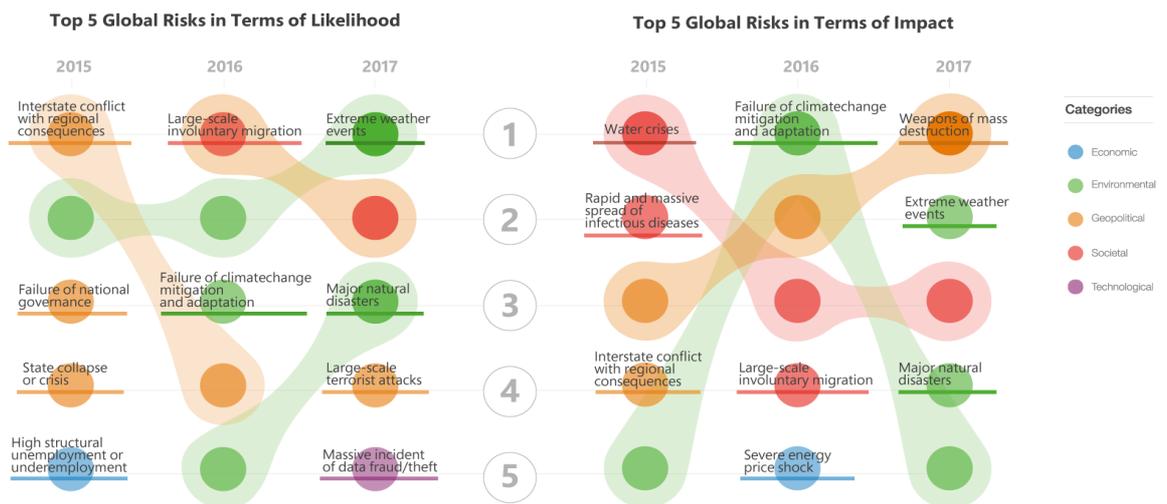
Source: World Economic Forum (WEF), 2017 (32)

La « crise de l'eau » est le 3ème risque le plus préoccupant de la planète pour les personnes et les économies, au cours des dix prochaines années, juste derrière les armes de destruction massive puis les événements météorologiques extrêmes.

### THE GLOBAL RISKS LANDSCAPE 2017



### THE EVOLVING RISKS LANDSCAPE, 2015-2017

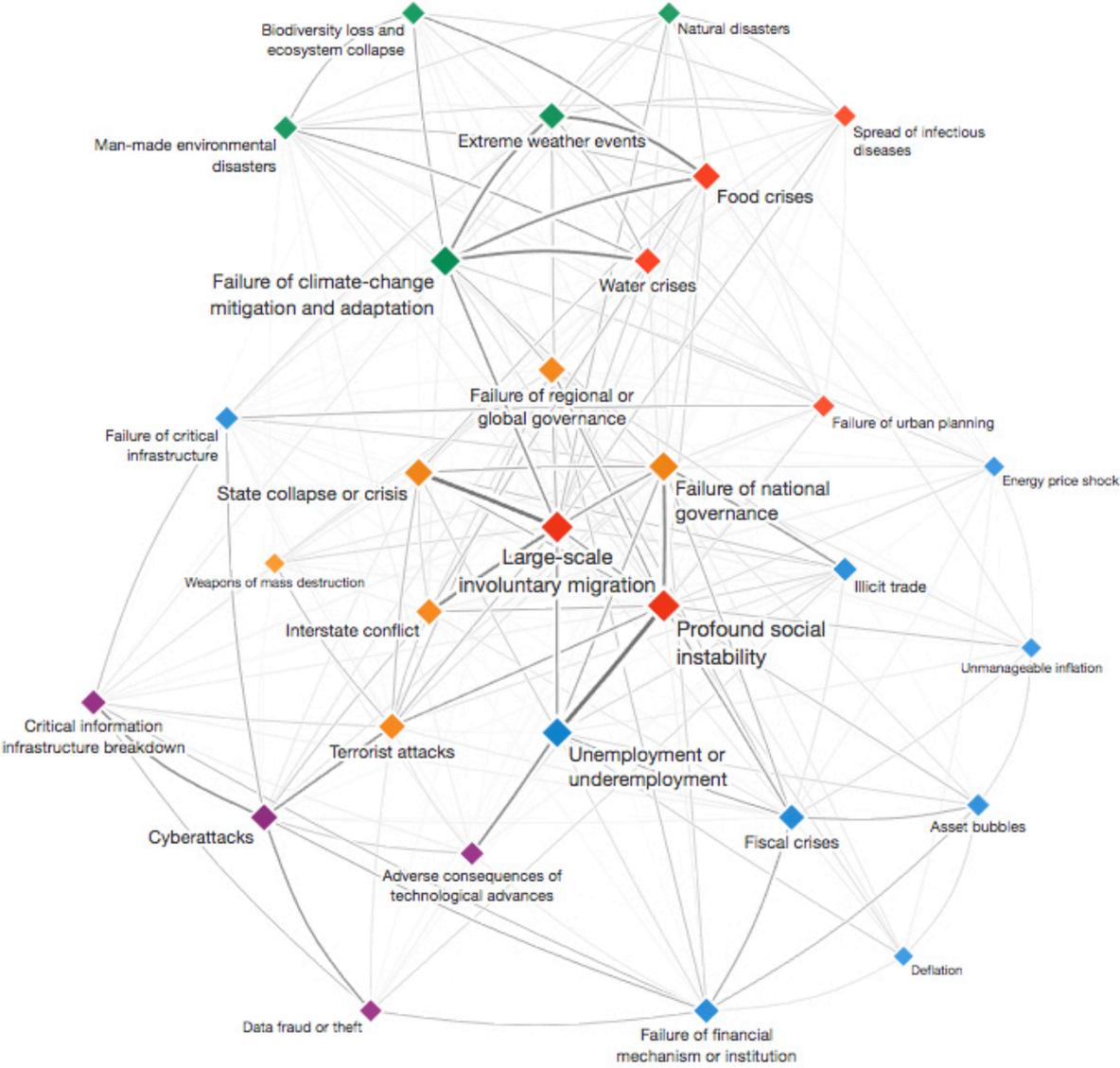


**ANNEXE 6 : L'importance des interconnexions entre les différentes crises selon le Forum économique Mondial (WEF).**

Source: World Economic Forum (WEF), 2017 (32)

**The Global Risks Interconnections Map 2017**

How are global risks interconnected?



**ANNEXE 7 : Tableau résumant des niveaux de preuve existant entre le lait et les produits laitiers, et diverses localisations de cancer, d'après le WCRF.**

Source: World Cancer Research Fund (WCRF), 2007 (157)

<b>MILK, DAIRY PRODUCTS, AND THE RISK OF CANCER</b>				
In the judgement of the Panel, the factors listed below modify the risk of cancer. Judgements are graded according to the strength of the evidence.				
	<b>DECREASES RISK</b>		<b>INCREASES RISK</b>	
	<b>Exposure</b>	<b>Cancer site</b>	<b>Exposure</b>	<b>Cancer site</b>
<b>Convincing</b>				
<b>Probable</b>	Milk <sup>1,4</sup>	Colorectum	Diets high in calcium <sup>2,3</sup>	Prostate
Limited — suggestive	Milk <sup>1</sup>	Bladder	Milk and dairy products <sup>2</sup> Cheese <sup>4</sup>	Prostate Colorectum
<b>Substantial effect on risk unlikely</b>	None identified			

1 Milk from cows. Most data are from high-income populations, where calcium can be taken to be a marker for milk/dairy consumption. *The Panel judges* that a higher intake of dietary calcium is one way in which milk could have a protective effect.

2 Effect only apparent at high calcium intakes (around 1.5 g/day or more). Evidence for milk and dairy products (but not calcium) was derived only from data for countries with populations that have high calcium and dairy consumption.

3 Includes diets that naturally contain calcium and that contain foods fortified with calcium. See box 4.10.1.

4 Although both milk and cheese are included in the general category of dairy products, their different nutritional composition and consumption patterns may result in different findings.

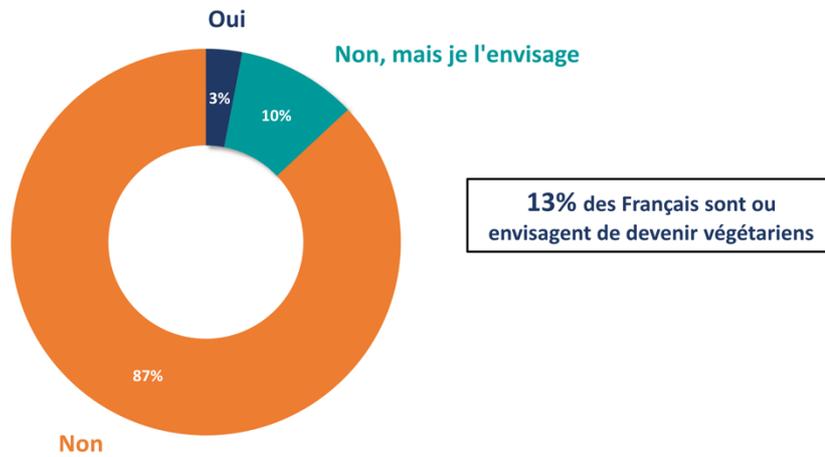
For an explanation of all the terms used in the matrix, please see chapter 3.5.1, the text of this section, and the glossary.

**WCRF 2009**  


**ANNEXE 8** : Sondage OpinonWay pour TerraEco, Les français et le végétarisme, réalisé en janvier 2016.

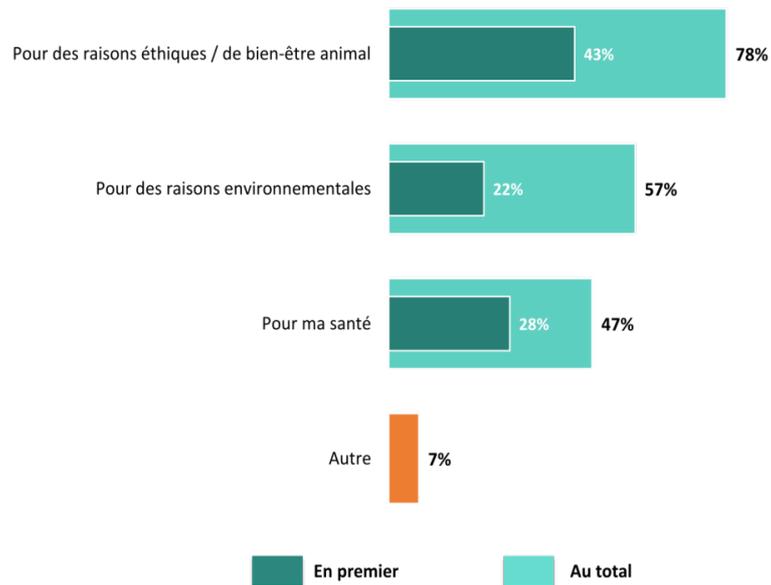
Source : AUGIS, Olivia, Sondage OpinonWay, mail reçu le 17/07/2017

Q. Etes-vous végétarien ?



Q. Pourquoi êtes-vous végétarien ? En premier ? Et ensuite ?

Question posée uniquement aux végétariens, soit 3% de l'échantillon.

