



HAL
open science

Le régime végétarien : apports en protéines et effets sur le risque cardiovasculaire

Morgane Wollenberg

► **To cite this version:**

Morgane Wollenberg. Le régime végétarien : apports en protéines et effets sur le risque cardiovasculaire. Sciences pharmaceutiques. 2018. dumas-01932836

HAL Id: dumas-01932836

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01932836v1>

Submitted on 23 Nov 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.

UNIVERSITE DE ROUEN NORMANDIE
UFR SANTE – Département PHARMACIE

Année 2018

N°

THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN
PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement le 24 octobre 2018

par

WOLLENBERG Morgane

Née le 7 octobre 1993 à Evreux

***Le régime végétarien : apports en protéines et effets
sur le risque cardiovasculaire***

Président du jury : *Mme Isabelle DUBUS, Professeur*

Membres du jury : *Mr Frédéric ZIEGLER, MCU-PH, Directeur
de Thèse*

*Mme Marie-Claire DESSON, Docteur en
Pharmacie*

Remerciements

A Madame Isabelle Dubus, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury, veuillez recevoir mes sincères remerciements.

A Monsieur Frédéric Ziegler, pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse, merci d'avoir été disponible et de m'avoir guidée tout au long de ce travail.

A Madame Marie-Claire Desson, pour avoir grandement participé à ma formation au cours de mes stages à l'officine. Merci de m'avoir fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse.

A Monsieur Hervé Desson, mon Maître de stage, pour votre accueil et toutes les connaissances que vous m'avez transmises lors de mes stages à l'officine.

A toute l'équipe de la Pharmacie Principale pour l'excellent accueil que vous m'avez réservé et les précieux conseils que vous m'avez apportés tout au long de mes études.

A toute ma famille pour votre soutien, je remercie particulièrement ma mère pour m'avoir permis de faire ces études et m'avoir toujours encouragée.

A Mélanie, ma sœur, pour m'avoir toujours soutenue et conseillée lorsqu'en j'avais besoin.

A mon Amour et à mes Amis pour tous les bons moments passés ensemble ainsi que pour votre soutien.

L'Université de Rouen et l'UFR de Médecine et de Pharmacie de Rouen n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions sont propres à leurs auteurs.

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2017-2018
U.F.R SANTE DE ROUEN**

DOYEN : Professeur Pierre FREGER

ASSESEURS : Professeur Michel GUERBET
Professeur Benoit VEBER
Professeur Guillaume SAVOYE

I - MEDECINE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mr Frédéric ANSELME	HCN	Cardiologie
Mme Gisèle APTER	Havre	Pédopsychiatrie
Mme Isabelle AUQUIT AUCKBUR	HCN	Chirurgie plastique
Mr Fabrice BAUER	HCN	Cardiologie
Mme Soumeya BEKRI	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Ygal BENHAMOU	HCN	Médecine interne
Mr Jacques BENICHOU	HCN	Bio statistiques et informatique médicale
Mr Olivier BOYER	UFR	Immunologie
Mme Sophie CANDON	HCN	Immunologie
Mr François CARON	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Philippe CHASSAGNE (<i>détachement</i>)	HCN	Médecine interne (gériatrie) – Détachement
Mr Vincent COMPERE	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mr Jean-Nicolas CORNU	HCN	Urologie
Mr Antoine CUVELIER	HB	Pneumologie
Mr Pierre CZERNICHOV (<i>sumombre</i>)	HCH	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Nicolas DACHER	HCN	Radiologie et imagerie médicale
Mr Stéfan DARMONI	HCN	Informatique médicale et techniques de communication
Mr Pierre DECHELOTTE	HCN	Nutrition
Mr Stéphane DERREY	HCN	Neurochirurgie
Mr Frédéric DI FIORE	CB	Cancérologie