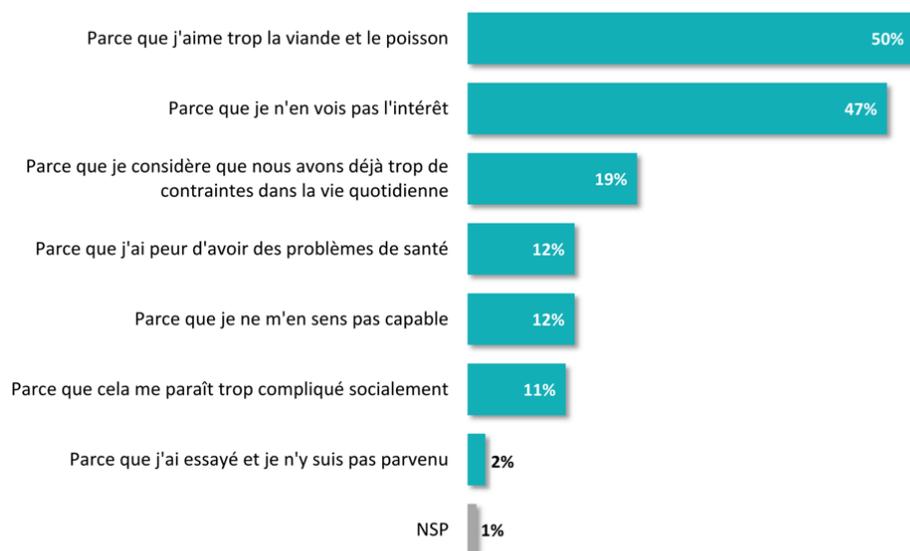


OpinionWay

Les Français et le végétarisme - Janvier 2016

### Q. Pourquoi n'êtes-vous pas végétarien ?

Question posée uniquement aux personnes qui ne sont pas végétariennes, soit 97% de l'échantillon.  
Plusieurs réponses possibles – Total supérieur à 100%.



**ANNEXE 9** : Pages de couverture du journal Libération le 21 septembre 2016, et du journal Les Inrockuptibles le 28 septembre 2016.

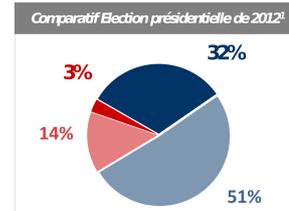
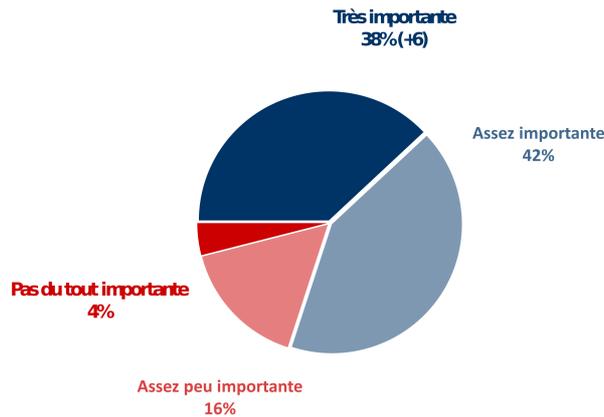


**ANNEXE 10** : Sondage ifop pour le collectif AnimalPolitique, portant sur la sensibilité des Français·e·s à la cause animale lors des élections de 2017.  
 Source : Institut français d'opinion publique (ifop), 2017 (96)

**ifop** La sensibilité à la protection des animaux

**QUESTION :** Pour vous personnellement, la protection des animaux est-elle une cause très importante, assez importante, assez peu importante ou pas importante du tout ?

Base : Ensemble des personnes inscrites sur les listes électorales



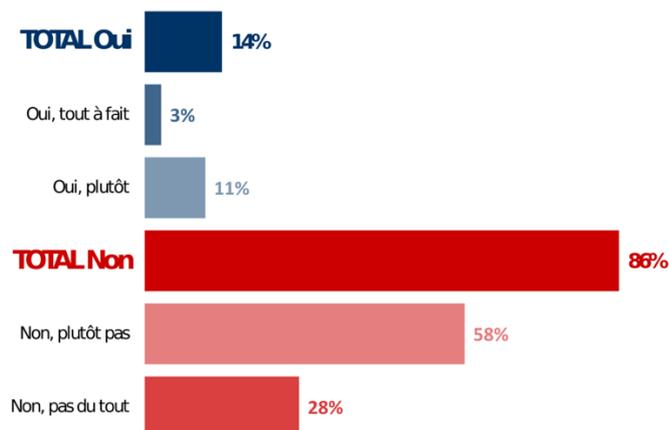
Sondage Ifop pour la Fondation 30 Millions d'Amis réalisé par questionnaire auto-administré en ligne du 20 au 22 décembre 2011 auprès d'un échantillon de 953 personnes inscrites sur les listes électorales, extrait d'un échantillon de 1 008 personnes, représentatif de la population française âgée de 18 ans et plus.



**ifop** Le sentiment sur l'importance accordée à la cause animale par les différents candidats à l'élection présidentielle

**QUESTION :** Selon vous, les différents candidats déclarés ou potentiels à l'élection présidentielle accordent-ils de l'importance à la cause animale dans leurs programmes ?

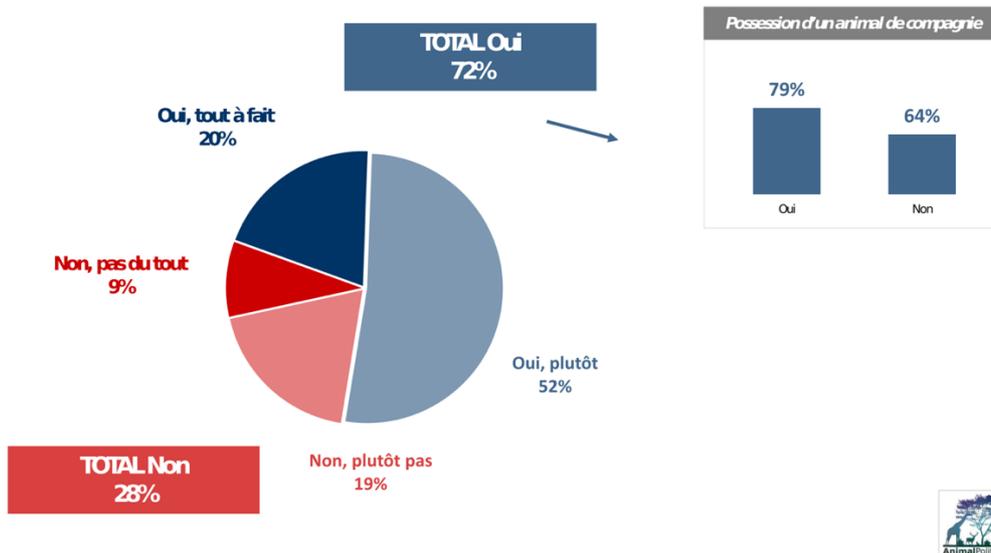
Base : Ensemble des personnes inscrites sur les listes électorales



## Le souhait d'engagement des candidats sur des mesures concrètes en matière de protection animale

**QUESTION :** Souhaitez-vous que les différents candidats à l'élection présidentielle s'engagent sur des mesures concrètes en matière de protection animale ?

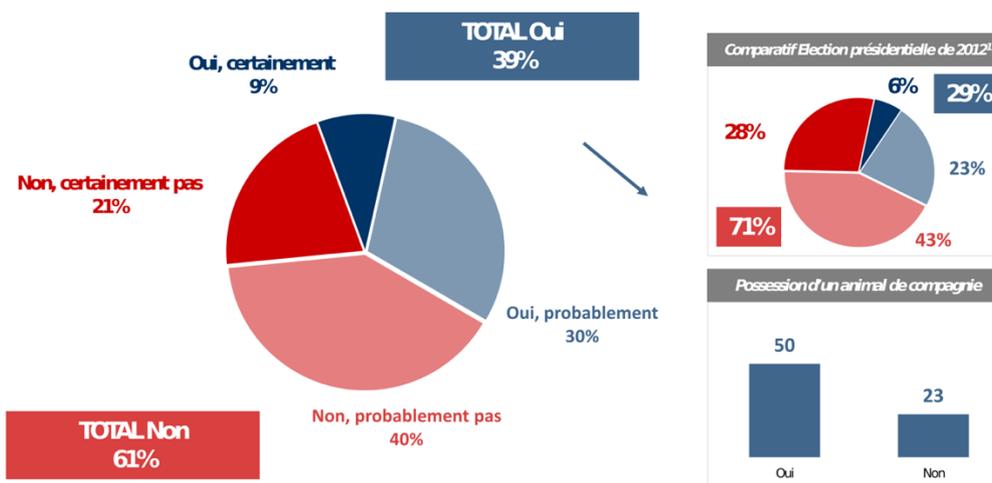
Base : Ensemble des personnes inscrites sur les listes électorales



## L'influence des propositions des candidats en matière de protection animale sur le vote à l'élection présidentielle

**QUESTION :** Au moment de voter à l'élection présidentielle, en avril 2017, les propositions des candidats en matière de protection animale pourraient-elles influencer votre vote ?

Base : Ensemble des personnes inscrites sur les listes électorales



Sondage Ifop pour la Fondation 30 Millions d'Amis réalisé par questionnaire auto-administré en ligne du 20 au 22 décembre 2011 auprès d'un échantillon de 953 personnes inscrites sur les listes électorales, extrait d'un échantillon de 1.008 personnes, représentatif de la population française âgée de 18 ans et plus.



**POUR ÊTRE EN FORME, TU AS BESOIN DE PROTÉINES ET DE FER, ET LA VIANDE T'APPORTE DES PROTÉINES DE BONNE QUALITÉ ET DU FER D'ORIGINE ANIMALE, DONC BIEN UTILISÉ PAR L'ORGANISME. COMMENT FAIRE POUR AVOIR QUAND MÊME LE BON COMPTE SI TU N'EN MANGES PAS OU QUE TRÈS RAREMENT ?**

**MANGE CHAQUE JOUR DES ŒUFS OU DU POISSON, ET DES PRODUITS LAITIERS**

Mais seul le poisson peut remplacer la viande en ce qui concerne le fer.

**FAIS DES MARIAGES NOURRISSANTS**

**K Un produit céréalier (riz, pâtes, semoule, blé...) + un produit laitier:**  
 Mélange des pâtes avec du fromage râpé ou fondu, cuisine un riz au lait parfumé à la cannelle...

**K Un légume sec + un produit laitier**  
 Au cours du même repas, mange une salade de lentilles et un yaourt...

**K Un produit céréalier ou un légume sec (haricots, pois chiches, lentilles, flageolets...) + un peu d'œuf ou de poisson**  
 Mange une crêpe complète qui associe farine et œuf, du riz aux crevettes, une salade de pois chiches au thon...

**K Un légume sec + un produit céréalier**  
 Associe de la semoule avec des pois chiches (comme dans le couscous), du maïs et des haricots rouges...

**Tu es végétarienne ?**  
 Parles-en à l'infirmière ou au médecin scolaire, ou à ton médecin de famille. Tu as peut-être besoin d'une supplémentation en fer.

**LE VÉGÉTARISME, C'EST QUOI EXACTEMENT ?**

Le végétarien exclut de son assiette tous les aliments issus de la chair des animaux (viande, poisson, fruits de mer...).

**ET LE VÉGÉTALISME ?**

Le végétalien, lui, supprime en plus les œufs et les produits laitiers (c'est-à-dire tous les aliments issus des animaux). Ne suis surtout pas ce régime, tu aurais de graves déficiences non seulement en protéines mais aussi en fer et en calcium!



**ANNEXE 12** : Le *Healthy Vegetarian Eating Pattern* : tableau issu du *Dietary Guideline for Americans (2015-2020)*, représentant les recommandations officielles pour les personnes végétariennes et végétaliennes aux États-Unis.

Source: U.S Department of Agriculture (USDA), décembre 2015 (105)

Les quantités recommandées, par jour et par personne, sont exprimées pour chaque groupe d'aliments, en fonction de l'apport calorique à satisfaire.

**Table A5-1.**  
**Healthy Vegetarian Eating Pattern: Recommended Amounts of Food From Each Food Group at 12 Calorie Levels**

Calorie Level of Pattern <sup>a)</sup>	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200
Food Group <sup>b)</sup>	Daily Amount <sup>c)</sup> of Food From Each Group (vegetable and protein foods subgroup amounts are per week)											
<b>Vegetables</b>	1c-eq	1½c-eq	1½c-eq	2c-eq	2½c-eq	2½c-eq	3c-eq	3c-eq	3½c-eq	3½c-eq	4c-eq	4c-eq
Dark-Green Vegetables (c-eq/wk)	½	1	1	1½	1½	1½	2	2	2½	2½	2½	2½
Red & Orange Vegetables (c-eq/wk)	2½	3	3	4	5½	5½	6	6	7	7	7½	7½
Legumes (Beans & Peas) (c-eq/wk) <sup>d)</sup>	½	½	½	1	1½	1½	2	2	2½	2½	3	3
Starchy Vegetables (c-eq/wk)	2	3½	3½	4	5	5	6	6	7	7	8	8
Other Vegetables (c-eq/wk)	1½	2½	2½	3½	4	4	5	5	5½	5½	7	7
<b>Fruits</b>	1c-eq	1c-eq	1½c-eq	1½c-eq	1½c-eq	2c-eq	2c-eq	2c-eq	2c-eq	2½c-eq	2½c-eq	2½c-eq
<b>Grains</b>	3oz-eq	4oz-eq	5oz-eq	5½oz-eq	6½oz-eq	6½oz-eq	7½oz-eq	8½oz-eq	9½oz-eq	10½oz-eq	10½oz-eq	10½oz-eq
Whole Grains <sup>e)</sup> (oz-eq/day)	1½	2	2½	3	3½	3½	4	4½	5	5½	5½	5½
Ref ned Grains (oz-eq/day)	1½	2	2½	2½	3	3	3½	4	4½	5	5	5
<b>Dairy</b>	2c-eq	2½c-eq	2½c-eq	3c-eq	3c-eq	3c-eq						

Calorie Level of Pattern <sup>a</sup>	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200
Food Group <sup>b</sup>	Daily Amount <sup>c</sup> of Food From Each Group (vegetable and protein foods subgroup amounts are per week)											
Protein Foods	1oz-eq	1½oz-eq	2oz-eq	2½oz-eq	3oz-eq	3½oz-eq	3½oz-eq	4oz-eq	4½oz-eq	5oz-eq	5½oz-eq	6oz-eq
Eggs (oz-eq/wk)	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Legumes (Beans & Peas) (oz-eq/wk) <sup>d</sup>	1	2	4	4	6	6	6	8	9	10	11	12
Soy Products (oz-eq/wk)	2	3	4	6	6	8	8	9	10	11	12	13
Nuts & Seeds (oz-eq/wk)	2	2	3	5	6	7	7	8	9	10	12	13
Oils	15g	17g	17g	22g	24g	27g	29g	31g	34g	36g	44g	51g
Limit on Calories for Other Uses, Calories (% of Calories) <sup>f,g</sup>	190 (19%)	170 (14%)	190 (14%)	180 (11%)	190 (11%)	290 (15%)	330 (15%)	390 (16%)	390 (15%)	400 (14%)	440 (15%)	550 (17%)

[a, b, c] See Appendix 3, USDA Food Patterns: Healthy U.S.-Style Eating Pattern, notes a through c.

[d] About half of total legumes are shown as vegetables, in cup-eq, and half as protein foods, in oz-eq. Total legumes in the Patterns, in cup-eq, is the amount in the vegetable group plus the amount in protein foods group (in oz-eq) divided by 4.

Calorie Level of Pattern <sup>a</sup>	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200
Total Legumes (Beans & Peas) (c-eq/wk)	1	1	1½	2	3	3	3½	4	5	5	6	6

[e, f, g] See Appendix 3, notes d through f.

**ANNEXE 13** : Guide de bonne pratique du végétarisme et du végétalisme selon la British Dietetic Association (BDA).

Source : British Dietetic Association (BDA), 2017 (115)

## Plant-based diet

A plant-based diet is based on foods derived from plants, including vegetables, wholegrains, legumes, nuts, seeds and fruits, with few or no animal products

People choose a plant-based diet for a variety of reasons including concern about the treatment of animals, health reasons, environmental concerns or because of taste and social pressure. Plant-based diets are becoming more popular and if they are well-planned, can support healthy living at every age and life-stage.

Types of plant-based diets include:

**Lacto-ovo vegetarians** – eat dairy foods and eggs but not meat, poultry or seafood.

**Ovo-vegetarians** – include eggs but avoid all other animal foods, including dairy.

**Lacto-vegetarians** – eat dairy foods but exclude eggs, meat, poultry and seafood.

**Vegans** – don't eat any animal products at all, including honey, dairy and eggs. Many shop bought ready-made products may contain animal ingredients so the labels of all manufactured products do need to be read carefully.

**Variations of plant-based diets include:**

- **Pescetarians** – eat fish and/or shellfish.
- **Semi-vegetarians (or flexitarians)** – occasionally eat meat or poultry.

### Eating for optimum health

Diets centred on a wide variety of plant foods offer affordable, tasty and nutritious options. Plant-based diets which are rich in beans, nuts, seeds, fruit and vegetables, wholegrains such as oats, rice, and cereal-based foods such as breads, and pasta can provide all the nutrients needed for good health. This includes essential fats, protein, vitamins, minerals and plenty of fibre too. Well balanced plant-based diets, that are also low in saturated fat, can help you manage your weight and may reduce your risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease and some cancers. However, as with any diet, plant-based nutrition needs to be planned.



Most nutrients are abundantly available in plant-based diets, but if you are avoiding all or minimising your consumption of animal-derived foods there are a few nutrients that you need to pay attention to.

### Calcium

Calcium is essential for bone health, along with weight-bearing exercise and a healthy diet. An adult requires approximately 700mg per day. Dairy foods are rich in calcium but if you are not eating these make sure you obtain calcium from other sources like fortified plant-based dairy alternatives, dried fruit e.g. figs, nuts such as almonds, leafy green vegetables, red kidney beans, sesame seeds, tahini and tofu to lower your risk of bone fractures.

### Omega 3 fatty acids

These fats have been shown to be important for health and are commonly found in oily fish. However if you are not eating fish, plant sources of omega 3 include walnuts, flax (linseed), hemp seeds, chia seeds and soya beans. Oils such as hemp, rapeseed and flaxseed oil provide essential omega 3 fats and are preferable to corn/sunflower oils.

### Vitamin D

Vitamin D is needed to keep bones, teeth and muscles healthy and is made in our bodies when our skin is exposed to appropriate sunlight. In the UK this is usually between April and September. During the winter months, we need to get vitamin D from our diet because the sun isn't strong enough for the body to make it. Plant-based sources of vitamin D include sun-exposed mushrooms and fortified foods such as vegetable spreads, breakfast cereals and plant-based dairy alternatives. Since it's difficult to get enough vitamin D from food alone, everyone should consider taking a daily supplement of 10mcg/day during the autumn and winter months. Some vitamin D supplements are not suitable for vegans. Vitamin D2 and lichen-derived vitamin D3 are suitable. Find out more about this in our Vitamin D Food Fact Sheet

## Iodine

The major sources of iodine in our diet are dairy products and fish. The iodine content of plant foods depends on the iodine content of the soil which is variable. Foods grown closer to the ocean tend to be higher in iodine. Where soils are iodine deficient, iodised salt and seaweed provide iodine which is needed in moderation. As the iodine content of seaweed is variable, and sometimes too high, guidance is not to consume sea vegetables more than once a week. An excess of iodine is also unhealthy so if you are taking a supplement, discuss this with your dietitian. Find out more in our Iodine Food Fact Sheet

## Vitamin B12

We need vitamin B12 for many reasons. Too little can result in fatigue, anaemia and nerve damage and increase homocysteine levels leading to cardiovascular disease. Most people get vitamin B12 by eating animal products. If you are eliminating all animal derived foods, the only reliable sources of vitamin B12 are fortified foods and supplements. Suitable B12-fortified foods include some breakfast cereals, yeast extracts, soya yoghurts and non-dairy milks. To make sure you get enough vitamin B12, either eat fortified foods at least twice a day, aiming for 3mcg of vitamin B12 a day, or take a supplement, 10mcg daily or at least 2000mcg weekly. If you are worried whether you are obtaining sufficient vitamin B12, a dietitian can calculate your intake from food/supplements or a doctor can check your blood homocysteine levels.

## Iron

Plant sources of iron include dried fruits, wholegrains, nuts, green leafy vegetables, seeds and pulses. The form of iron in plant foods is absorbed far less efficiently compared to iron from animal derived sources such as meat and eggs. Eat plenty of fruits and vegetables rich in vitamin C to help the iron to be absorbed e.g. citrus fruits, strawberries, green leafy vegetables and peppers.

## Zinc

Phytates found in plant foods such as wholegrains and beans reduce zinc absorption, so it's important to eat good sources of zinc-containing foods. Eat fermented soya such as tempeh and miso; beans (soak dried beans then rinse before cooking to increase zinc absorption); wholegrains; nuts; seeds and some fortified breakfast cereals.

## Selenium

Plant sources of this mineral include grains, seeds and nuts. Just two brazil nuts daily will provide you with your daily requirement of selenium

## Protein

Plant-based sources of protein include lentils, beans, chickpeas, seeds, nuts and nut butters (e.g. peanut butter), and tofu. Eggs, and dairy are also good sources if you are eating these. Meat substitutes like vegetarian burgers, soya sausages, and other meat alternatives can be useful for those adapting to a plant-based diet and can provide a source of protein. However as with any processed foods, these can often be high in salt and fat so should be used in moderation. These products may contain animal ingredients such as eggs, milk derivatives and honey so careful label reading is necessary if you wish to follow a vegan diet.