Mr Fabien DOGUET	HCN	Chirurgie Cardio Vasculaire
Mr Jean DOUCET	SJ	Thérapeutique - Médecine interne et gériatrie
Mr Bernard DUBRAY	CB	Radiothérapie
Mr Philippe DUCROTTE	HCN	Hépto-gastro-entérologie
Mr Frank DUJARDIN	HCN	Chirurgie orthopédique - Traumatologique
Mr Fabrice DUPARC	HCN	Anatomie - Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mr Eric DURAND	HCN	Cardiologie
Mr Bertrand DUREUIL	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mme Hélène ELTCHANINOFF	HCN	Cardiologie
Mr Manuel ETIENNE	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Thierry FREBOURG	UFR	Génétique
Mr Pierre FREGER	HCN	Anatomie - Neurochirurgie
Mr Jean François GEHANNO	HCN	Médecine et santé au travail
Mr Emmanuel GERARDIN	HCN	Imagerie médicale
Mme Priscille GERARDIN	HCN	Pédopsychiatrie
M. Guillaume GOURCEROL	HCN	Physiologie
Mr Dominique GUERROT	HCN	Néphrologie
Mr Olivier GUILLIN	HCN	Psychiatrie Adultes
Mr Didier HANNEQUIN	HCN	Neurologie
Mr Fabrice JARDIN	CB	Hématologie
Mr Luc-Marie JOLY	HCN	Médecine d'urgence
Mr Pascal JOLY	HCN	Dermato – Vénérologie
Mme Bouchra LAMIA	Havre	Pneumologie
Mme Annie LAQUERRIERE	HCN	Anatomie et cytologie pathologiques
Mr Vincent LAUDENBACH	HCN	Anesthésie et réanimation chirurgicale
Mr Joël LECHEVALLIER	HCN	Chirurgie infantile
Mr Hervé LEFEBVRE	HB	Endocrinologie et maladies métaboliques
Mr Thierry LEQUERRE	HB	Rhumatologie
Mme Anne-Marie LEROI	HCN	Physiologie
Mr Hervé LEVESQUE	HB	Médecine interne
Mme Agnès LIARD-ZMUDA	HCN	Chirurgie Infantile
Mr Pierre Yves LITZLER	HCN	Chirurgie cardiaque
Mr Bertrand MACE	HCN	Histologie, embryologie, cytogénétique
M. David MALTETE	HCN	Neurologie
Mr Christophe MARGUET	HCN	Pédiatrie

Mme Isabelle MARIE	HB	Médecine interne
Mr Jean-Paul MARIE	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Loïc MARPEAU	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Stéphane MARRET	HCN	Pédiatrie
Mme Véronique MERLE	HCN	Epidémiologie
Mr Pierre MICHEL	HCN	Hépatogastro-entérologie
M. Benoit MISSET	HCN	Réanimation Médicale
Mr Jean-François MUIR (<i>surnombre</i>)	HB	Pneumologie
Mr Marc MURAINÉ	HCN	Ophthalmologie
Mr Philippe MUSETTE	HCN	Dermatologie - Vénérologie
Mr Christophe PEILLON	HCN	Chirurgie générale
Mr Christian PFISTER	HCN	Urologie
Mr Jean-Christophe PLANTIER	HCN	Bactériologie - Virologie
Mr Didier PLISSONNIER	HCN	Chirurgie vasculaire
Mr Gaëtan PREVOST	HCN	Endocrinologie
Mr Jean-Christophe RICHARD (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation médicale - Médecine d'urgence
Mr Vincent RICHARD	UFR	Pharmacologie
Mme Nathalie RIVES	HCN	Biologie du développement et de la reproduction
Mr Horace ROMAN	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Jean-Christophe SABOURIN	HCN	Anatomie - Pathologie
Mr Guillaume SAVOYE	HCN	Hépatogastrologie
Mme Céline SAVOYE-COLLET	HCN	Imagerie médicale
Mme Pascale SCHNEIDER	HCN	Pédiatrie
Mr Michel SCOTTE	HCN	Chirurgie digestive
Mme Fabienne TAMION	HCN	Thérapeutique
Mr Luc THIBERVILLE	HCN	Pneumologie
Mr Christian THUILLEZ (<i>surnombre</i>)	HB	Pharmacologie
Mr Hervé TILLY	CB	Hématologie et transfusion
M. Gilles TOURNEL	HCN	Médecine Légale
Mr Olivier TROST	HCN	Chirurgie Maxillo-Faciale
Mr Jean-Jacques TUECH	HCN	Chirurgie digestive
Mr Jean-Pierre VANNIER (<i>surnombre</i>)	HCN	Pédiatrie génétique
Mr Benoît VEBER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation chirurgicale
Mr Pierre VERA	CB	Biophysique et traitement de l'image
Mr Eric VERIN	HB	Service Santé Réadaptation