## Sustainable eating

In the UK, it is estimated that well-planned completely plant-based, or vegan, diets need just one third of the fertile land, fresh water and energy of the typical British 'meat-and-dairy' based diet. With meat and dairy being the leading contributor to greenhouse (GHG) emissions, reducing animal based foods and choosing a wide range of plant foods can be beneficial to the planet and our health.

## Summary

Well-planned plant-based diets can support healthy living at every age and life-stage. Include a wide variety of healthy whole foods to ensure your diet is balanced and sustainable.

### Further information:

Food Fact Sheets on other topics including Iodine and Vitamin D are available at [www.bda.uk.com/foodfacts](http://www.bda.uk.com/foodfacts)

### Useful links:

**The Vegan Society**  
[www.vegansociety.com](http://www.vegansociety.com)

**The Vegetarian Society**  
[www.vegsoc.org](http://www.vegsoc.org)



This Food Factsheet is a public service of The British Dietetic Association (BDA) intended for information only. It is not a substitute for proper medical diagnosis or dietary advice given by a dietitian. If you need to see a dietitian, visit your GP for a referral or: [www.freelancedietitians.org](http://www.freelancedietitians.org) for a private dietitian. To check your dietitian is registered check [www.hcpc-uk.org](http://www.hcpc-uk.org)  
This Food Fact Sheet and others are available to download free of charge at [www.bda.uk.com/foodfacts](http://www.bda.uk.com/foodfacts)  
Written by Lynne Garton, Dietitian and Sandra Hood, Dietitian. Reviewed by Frankie Phillips, Dietitian.  
The information sources used to develop this fact sheet are available at [www.bda.uk.com/foodfacts](http://www.bda.uk.com/foodfacts)  
© BDA September 2017. Review date September 2020.



**ANNEXE 14** : Apports nutritionnels moyens, ajustés sur l'âge et le sexe, chez les personnes végétariennes, végétaliennes, et non-végétariennes, dans l'étude NutriNet-Santé (2009-2015, n= 93 823).

Source : Allès et al., 2017 (89)

Daily Nutrient Intake	Vegetarians (n = 2370) <sup>1</sup>		Vegans (n = 789) <sup>1</sup>		Meat-Eaters (n = 90,664) <sup>1</sup>		Vegans vs. Vegetarians	Vegans vs. Meat-Eaters	Vegetarians vs. Meat-Eaters
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	p <sup>2</sup>	p <sup>2</sup>	p <sup>2</sup>
Total Proteins (g)	66.6	0.4	62.0	0.8	80.7	0.1	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Plant proteins (g)	33.8	0.4	46.5	0.7	25.7	0.1	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Animal proteins (g)	33.9	0.2	15.5	0.3	57.1	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Total lipids (g)	78.3	0.4	72.7	0.7	78.4	0.1	<0.0001	<0.0001	0.14
PUFAs—total (g)	13.3	0.1	17.2	0.2	11.2	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
PUFA n3 (g)	1.5	0.0	1.7	0.0	1.3	0.0	<0.0001	<0.0001	0.022
PUFA n6 (g)	11.2	0.1	15.0	0.2	9.2	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
MUFAs (g)	30.1	0.2	30.8	0.4	29.5	0.0	0.30	0.0002	<0.0001
SFAs (g)	29.3	0.2	19.4	0.4	31.8	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Cholesterol (mg)	226.0	3.8	55.4	6.5	305.0	0.7	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Total carbohydrates (g)	215.8	0.9	235.7	1.6	199.6	0.2	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Simple carbohydrate (g)	99.4	0.7	105.3	1.2	91.8	0.1	0.0003	<0.0001	<0.0001
Fibers (g)	25.9	0.2	34.1	0.3	19.5	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Alcohol (g)	8.0	0.3	6.4	0.5	9.2	0.1	0.0007	<0.0001	<0.0001
Total vitamin A (µg)	1163.1	28.4	1361.3	48.9	1049.4	5.6	<0.0001	<0.0001	0.070
Thiamin (mg)	1.2	0.0	1.6	0.0	1.2	0.0	0.0004	<0.0001	0.08
Ribof avin (mg)	1.7	0.0	1.7	0.0	1.8	0.0	0.02	<0.0001	0.006
Niacin (mg)	16.1	0.2	18.2	0.3	19.1	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Pantothenic acid (mg)	5.1	0.0	5.3	0.1	5.3	0.0	0.05	0.10	<0.0001
Vitamin B6 (mg)	1.8	0.0	2.3	0.0	1.8	0.0	<0.0001	<0.0001	0.90
Folate (µg)	394.1	3.0	481.4	5.2	327.2	0.6	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vitamin B12 (µg)	3.6	0.2	2.7	0.3	5.3	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vitamin C (mg)	130.9	2.4	165.3	4.1	117.0	0.5	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vitamin D (µg)	2.4	0.1	1.9	0.1	2.7	0.0	0.0003	<0.0001	<0.0001
Vitamin E (µg)	14.3	0.1	17.6	0.2	11.3	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Vitamin K	3138.6	7.3	3676.1	12.6	2996.6	1.4	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Calcium	960.3	0.1	760.0	0.2	923.5	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fe (mg)	15.4	2.4	18.6	4.2	13.4	0.5	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Mg (mg)	408.1	7.3	495.2	12.6	335.8	1.4	<0.0001	<0.0001	<0.0001
K (mg)	3138.63	17.6	3676.12	30.5	2996.64	2.8	<0.00001	<0.00001	<0.00001
P (mg)	1257.9	7.3	1249.6	12.6	1275.9	1.2	0.36	0.0003	<0.0001
Copper (mg)	2.0	0.0	2.5	0.1	1.7	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Zn (mg)	9.9	0.1	10.0	0.2	10.9	0.0	0.67	<0.0001	<0.0001
Na (mg)	2479.7	20.0	2589.6	34.5	2718.5	3.9	0.01	<0.0001	<0.0001
Manganese (mg)	6.0	0.1	7.7	0.1	4.1	0.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Iodine (mg)	222.6	5.7	248.3	9.8	180.1	1.1	0.21	<0.0001	<0.0001
Se (mg)	64.5	0.7	64.1	1.3	70.5	0.1	0.66	<0.0001	<0.0001

SEM: Standard error of the mean, PUFA: Poly unsaturated fatty acid, MUFA: Mono unsaturated fatty acid, SFA: Saturated fatty acid; <sup>1</sup> adjusted mean for age, sex, and total energy intake (residual method); <sup>2</sup> p for ANCOVA tests.

**ANNEXE 15** : Prévalence d'apports insuffisants (par rapport aux recommandations françaises) chez les personnes végétariennes, végétaliennes et non-végétariennes, dans l'étude NutriNet-Santé (2009-2015, n= 93 823).

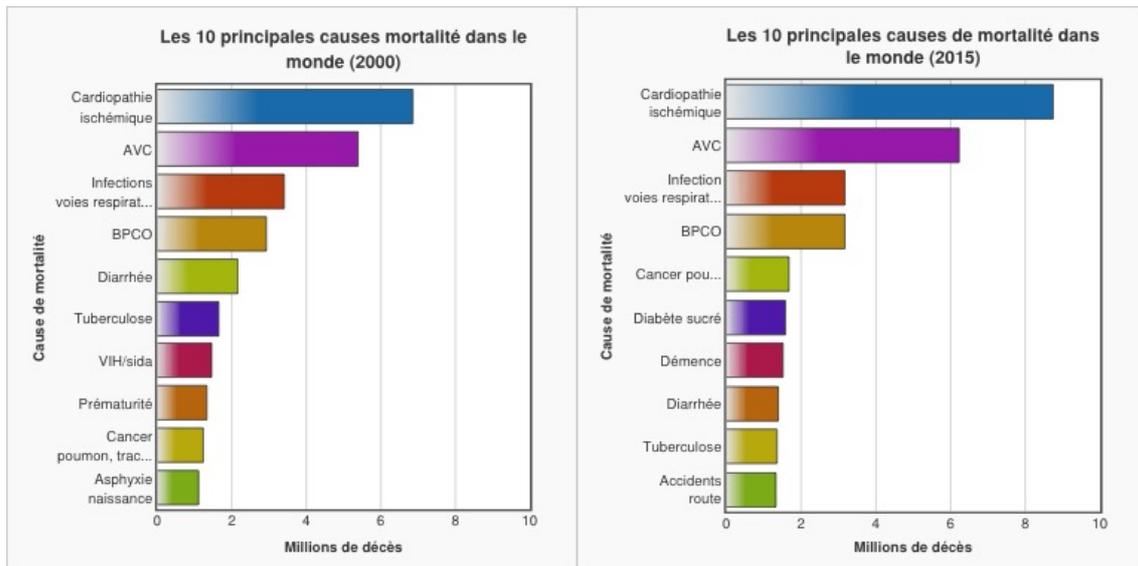
Source : Allès et al., 2017 (89)

Nutrients	Men (n = 20,591)						Women (n = 73,191)					
	Vegetarians		Vegans <sup>2</sup> n = 194	Meat-Eaters		Vegetarians		Vegans		Meat-Eaters		
	<65 Years n = 298	>65 Years n = 57		<65 Years n = 14,230	>65 Years n = 5853	<55 Years n = 1559	>55 Years n = 456	<55 Years n = 495	>55 Years n = 100	<55 Years n = 47,442	>55 Years n = 23,139	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
Total vitamin A	10.1	9.3	18.4	12.4	6.6	6.0	1.2	10.4	6.5	5.8	1.2	
Thiamin	26.1	22.1	11.1	21.0	24.0	32.1	26.9	16.1	18.1	21.6	21.6	
Ribof avin	13.1	11.6	23.8	6.7	5.8	24.7	12.5	35.4	21.9	13.2	8.4	
Niacin	11.5	7.0	5.8	1.0	1.0	12.0	6.5	9.1	3.9	26.1	0.5	
Pantothenic acid	10.8	5.8	12.5	5.0	3.4	34.5	19.3	36.6	22.5	19.8	12.3	
Vitamin B6	23.2	15.7	11.7	18.9	16.1	37.0	23.3	19.8	19.3	27.2	18.4	
Folate	3.8	2.9	1.5	13.1	7.9	9.8	3.0	4.6	9.7	17.7	6.8	
Vitamin B12	32.8	16.8	69.9	0.8	0.6	45.3	30.9	83.4	49.8	3.7	1.4	
Vitamin C	26.9	34.0	18.3	38.8	32.9	41.0	29.4	26.5	24.1	45.7	36.7	
Vitamin E	10.2	11.5	1.8	24.0	27.9	28.9	23.0	8.9	26.1	41.6	38.2	
Calcium	13.0	43.3	38.2	13.0	49.0	28.1	56.7	60.8	73.9	66.4	64.1	
Iron	0.6	0.7	0.0	0.6	0.5	45.2	33.8	24.9	35.3	56.6	46.1	
Zinc	9.2	3.1	6.4	1.1	0.3	9.0	10.7	10.7	10.9	0.7	1.4	
Magnesium	45.8	49.1	21.9	71.5	69.8	59.7	43.4	36.8	45.3	79.2	68.1	
Phosphorus	0.4	0.0	0.5	0.0	0.0	1.4	0.5	5.1	0.6	0.0	0.0	
Potassium	12.4	10.8	8.4	10.6	6.0	36.5	17.0	24.1	17.3	32.7	17.7	

<sup>1</sup> The probability of dietary nutrient intakes below the estimated average requirements for the French population <sup>2</sup> as only one vegan participant was over 65, a group >65 years of age could not be created.

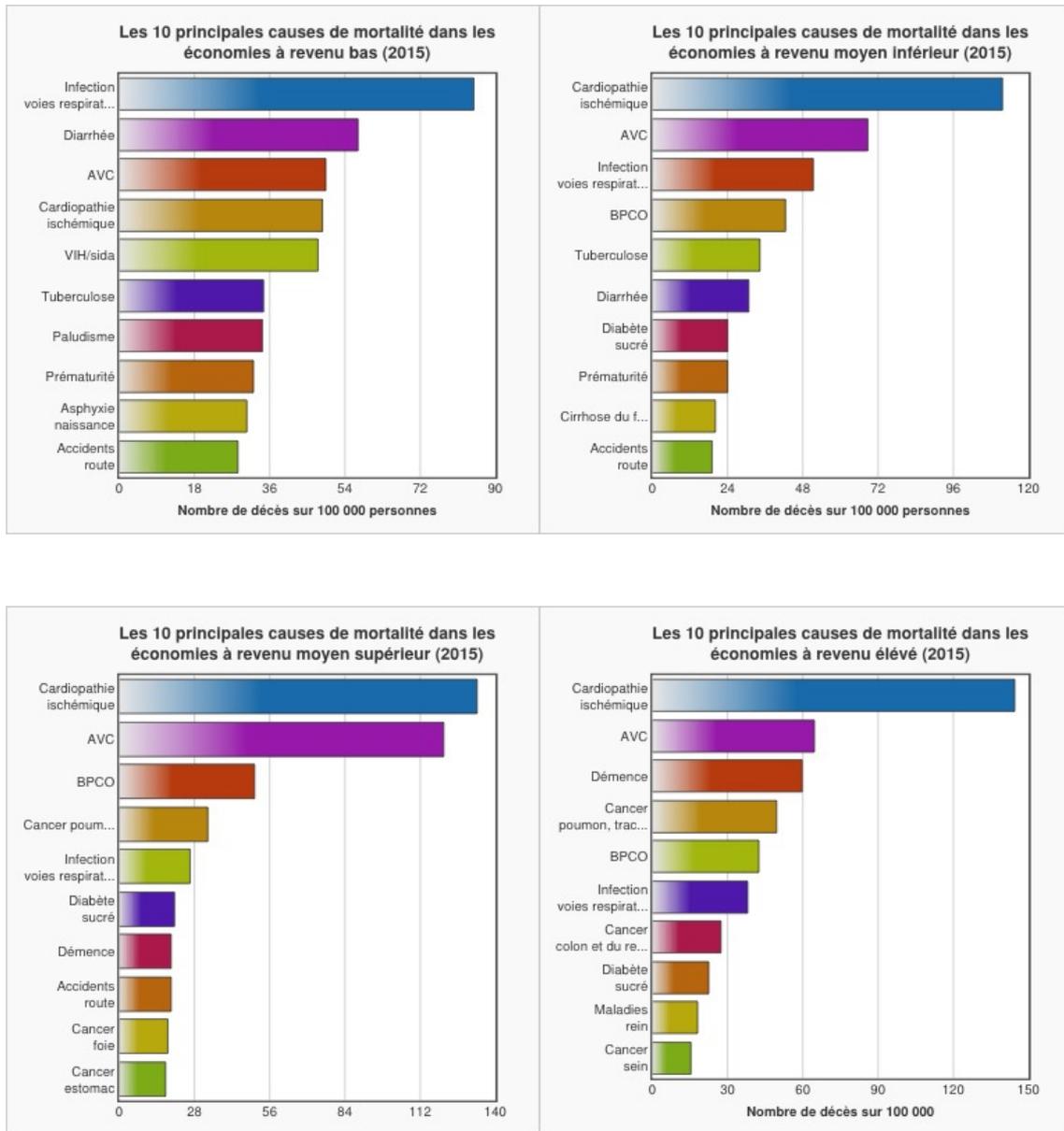
**ANNEXE 16** : Principales causes de mortalité dans le monde, en 2000 et en 2015.

Source : Organisation Mondial de la Santé (OMS), 2017 (120)



**ANNEXE 17 : Principales causes de mortalité selon le groupe de revenu (bas, moyen inférieur, moyen supérieur, ou élevé) auquel le pays appartient.**

Source : Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2017 (120)



# LES LÉGUMINEUSES CONTRIBUENT À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE



## COMPRENDRE LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

La sécurité alimentaire se définit comme suit : "une situation qui existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active".



### PLUSIEURS ÉLÉMENTS MENACENT LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE



#### Croissance démographique



La population mondiale s'accroît rapidement et la production agricole doit s'adapter en conséquence, et de manière durable.



#### Malnutrition généralisée

Dans plusieurs pays, la malnutrition est une question particulièrement importante et de grandes régions de ces pays pourraient être utilisées pour produire des légumineuses.



Dans plusieurs pays, la viande, les produits laitiers et le poisson sont des sources de protéines coûteuses et donc inaccessibles économiquement.



#### Perte et gaspillage alimentaire



Dans les pays en développement, la plupart des pertes surviennent durant la production ou le transport.



Dans les pays développés une grande partie de la nourriture est gaspillée au stade de la consommation.

de la nourriture produite pour la consommation humaine au monde est perdue ou gaspillée.



### COMMENT LES LÉGUMINEUSES CONTRIBUENT-ELLES À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE



#### Adéquates à des environnements marginaux



Les variétés résistantes à la sécheresse et celles qui s'enracinent en profondeur peuvent fournir de l'eau souterraine aux cultures voisines quand elles sont plantées dans des systèmes de cultures intercalaires.

Les populations vivant dans des milieux arides où la sécurité alimentaire représente un défi, peuvent augmenter leurs systèmes de production de manière durable en utilisant des légumineuses adaptées à la région.



#### Source abordable de protéines et minéraux



Les petits exploitants agricoles peuvent cultiver des légumineuses comme :



- cultures commerciales, qui sont vendues dans les marchés,
- nourriture pour la communauté des petits exploitants agricoles comme une source disponible importante de protéines.

Les protéines obtenues des légumineuses sont considérablement moins chères comparativement aux aliments d'origine animale.



#### Faible impact sur le gaspillage alimentaire



Les légumineuses peuvent être stockées pendant de longues périodes sans perdre leur valeur nutritionnelle et minimisant les pertes.

La proportion du gaspillage alimentaire des légumineuses due à la détérioration est très basse.



Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture



#YFP2016  
fao.org/pulses-2016

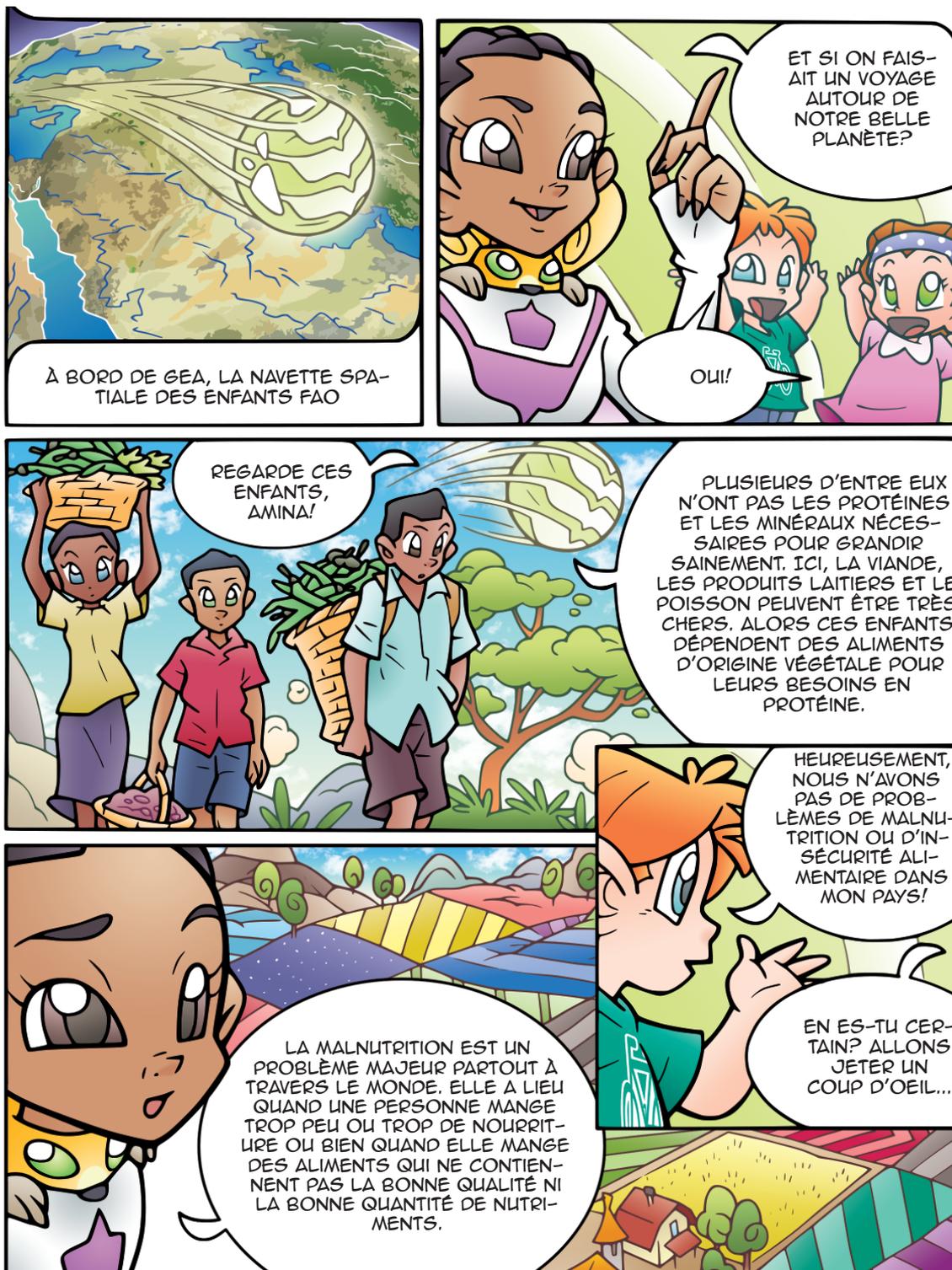


**ANNEXE 19** : Bande dessinée de la FAO à destination des enfants : Les légumineuses contribuent à la sécurité alimentaire.

Source : Food and Agriculture Organization (FAO), 2016 (246)



Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation  
et l'agriculture





EN PLUS, ENVIRON UN TIERS DE LA NOURRITURE PRODUITE AU MONDE CHAQUE JOUR EST PERDUE OU GASPILLÉE. SI SEULEMENT UN QUART DE CETTE NOURRITURE POUVAIT ÊTRE SAUVÉE, CELA SERAIT SUFFISANT POUR METTRE UN TERME À LA FAIM.