Mr Eric VERSPYCK	HCN	Gynécologie obstétrique
Mr Olivier VITTECOQ	HB	Rhumatologie
Mme Marie-Laure WELTER	HCN	Physiologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Noëlle BARBIER-FREBOURG	HCN	Bactériologie – Virologie
Mme Carole BRASSE LAGNEL	HCN	Biochimie
Mme Valérie BRIDOUX HUYBRECHTS	HCN	Chirurgie Vasculaire
Mr Gérard BUCHONNET	HCN	Hématologie
Mme Mireille CASTANET	HCN	Pédiatrie
Mme Nathalie CHASTAN	HCN	Neurophysiologie
Mme Sophie CLAEYSSENS	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Moïse COEFFIER	HCN	Nutrition
Mr Serge JACQUOT	UFR	Immunologie
Mr Joël LADNER	HCN	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Baptiste LATOUCHE	UFR	Biologie cellulaire
Mr Thomas MOUREZ	HCN	Virologie
Mr Gaël NICOLAS	HCN	Génétique
Mme Muriel QUILLARD	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mme Laëtitia ROLLIN	HCN	Médecine du Travail
Mr Mathieu SALAUN	HCN	Pneumologie
Mme Pascale SAUGIER-VEBER	HCN	Génétique
Mme Anne-Claire TOBENAS- DUJARDIN	HCN	Anatomie
Mr David WALLON	HCN	Neurologie

PROFESSEURS AGREES OU CERTIFIES

Mr Thierry WABLE	UFR	Communication
Mme Mélanie AUVRAY-HAMEL	UFR	Anglais

II - PHARMACIE

PROFESSEURS

Mr Thierry BESSON	Chimie Thérapeutique
Mr Roland CAPRON (PU-PH)	Biophysique
Mr Jean COSTENTIN (Professeur émérite)	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Loïc FAVENNEC (PU-PH)	Parasitologie
Mr Jean Pierre GOULLE (Professeur émérite)	Toxicologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mme Isabelle LEROUX - NICOLLET	Physiologie
Mme Christelle MONTEIL	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON (PU-PH)	Microbiologie
Mr Rémi VARIN (PU-PH)	Pharmacie clinique
Mr Jean-Marie VAUGEUIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

MAITRES DE CONFERENCES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et Minérale
Mr Jérémy BELLIEN (MCU-PH)	Pharmacologie
Mr Frédéric BOUNOURE	Pharmacie Galénique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Camille CHARBONNIER (LE CLEZIO)	Statistiques
Mme Elizabeth CHOSSON	Botanique
Mme Marie Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation pharmaceutique et économie de la santé
Mme Cécile CORBIERE	Biochimie

Mr Eric DITTMAR	Biophysique
Mme Nathalie DOURMAP	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUC	Pharmacologie
Mme Dominique DUTERTE- BOUCHER	Pharmacologie
Mr Abdelhakim ELOMRI	Pharmacognosie
Mr François ESTOUR	Chimie Organique
Mr Gilles GARGALA (MCU-PH)	Parasitologie
Mme Nejla EL GHARBI-HAMZA	Chimie analytique
Mme Marie-Laure GROULT	Botanique
Mr Hervé HUE	Biophysique et Mathématiques
Mme Laetitia LE GOFF	Parasitologie – Immunologie
Mme Hong LU	Biologie
M. Jérémie MARTINET (MCU-PH)	Immunologie
Mme Marine MALLETER	Toxicologie
Mme Sabine MENAGER	Chimie organique
Mme Tiphaine ROGEZ-FLORENT	Chimie analytique
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Malika SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Christine THARASSE	Chimie thérapeutique
Mr Frédéric ZIEGLER	Biochimie