LA POPULATION MONDIALE EST EN CROISSANCE RAPIDE. NOUS NE POUVONS PERMETTRE QUE LA NOURRITURE SOIT PERDUE OU GASPILLÉE, SURTOUT QUAND IL Y A AUTANT DE GENS MAL NOURRIS OU QUI N'ONT PAS ASSEZ DE NOURRITURE.



NOUS DEVRIONS REPENSER NOTRE FAÇON DE PRODUIRE ET DE GÉRER LA NOURRITURE.

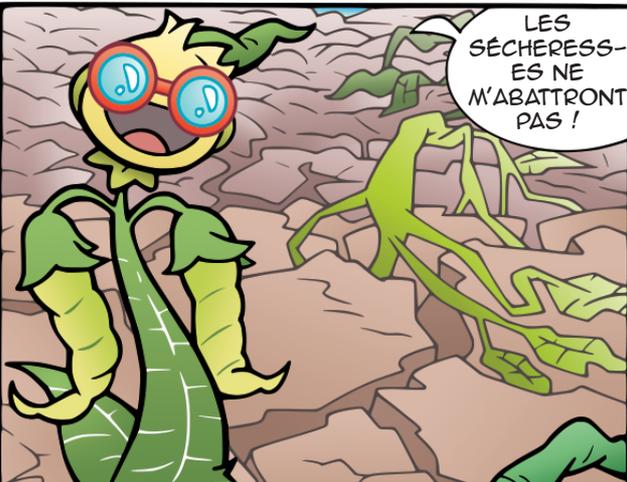
CULTIVER DES LÉGUMINEUSES PAR EXEMPLE.



ÉLOIGNEZ-VOUS DE MES LÉGUMINEUSES!

LES LÉGUMINEUSES SONT UNE SOURCE ABORDABLE DE PROTÉINES ET DE MINÉRAUX, QUI SONT ESSENTIELS À LA CROISSANCE ET AU DÉVELOPPEMENT DES ENFANTS, AUSSI BIEN DANS LES PAYS DÉVELOPPÉS QUE DANS CEUX EN DÉVELOPPEMENT.

LES FERMERS ONT APPRIS À LES STOCKER DANS DES ENDROITS SECS ET À ÉLIMINER LES GRAINES QUI ONT ÉTÉ TOUCHÉES PAR LES INSECTES, PERMETTANT AINSI DE LES CONSERVER PENDANT DES PÉRIODES ENCORE PLUS LONGUES. CE CI MINIMISE LA PÉRTE ALIMENTAIRE ET LES LÉGUMINEUSES NE PERDENT PAS LEUR VALEUR NUTRITIONNELLE, MÊME SI ELLES SONT STOCKÉES PENDANT DE LONGUES PÉRIODES DE TEMPS!



LES SÈCHERESSES NE M'ABATTRONT PAS!

CERTAINES LÉGUMINEUSES, COMME LES POIS DE CAJAN, RÉSISTENT À LA SÈCHERESSE ET POSSÈDENT DES RACINES PROFONDES. CELA SIGNIFIE QU'ELLES POUSSENT DANS DES ENDROITS À FAIBLES PRÉCIPITATIONS. ICI, LES POIS DE CAJAN ET AUTRES VARIÉTÉS SEMBLABLES PEUVENT PUISER L'EAU EN PROFONDEUR ET APPORTER L'EAU À LA SURFACE POUR LES AUTRES CULTURES.



LES LÉGUMINEUSES AIDENT LES PERSONNES VIVANT DANS DES ENVIRONNEMENTS ARIDES À CULTIVER PLUS DE NOURRITURE SANS UTILISER PLUS DE TERRE, D'EAU OU AUTRES RESSOURCES NATURELLES. LES LÉGUMINEUSES CONTRIBUENT DONC À L'AUGMENTATION DE LA PRODUCTION AGRICOLE TOUT EN PRÉSERVANT L'ENVIRONNEMENT.



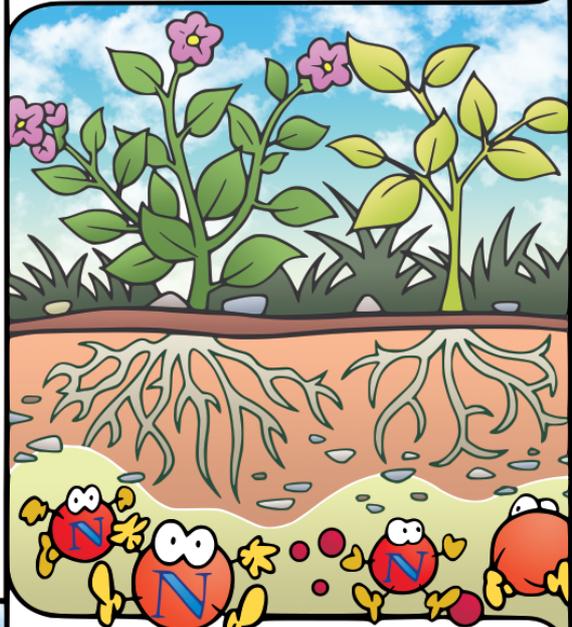
SAIS-TU CE QU'EST LA BIODIVERSITÉ?

REGARDE CETTE FORÊT. PENSES AUX PAPILLONS, PLANTES, FLEURS, INSECTES, BACTÉRIES ET AUX AUTRES ÉLÉMENTS VITAUX QUI LA COMPOSENT.

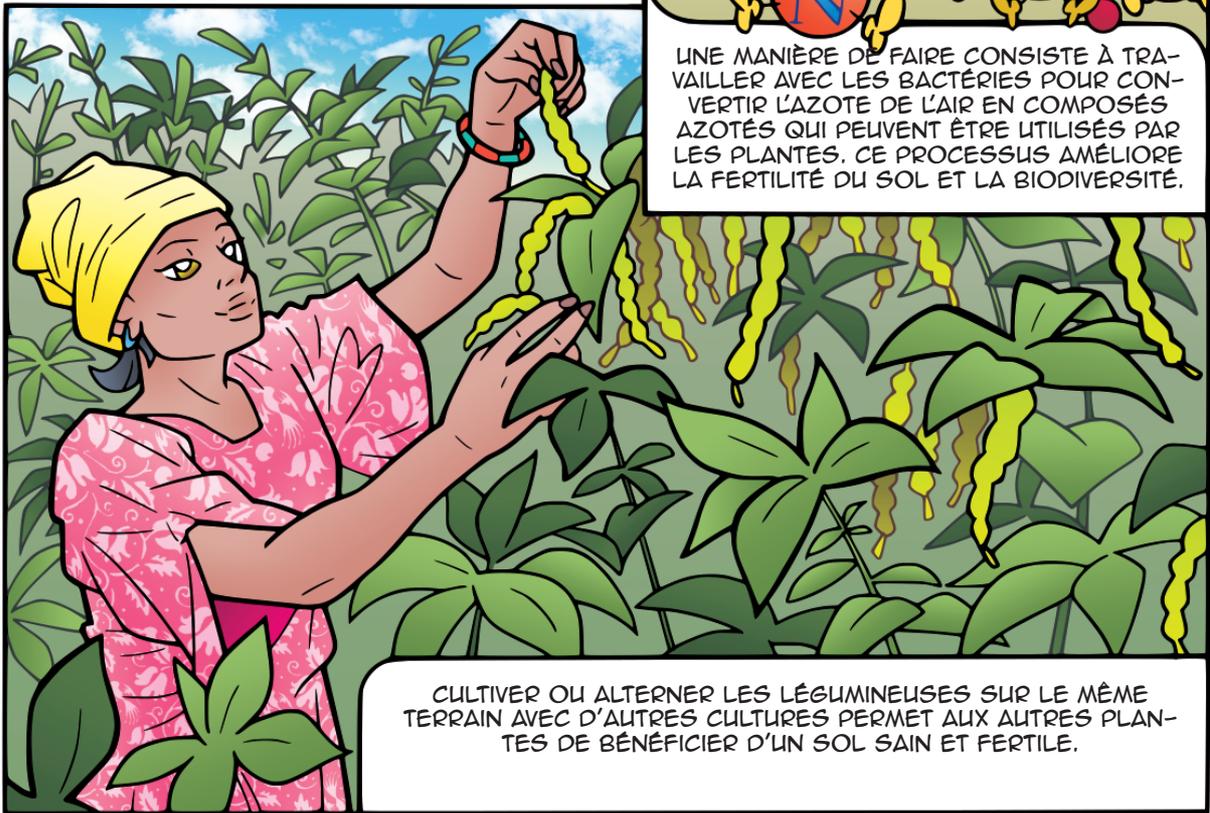
TOUS SES ÉLÉMENTS SONT INTERELIÉS ET ESSENTIELS.

"BIO" SIGNIFIE VIE ET "DIVERSITÉ" SIGNIFIE VARIÉTÉ, ALORS LA BIODIVERSITÉ EST L'INCROYABLE VARIÉTÉ D'ÉLÉMENTS VIVANTS DE LA NATURE ET COMMENT ILS INTERAGISSENT ENTRE EUX. IL S'AGIT D'UN DES PLUS PRÉCIEUX TRÉSOR DU MONDE.

LES LÉGUMINEUSES CONTRIBUENT À L'ACCROISSEMENT DE LA BIODIVERSITÉ AGRICOLE.



UNE MANIÈRE DE FAIRE CONSISTE À TRAVAILLER AVEC LES BACTÉRIES POUR CONVERTIR L'AZOTE DE L'AIR EN COMPOSÉS AZOTÉS QUI PEUVENT ÊTRE UTILISÉS PAR LES PLANTES. CE PROCESSUS AMÉLIORE LA FERTILITÉ DU SOL ET LA BIODIVERSITÉ.



CULTIVER OU ALTERNER LES LÉGUMINEUSES SUR LE MÊME TERRAIN AVEC D'AUTRES CULTURES PERMET AUX AUTRES PLANTES DE BÉNÉFICIER D'UN SOL SAIN ET FERTILE.

PAR EXEMPLE, LES POIS DE CAJAN, RÉSISTANTS À LA SÈCHERESSE SONT SOUVENT CULTIVÉS AVEC DES CÉRÉALES COMME LA MAÏS, DANS LES PETITES EXPLOITATIONS FAMILIALES EN ASIE, EN AFRIQUE ET DANS LES CARAÏBES.



LES POIS DE CAJAN ET LE MAÏS NE SONT PAS EN CONCURRENCE POUR L'EAU CAR LES RACINES DES POIS DE CAJAN SONT PLUS PROFONDES QUE CELLES DU MAÏS. LES DEUX PLANTES PEUVENT POUSSER TRANQUILLEMENT CÔTE À CÔTE.



POUR LES COMMUNAUTÉS RURALES, CULTIVER DES LÉGUMINEUSES S'AVÈRE ÊTRE UN BON CHOIX CAR ELLES POUSSENT FACILEMENT ET PEUVENT ÊTRE VENDUES DANS LES MARCHÉS.



LA TERRE PRODUIT ASSEZ DE NOURRITURE POUR NOURRIR TOUT LE MONDE SUR LA PLANÈTE.

SI NOUS TRAVAILLONS ENSEMBLE, NOUS POUVONS ATTEINDRE, EN UNE GÉNÉRATION, LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE POUR TOUS. CELA EST UN DES OBJECTIFS DE LA FAO POUR NOTRE AVENIR.

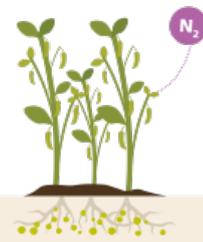
LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE QUAND TOUS LES INDIVIDUS, EN TOUT TEMPS, ONT ACCÈS À UNE QUANTITÉ SUFFISANTE D'ALIMENTS SAINS ET NUTRITIFS POUR MENER UNE VIE ACTIVE ET EN BONNE SANTÉ.

#IYP2016  
fao.org/pulses-2016



16920FR/1/03.17

# LES LÉGUMINEUSES ET LA BIODIVERSITÉ



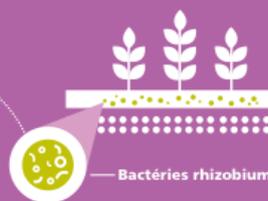
## QU'EST-CE QUE LA BIODIVERSITÉ?

La variabilité entre les organismes vivants et les complexités écologiques dont elles font partie, y compris la **diversité parmi les espèces, entre les espèces et des écosystèmes.**



## LES LÉGUMINEUSES AIDENT À AMÉLIORER LA BIODIVERSITÉ DU SOL

Les **bactéries fixatrices d'azote** se logent à l'intérieur des **nodules des racines des cultures de légumineuses**, apportant ainsi de l'azote pour la plante et pour améliorer la fertilité du sol.



Bactéries rhizobium

Les légumineuses aident à **augmenter la biomasse microbienne du sol et l'activité**, améliorant ainsi la biodiversité du sol.



## LA BIODIVERSITÉ DES LÉGUMINEUSES



### Forte diversité biologique

Les légumineuses possèdent une vaste diversité biologique depuis laquelle, **plusieurs variétés ont été développées, y compris les cultivars locaux qui ne sont pas exportés ou cultivés à travers le monde.**

La diversité génétique des légumineuses est un **élément essentiel pour la gestion des sols et des organismes nuisibles en milieu agricole, particulièrement pour les petits exploitants.**



Quelques variétés de légumineuses sont également en mesure d'utiliser le phosphore du sol. Cet élément joue un rôle important dans la nutrition des plantes.



Une forte biodiversité du sol fournit des écosystèmes avec une plus grande résistance et résilience contre les perturbations et le stress.



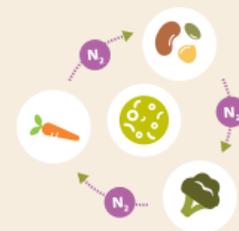
## SYSTÈMES DE CULTURES MULTIPLES

Les légumineuses sont une composante cruciale des systèmes de cultures multiples, p. ex **cultures intercalaires, rotation de cultures et agroforesterie.**



### Introduire les légumineuses dans les rotations de cultures

Cela **permet d'utiliser les bactéries symbiotiques pour fixer l'azote**, qui est partiellement transféré aux cultures subséquentes, et ainsi augmenter leur rendement.



Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture



#IYP2016  
 fao.org/pulses-2016



# LES LÉGUMINEUSES ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



**Le changement climatique: une menace pour la sécurité alimentaire**

Que ce soit sous formes de sécheresses, inondations ou d'ouragans, le changement climatique touche tous les niveaux de la production alimentaire.



Le changement climatique met à risque la sécurité alimentaire mondiale et accroît les dangers liés à la dénutrition dans les régions pauvres.

## LA PRODUCTION ALIMENTAIRE ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

La production alimentaire, la sécurité alimentaire et le changement climatique sont intrinsèquement liés.



Le changement du climat continuera de mettre de la pression sur les écosystèmes agricoles, particulièrement dans les régions et pour les populations les plus vulnérables.



L'introduction de légumineuses dans la production agricole peut être la clé pour augmenter la résilience au changement climatique.

## POURQUOI DES LÉGUMINEUSES?

Les légumineuses sont avantageuses car non seulement elles s'adaptent au changement climatique mais elles contribuent à l'atténuation de ses effets.



Les légumineuses peuvent fixer l'azote atmosphérique et le fournir au sol

Ceci **réduit le besoin d'engrais à base d'azote synthétique** et contribue à la réduction d'émissions de gaz à effet de serre.



N<sub>2</sub>

85 millions d'ha de légumineuses ont contribué mondialement à fixer **3-6 millions de tonnes d'azote** dans les sols.\*



Meilleures variétés  
Les légumineuses ont une **grande diversité génétique**.



Cette diversité est une qualité particulièrement importante pour ainsi **développer des variétés de légumineuses encore plus résilientes au climat**.

## ACCROÎTRE LA RÉSILIENCE



Systèmes de cultures basés sur les légumineuses

Comprenant des légumineuses dans la rotation des cultures **exploitent les microbes symbiotiques pour fixer l'azote**, le transférant partiellement aux cultures successives et ainsi augmentant les récoltes.



Les cultures intercalaires ont un sol avec un **potentiel de séquestration du carbone plus élevé** que celui des systèmes de monocultures.



Les légumineuses et les systèmes agroforestiers

Cultiver des légumineuses comme les pois cajans conjointement à d'autres cultures **améliore la sécurité alimentaire des agriculteurs**, en les aidant à diversifier leur nutrition et leurs sources de revenus.



Les légumineuses dans la nutrition animale

Quand elles sont introduites dans l'alimentation animale, les produits dérivés des légumineuses **contribuent à améliorer le taux de conversion des aliments** en réduisant, au même moment, les émissions de gaz à effet de serre.



Diminution des émissions de méthane des ruminants.

\*FAOSTAT, 2014



Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture



#IYP2016  
fao.org/pulses-2016/fr



# AVANTAGES NUTRITIONNELS DES LÉGUMINEUSES



### La malnutrition

Est le résultat de ne **pas assez manger, trop manger** ou de suivre un **régime déséquilibré** qui ne contient pas la juste quantité ni la bonne qualité de nutriments pour être en santé.

### Le rôle des légumineuses

Elles sont une source vitale de protéines végétales et d'acides aminés pour les populations mondiales et **devraient être consommées dans un régime santé pour lutter contre l'obésité, pour prévenir et aider à gérer les maladies chroniques.**

PLUSIEURS PERSONNES PEUVENT BÉNÉFICIER DE LA **CONSOMMATION DE LÉGUMINEUSES**

**Les nourrissons et les jeunes enfants,**  
pour répondre à leurs besoins nutritionnels quotidiens.

**Les végétariens et les végétaliens,**  
pour assurer un apport suffisant en protéines, minéraux et vitamines.

**Femmes en âge de procréer,** en combinaison avec la vitamine C, la haute teneur en fer des légumineuses les rend un aliment puissant pour reconstituer les réserves en fer.

**Patients cœliaques,**  
les légumineuses ne contiennent pas de gluten.

### LES NOMBREUX AVANTAGES POUR LA SANTÉ DES LÉGUMINEUSES

**Riches en fibres alimentaires**  
Peuvent réduire les risques de maladies cardiaques coronariennes.

**Teneur en calcium**  
Le calcium contenu dans les légumineuses contribue à la bonne santé des os et à la réduction des risques de fractures et d'ostéoporose.

**Riches en composés phytochimiques et antioxydants**  
Peuvent avoir des propriétés anti-cancérigènes.

**Présence de phyto-œstrogènes**  
Peuvent prévenir le déclin cognitif et réduire les symptômes de la ménopause.

**Faible index glycémique, faible teneur en gras et riches en fibres**  
Augmentent la satiété et aident à stabiliser le taux de sucre et niveau d'insuline, les rendant appropriées aux diabétiques et idéales pour la gestion du poids.

**Haute teneur en fer**  
Favorables pour la prévention de l'anémie due à la carence en fer chez les femmes et les enfants quand associées à la vitamine C.

**Source de vitamines, dont le folate**  
Elles réduisent les risques d'anomalies du tube neural (ATM) comme le spina-bifida chez les nouveaux nés.

### OBTENIR LE MAXIMUM DE VOS LÉGUMINEUSES

Quand d'autres aliments sont combinés avec les légumineuses, leur valeur nutritionnelle est renforcée ou diminuée.

**Légumineuses + Céréales**  
La qualité totale de la protéine est améliorée.

**Légumineuses + Vitamine C**  
Une autre façon de mieux permettre au corps d'absorber le fer (jus de citron sur un curry de lentilles par exemple).

**Légumineuses + Thé/Café**  
Réduit la capacité du corps à absorber le fer et les minéraux.



# BIENFAITS DES LÉGUMINEUSES SUR LA SANTÉ



## L'importance d'un régime équilibré

La plupart des pays font face à des problèmes nutritionnels, de la **sous-nutrition** et des **carences en micronutriments** à l'obésité, portant ainsi à des **maladies relatives à l'alimentation**.



## Les légumineuses pour un régime alimentaire sain

Les légumineuses sont riches en **glucides complexes, micronutriments, protéines et vitamines du groupe B**. Elles sont donc une **partie essentielle d'un régime alimentaire sain**.



Les légumineuses sont faciles à préparer et peuvent être une alternative à la viande.

## PLEINES DE NUTRIMENTS SAINS



**Haute teneur en protéines\***  
Incroyablement riches dans leur valeur nutritionnelle, les légumineuses sont **petites mais remplies de protéines**.



\* En combinant les légumineuses avec des aliments d'origine animale, des céréales ou des noix on obtient une protéine de meilleure qualité qui contient tous les aminoacides essentiels dans les quantités appropriées.

## LES BIENFAITS DES LÉGUMINEUSES SUR LA SANTÉ

Les légumineuses assurent un apport continu d'énergie.



**Fe Fer\***  
Aide à transporter l'oxygène à travers le corps. Une carence en fer peut entraîner la fatigue, l'essoufflement et les étourdissements.

Amélioration de la santé cardiaque et réduction du taux de cholestérol sanguin.

**Les fibres**  
Elles lient les toxines et le cholestérol dans l'intestin, les éliminant du corps.

Augmentent le volume et le transit des selles.

Meilleure santé générale et contrôle du poids santé.

## POURQUOI LES LÉGUMINEUSES SONT-ELLES SOUS-ESTIMÉES?

Quelques raisons communes fournies par les gens:

**Temps de cuisson**  
Le temps de cuisson nécessaire à la préparation des légumineuses est beaucoup plus long comparé aux légumes.

**'Plat de pauvre'**  
Elles ont la réputation d'être un 'plat de pauvre' – remplacées par la viande dès que les gens peuvent se le permettre.

**Flatulence**  
Certains glucides qui se trouvent dans les légumineuses provoquent des gaz intestinaux et des ballonnements pour certaines personnes.

**Présence d'anti-nutriments**  
Les légumineuses crues contiennent des 'anti-nutriments' (comme le phytate, le tanin et le phénol), pouvant limiter l'absorption des minéraux.