PROFESSEURS ASSOCIES

Mme Cécile GUERARD-DETUNCQ	Pharmacie officinale
Mr Jean-François HOUIVET	Pharmacie officinale

PROFESSEUR CERTIFIE

Mme Mathilde GUERIN	Anglais
----------------------------	---------

ASSISTANT HOSPITALO-UNIVERSITAIRE

Mme Anaïs **SOARES**

Bactériologie

ATTACHES TEMPORAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Mme Anne-Sophie **CHAMPY**

Pharmacognosie

M. Jonathan **HEDOUIN**

Chimie Organique

Mme Barbara **LAMY-PELLETER**

Pharmacie Galénique

LISTE DES RESPONSABLES DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et minérale
Mr Thierry BESSON	Chimie thérapeutique
Mr Roland CAPRON	Biophysique
Mme Marie-Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation et économie de la santé
Mme Elisabeth CHOSSON	Botanique
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Abdelhakim ELOMRI	Pharmacognosie
Mr Loïc FAVENNEC	Parasitologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mr François ESTOUR	Chimie organique
Mme Isabelle LEROUX-NICOLLET	Physiologie
Mme Martine PESTEL-CARON	Microbiologie
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mr Rémi VARIN	Pharmacie clinique
M. Jean-Marie VAUGEOIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

III – MEDECINE GENERALE

PROFESSEUR

Mr Jean-Loup **HERMIL** (PH-PH) UFR Médecine générale

MAITRE DE CONFERENCES

Mr Matthieu **SCHUERS** (MCU-PH) UFR Médecine générale

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTES

Mr Emmanuel **LEFEBVRE** UFR Médecine Générale

Mme Elisabeth **MAUVIARD** UFR Médecine générale

Mr Philippe **NGUYEN THANH** UFR Médecine générale

Mme Marie Thérèse **THUEUX** UFR Médecine générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTES

Mr Pascal **BOULET** UFR Médecine générale

Mr Emmanuel **HAZARD** UFR Médecine Générale

Mme Marianne **LAINE** UFR Médecine Générale

Mme Lucile **PELLERIN** UFR Médecine générale

Mme Yveline **SEVRIN** UFR Médecine générale

ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS

PROFESSEURS

Mr Serguei FETISSOV (med)	Physiologie (ADEN)
Mr Paul MULDER (phar)	Sciences du Médicament
Mme Su RUAN (med)	Génie Informatique

MAITRES DE CONFERENCES

Mr Sahil ADRIOUCH (med)	Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)
Mme Gaëlle BOUGEARD-DENOYELLE (med)	Biochimie et biologie moléculaire (UMR 1079)
Mme Carine CLEREN (med)	Neurosciences (Néovasc)
M. Sylvain FRAINEAU (med)	Physiologie (Inserm U 1096)
Mme Pascaline GAILDRAT (med)	Génétique moléculaire humaine (UMR 1079)
Mr Nicolas GUEROUT (med)	Chirurgie Expérimentale
Mme Rachel LETELLIER (med)	Physiologie
Mme Christine RONDANINO (med)	Physiologie de la reproduction
Mr Antoine OVRARD-PASCAUD (med)	Physiologie (Unité Inserm 1076)
Mr Frédéric PASQUET	Sciences du langage, orthophonie
Mme Isabelle TOURNIER (med)	Biochimie (UMR 1079)

CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS : Mme Véronique DELAFONTAINE

HCN - Hôpital Charles Nicolle

HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME

CB - Centre Henri Becquerel

CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray

CRMPPR - Centre Régional de Médecine Physique et de Réadaptation

SJ - Saint Julien Rouen

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	21
1. LE REGIME VEGETARIEN.....	22
1.1. Définition.....	22
1.2. Le végétarisme en France et dans le monde.....	22
1.3. Apports protéiques du régime végétarien.....	23
1.3.1. Composition et structure des protéines alimentaires.....	23
1.3.2. Rôles physiologiques des protéines.....	26
1.3.3. Apports nutritionnels conseillés en protides.....	28
1.3.3.1. Méthodes de détermination des besoins en protéines totales et en acides aminés .	28
1.3.3.2. Besoins en protéines de l'adulte.....	29
1.3.3.3. Besoins en acides aminés de l'adulte.....	30
1.3.3.4. Besoins en protéines du nourrisson et de l'enfant.....	31
1.3.4. Comparaison des protéines animales et végétales.....	32
1.3.5. Aliments riches en protéines végétales.....	36
2. PLACE DES PROTEINES VEGETALES EN ALIMENTATION HUMAINE.....	37
2.1. Etat des lieux de la consommation de protéines à l'échelle mondiale.....	37
2.2. Intérêt pour la santé.....	38
2.3. Intérêt pour l'environnement.....	40
2.4. Les protéines végétales pour une meilleure disponibilité alimentaire mondiale.....	42
2.5. Obstacles à la consommation des protéines végétales.....	43
2.5.1. L'allergie alimentaire.....	43
2.5.2. La perception des différentes sources de protéines.....	44
2.6. Protéines végétales et innovation scientifique.....	45

3. INCIDENCE DU REGIME VEGETARIEN SUR LE RISQUE DE MALADIES CARDIOVASCULAIRES	47
3.1. L'hypertension artérielle.....	47
3.2. Le surpoids et l'obésité.....	50
3.3. L'athérosclérose.....	50
3.3.1. Rappels physiopathologiques	51
3.3.2. Rôle des lipides dans l'athérosclérose	52
3.3.3. Effets du régime végétarien sur le profil lipidique	54
3.3.3.1. Effets sur les lipides endogènes.....	54
3.3.3.2. Effets des lipides contenus dans le régime végétarien	56
3.4. Le diabète de type 2.....	58
3.4.1. Le risque de maladies cardiovasculaires chez le diabétique de type 2.....	58
3.4.2. Effets du régime végétarien sur le diabète de type 2.....	59
3.5. Les apports en antioxydants	61
3.6. Les apports en fibres.....	65
3.7. Effets du régime végétarien sur le microbiote intestinal	66
3.8. Effet global du régime végétarien sur le risque cardiovasculaire.....	66
3.9. Risques de carences dues au régime végétarien	68
3.10. Le régime végétarien en pratique	70
 CONCLUSION	 73

Liste des tableaux

Tableau 1 : classement des acides aminés (Boutry *et al.* 2008)

Tableau 2 : besoins en acides aminés de l'adulte (Dumas *et al.* 2007)

Tableau 3 : teneur en protéines et acides aminés essentiels de différents aliments d'origine animale et végétale (Jacotot et Campillo 2003)

Tableau 4 : teneur moyenne en protéines de différents aliments d'origine végétale (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail 2018)

Tableau 5 : Hazard Ratio après remplacement de 3% de l'apport énergétique en différentes protéines animales par des protéines végétales (Song M *et al.* 2016)

Tableau 6 : allergènes alimentaires les plus fréquents chez l'enfant et l'adulte d'après les données du Cercle d'Investigations Cliniques et Biologiques en Allergologie Alimentaire (CICBAA) (Moneret-Vautrin 2008)

Tableau 7 : comparaison nutritionnelle des pâtes 100% blé dur et des pâtes 65% blé dur – 35% fève (d'après Micard 2013)

Tableau 8 : prévalence de l'hypertension artérielle ajustée selon l'âge dans les 4 groupes (Appleby *et al.* 2002)

Tableau 9 : moyenne des pressions artérielles systolique et diastolique ajustées selon l'âge (Appleby *et al.* 2002)

Tableau 10 : apports en macronutriments chez les individus végétariens et omnivores (Kim *et al.* 2012)