## LE TREMPAGE DES LÉGUMINEUSES POUR UNE NUTRITION ADDITIONNELLE

Tremper les légumineuses sèches pendant plusieurs heures les ramène à la vie et active leurs enzymes.

Entre 4 et 8 heures de trempage pour la plupart des légumineuses

Réduit le temps de cuisson et garantit une digestion plus facile et une meilleure absorption des nutriments par le corps.

Faire tremper dans une solution à base de soda (ash solution) réduira efficacement la présence d'anti-nutriments.

\*\*Le fer issu des aliments d'origine animale est mieux utilisé par le corps que le fer obtenu des légumineuses. Pour améliorer le fer disponible des légumineuses, il est conseillé de les associer avec une source de vitamine c, comme les agrumes.



Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture



#IYP2016  
fao.org/pulses-2016/fr



**ANNEXE 24** : Récapitulatif des références nutritionnelles énergétiques françaises officielles pour les hommes et les femmes adultes, d'après le dernier rapport de l'ANSES sur l'actualisation des repères du PNNS.

Source : Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2016 (49)

Macronutriments énergétiques	IR		AS	Niveau d'apport maximal
	Borne inférieure	Borne supérieure		
<b>Protéines (% AET)</b>	<b>10</b>	<b>20</b>		
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	<b>40</b>		
Acides gras saturés totaux (% AET)				12
Acides laurique + myristique+ palmitique (% AET)				8
Acide linoléique (% AET)			4	
Acide $\alpha$ -linoléique (% AET)			1	
EPA + DHA (mg)			500	
<b>Glucides (% AET)</b>	<b>40</b>	<b>55</b>		
Sucres totaux hors lactose (g)				100
Fibres (g)			30	

AET, apport énergétique total ; AS, apport satisfaisant ; IR, intervalle de référence,

**ANNEXE 25** : Tableau récapitulatif des références nutritionnelles officielles françaises en vitamines et minéraux pour les hommes adultes, d'après le dernier rapport de l'ANSES sur l'actualisation des repères du PNNS.

Source : Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2016 (49)

Vitamines/ minéraux	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>6</sup>
Vitamine A (µg ER/j)	570	750			EFSA, 2015	3000
Vitamine B1 (mg)			0,14 mg/MJ Soit 1,5 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B2 (mg)			0,17 mg/MJ Soit 1,8 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B3 (mg)	1,3 mg NE/MJ Soit 14,4 mg/j	1,6 mg NE/MJ Soit 17,4 mg/j			EFSA, 2014	10 (a. nicotinique) 900 (nicotinamide)
Vitamine B5 (mg)			5,8	Apport satisfaisant égal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2014 Adapté à la population française	ND
Vitamine B6 (mg)			1,8	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	Afssa, 2001	25
Vitamine B9 (µg EFA)	250	330			EFSA, 2014	1000 (a. folique)
Vitamine B12 (µg)			4	Apport satisfaisant issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2015	ND
Vitamine C (mg)	90	110			EFSA, 2013	ND
Vitamine D (µg)	10	15			IOM, 2011	50
Vitamine E (mg)			10,5	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2015 Adapté à la population française	300
Calcium (mg)	860 750	1000 950		Avant 25 ans Après 25 ans	EFSA, 2015	2500
Cuivre (mg)	1	1,3			Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	5
Fer (mg)	6	11			EFSA, 2015	ND
Iode (µg)			150	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	600
Magnésium (mg)	ND	420		Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des données épidémiologiques	Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	ND
Manganèse (mg)			2,8	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2013 Adapté à la population française	ND
Phosphore (mg)			700	Apport satisfaisant Basé sur un rapport équimolaire Ca/P	EFSA, 2014	ND
Potassium (mg)				A déterminer sur la base d'un rapport équimolaire Na/K	OMS, 2012	ND
Sélénium (µg)			70	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	300
Sodium (mg)	-	-		Données disponibles non consensuelles	-	ND
Zinc (mg)	7,5 9,3 11	9,4 11,7 14		si 300 mg/j de phytates si 600 mg/j de phytates si 900 mg/j de phytates	EFSA, 2014	25

EFA : équivalent folate alimentaire ; EN : équivalent niacine ; ND : non défini, les données disponibles n'ont pas permis de fixer une NOAEL<sup>7</sup> ou un seuil au-delà duquel une toxicité a été mise en évidence.

<sup>6</sup> Les LSS sont issues de l'avis de l'EFSA de 2006 et 2012 (pour la vitamine D et le calcium) et actualisées dans les avis de l'agence européenne sur chaque vitamine et minéral depuis 2013.

**ANNEXE 26** : Tableau récapitulatif des références nutritionnelles officielles françaises en vitamines et minéraux pour les femmes adultes, d'après le dernier rapport de l'ANSES sur l'actualisation des repères du PNNS.

Source : Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2016 (49)

Vitamines/ minéraux	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>6</sup>
Vitamine A (µg ER)	490	650			EFSA, 2015	3000
Vitamine B1 (mg)			0,14 mg/MJ Soit 1,2 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B2 (mg)			0,17 mg/MJ Soit 1,5 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B3 (mg)	1,3 mg EN/MJ Soit 11,4 mg/j	1,6 mg EN/MJ Soit 14 mg/j			EFSA, 2014	10 (a. nicotinique) 900 (nicotinamide)
Vitamine B5 (mg)			4,7	Apports satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2014 Adapté à la population française	ND
Vitamine B6 (mg)			1,5	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	Afssa, 2001	25
Vitamine B9 (EFA µg)	250	330			EFSA, 2014	1000 (a. folique)
Vitamine B12 (µg)			4	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2015	ND
Vitamine C (mg)	90	110			EFSA, 2013 adapté à la population française	ND
Vitamine D (µg)	10	15			IOM, 2011	50
Vitamine E (mg)			9,9	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2015 Adapté à la population française	300
Calcium (mg)	860 750	1000 950		Avant 25 ans Après 25 ans	EFSA, 2015	2500
Cuivre (mg)	0,8	1			Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	5
Fer (mg)	6	11 ou 16		selon utilisation d'une contraception hormonale	EFSA, 2015	ND
Iode (µg)			150	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	600
Magnésium (mg)			360	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des données épidémiologiques	Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	ND
Manganèse (mg)			2,5	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2013 Adapté à la population française	ND
Phosphore (mg)			700	Apport satisfaisant Basé sur un rapport équimolaire Ca/P	EFSA, 2014	ND
Potassium (mg)				A déterminer sur la base d'un rapport équimolaire Na/K	OMS, 2012	ND
Sélénium (µg)			70	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	300
Sodium (mg)	-	-		Données disponibles non consensuelles	-	ND
Zinc (mg)	6,2 7,6 8,9	7,5 9,3 11		si 300 mg/j de phytates si 600 mg/j de phytates si 900 mg/j de phytates	EFSA, 2014	25

<sup>6</sup> Les LSS sont issues de l'avis de l'Efsa de 2006 et 2012 (pour la vitamine D et le calcium) et actualisées dans les avis de l'agence européenne sur chaque vitamine et minéral depuis 2013.

EFA : équivalent folate alimentaire ; EN : équivalent niacine ; ND : non défini, les données disponibles n'ont pas permis de fixer une NOAEL<sup>7</sup> ou un seuil au-delà duquel une toxicité a été mise en évidence.

**ANNEXE 27** : Article du Canard enchaîné, portant sur l'influence des industriels du lait en France.

Source : Le Canard enchaîné, 2 août 2017



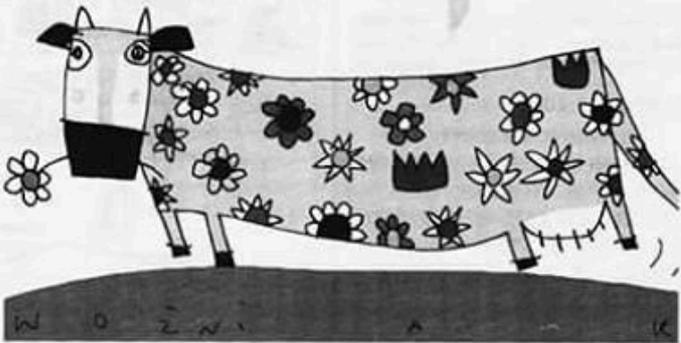
## Un monde bien lait

**VOILÀ** une étude scientifique que Lactalis et Danone ne vont pas boire comme du petit-lait. L'industrie laitière française, nos deux géants en tête, est accusée, comme l'industrie du tabac, d'avoir désinformé l'opinion publique pour masquer les effets pas toujours fameux sur la santé de certains de ses produits. Dans son dernier numéro, « Public Health Nutrition », l'une des plus grandes revues de santé publique, recense, sur une période de six mois, pas moins de 170 actions de lobbying et d'enfumage menées en France par les industriels du lait. C'est le département des sciences de la santé de l'université britannique de York qui s'est coltiné le fastidieux travail, entre mars et août 2015. Perfide Albion !

Ce qui donne 150 études sorties du pot de lait pour nous vanter pélemêle que le beurre est bon « pour la vue et la croissance », que le lactose est « un "carburant" privilégié pour le cerveau et les muscles », qu'il « joue un rôle dans le contrôle de la pression artérielle, la gestion du poids, la prévention du diabète de type 2, mais aussi dans les maladies cardio-vasculaires et le cancer colorectal ». Sans oublier les bienfaits du calcium « sur le squelette et les dents »... Autant d'effets magiques qui ne reposent sur aucune preuve, d'après les auteurs de la publication. Parfois, c'est même l'inverse. Ainsi, s'abreuver de lait riche en calcium n'améliorerait pas d'un iota la densité osseuse... Comme l'a montré le suivi

pendant vingt ans d'une cohorte de 106 772 Suédois, cela augmenterait même le risque de fracture... Dès qu'un travail scientifique indépendant vient troubler le message idyllique des industriels, ces derniers financent illico une salve d'études contradictoires, pour que plus personne n'y retrouve ses petits. Le tout étant relayé par des faux nez de l'industrie laitière tels que le Cerin, le Centre de recherche et d'informations nutritionnelles.

Sans compter les conflits d'intérêts. Les chercheurs britanniques ont ainsi recensé neuf scientifiques de l'Anses, le gendarme français de l'alimentation, ayant travaillé pour l'industrie laitière comme experts, conseillers, auteurs de rapports, formateurs, conférenciers, voire, pour l'un d'eux, actionnaire du groupe Danone... Embêtant, vu que l'Anses a, par exemple, sollicité ses spécialistes en nutrition sur des thèmes comme « cancers, lait et produits laitiers ». Selon les auteurs de l'étude, c'est ce lobbying intense qui aurait conduit les pouvoirs publics français à recommander durant des années de consommer trois produits laitiers par jour, et même quatre pour les enfants. Alors que l'OMS conseille, à l'inverse, d'y aller mollo sur le calcium. A(lait)lulia !



« Le Canard enchaîné » – mercredi 2 août 2017 – 5



## *SERMENT DE GALIEN*

*Je jure, en présence de mes maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples :*

- ❖ D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- ❖ D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- ❖ De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.*
- ❖ En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre, méprisé de mes confrères, si j'y manque.*