Tableau 11 : profil lipidique des végétariens et des omnivores (Kim *et al.* 2012)

Liste des figures

Figure 1 : structure de l'insuline humaine (source : <http://le-diabete-de-type-1.e-monsite.com/pages/traitement-selon-l-epoque/l-insuline-sous-injection.html>)

Figure 2 : digestion des protéines et absorption des acides aminés et oligopeptides (source : cours de Nora Fernandez Castro, IUT Périgueux, Département génie biologique, physiologie animale, 1^{ère} année)

Figure 3 : besoins en protéines pour la maintenance et la croissance chez le nourrisson et le garçon (d'après l'annexe 2)

Figure 4 : complémentarité des protéines (Castagna *et al.* 2015)

Figure 5 : régime-type DASH (d'après la Société québécoise d'hypertension artérielle)

Figure 6 : coupe schématique d'une artère saine et d'une artère présentant une lésion athéroscléreuse (d'après INSERM/F. Koulikoff)

Figure 7 : structure d'une lipoprotéine (source : <http://www.ffi-science.com/lipamine-cholesterol/cholesterol>)

Figure 8 : principales étapes de transformation des acides gras oméga 6 et oméga 3 (Fraipont et Preiser 2017)

Figure 9 : mécanismes biologiques potentiels expliquant les effets bénéfiques sur le risque cardiovasculaire des régimes à base de plantes (Satija et Hu 2018)

Figure 10 : pyramide alimentaire végétarienne (d'après Messina *et al.* 2003)

Liste des annexes

ANNEXE 1 : structure des acides aminés présents dans les protéines alimentaires (Institute of Medicine (U.S.) 2005)

ANNEXE 2 : apports conseillés en protéines du nourrisson et de l'enfant (Beaufrère *et al.* 2002)

Annexe 2a : apports conseillés en protéines pour les nourrissons au biberon de la naissance à 3 ans

Annexe 2b : besoin et apport de sécurité en protéines des garçons de 4 à 10 ans

Annexe 2c : besoin et apport de sécurité en protéines des filles de 4 à 10 ans

Annexe 2d : besoin et apport de sécurité en protéines des garçons de 11 à 18 ans

Annexe 2e : besoin et apport de sécurité en protéines des filles de 11 à 18 ans

Table des abréviations

AA : acide(s) aminé(s)

AAI : acide(s) aminé(s) indispensable(s)

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

ALA : acide α -linoléinique

ANC : apport nutritionnel conseillé

ANSES : agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ARA : acide arachidonique

AVC : accident vasculaire cérébral

CRP : protéine réactive C

DASH : Dietary Approaches to Stop Hypertension

DHA : acide docosahexaénoïque

DT2 : diabète de type 2

EPA : acide eicosapentaénoïque

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

HDL : high density lipoprotein

HR : hazard ratio

HTA : hypertension artérielle

IC : indice chimique

IDL : intermediate density lipoprotein

IMC : indice de masse corporelle

INCA : Instantané de l'état nutritionnel et de la consommation alimentaire des français

INRA : Institut national de la recherche agronomique

LA : acide linoléique

LDL : low density protein

MPV : matières protéiques végétales

OR : odds ratio

PD-CAAS : protein digestibility corrected amino-acid score

RBV : régimes à base de végétaux

TMAO : oxyde de triméthylamine

VLDL : very low density lipoprotein

INTRODUCTION

Dans les pays industrialisés, de plus en plus de personnes diminuent leur consommation de viande, que ce soit pour des raisons éthiques, économiques, écologiques ou de santé. Le nombre de végétariens augmente. Concernant ce régime alimentaire, la question la plus fréquente est : un régime végétarien peut-il permettre de couvrir les besoins en protéines de l'être humain ?

Le monde végétal propose des aliments riches en protéines, avec les produits céréaliers et les légumineuses, le soja étant le plus connu. Mais quelle est la qualité nutritionnelle des protéines végétales comparées aux protéines animales ? Permettent-elles un apport suffisant en acides aminés (AA), notamment en acides aminés essentiels ?

Plusieurs études montrent que l'augmentation du rapport protéines végétales/protéines animales dans l'alimentation a un impact sur le risque de maladies cardiovasculaires. Selon ces études, le régime végétarien aurait un retentissement sur plusieurs facteurs de risques de maladie cardiovasculaire : diminution des valeurs de la tension artérielle, de la cholestérolémie, de la glycémie et de l'indice de masse corporelle. Le régime végétarien serait par ailleurs corrélé avec un meilleur statut en vitamines anti-oxydantes.

Après un rappel général sur les protéines alimentaires, nous proposons dans ce travail d'étudier les apports protéiques du régime végétarien, en explorant les propriétés nutritionnelles des protéines végétales et leur potentiel en alimentation humaine. Nous nous intéresserons ensuite aux effets du régime végétarien sur les risques de maladies cardiovasculaires. Enfin, nous nous intéresserons aux recommandations pour un régime végétarien équilibré répondant aux besoins en nutriments nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme.

1. LE REGIME VEGETARIEN

1.1. Définition

Il n'existe pas une seule définition du régime végétarien. En effet, en fonction du type de restriction alimentaire, on distingue plusieurs régimes végétariens. Toutefois le terme végétarisme sert le plus souvent à définir le régime excluant les produits animaux, c'est-à-dire la viande, le poisson et les fruits de mer, mais pas d'autres produits d'origine animale, comme les produits laitiers, les œufs et le miel. On parle de régime ovo-lacto-végétarien. Plus restrictif, le régime végétalien se définit quant à lui par l'exclusion de tous les produits d'origine animale. Entre les deux on trouve les régimes lacto-végétarien et ovo-végétarien qui, à la différence du régime végétalien, incluent les produits laitiers pour le premier et les œufs pour le second. Le régime pesco-végétarien exclut la viande, mais le poisson et les fruits de mer sont toujours consommés. Une autre variante est le régime semi-végétarien qui consiste à exclure seulement la viande rouge de l'alimentation ; d'autres produits carnés comme la volaille et le porc sont inclus dans ce régime. A ces différents régimes s'ajoute le flexitarisme qui consiste à adopter la plupart du temps un régime végétarien ou végétalien mais à s'autoriser de temps en temps la consommation de viande, souvent lors d'occasions particulières comme les repas de fêtes ou les sorties au restaurant (Craig et Mangels 2009; Mathieu et Dorard 2016).

1.2. Le végétarisme en France et dans le monde

Au niveau mondial, de récentes enquêtes indiquent qu'il y aurait entre 1% et 9% de végétariens selon les pays (1 à 2% en Nouvelle-Zélande, 3% aux États-Unis d'Amérique et en Australie, 6% en Irlande, 8% au Canada, 8,5% en Israël et 9% en Allemagne). L'Inde est un cas particulier puisqu'on y relève 40% de végétariens. Le nombre élevé de végétariens en Inde s'explique principalement par des raisons culturelles (Mathieu et Dorard 2016). En effet, l'Ahimsâ, ou principe de non-violence, prônant le respect de la vie sous toutes ses formes et donc le végétarisme, est un principe que l'on retrouve dans plusieurs religions pratiquées en Inde (hindouisme, bouddhisme, jaïnisme) (Stehly 1999). En France, d'après l'étude INCA3 (Instantané de l'état nutritionnel et de la consommation alimentaire des français 3), qui a été menée entre 2014 et 2015, le végétarisme (défini à minima dans l'enquête par l'exclusion de la viande) concerne 0,8% des adolescents et 1,8% des adultes, soit deux fois plus de personnes que dans l'étude INCA2 menée entre 2006 et 2007

(Schlienger 2018). Au niveau international, bien que peu d'études épidémiologiques soient disponibles à ce jour, plusieurs d'entre elles suggèrent une hausse des prévalences d'adoption de régime végétarien, notamment dans les pays riches, ce qui concorde avec les résultats des enquêtes INCA2 et INCA3. Le végétalisme connaît la même tendance avec une hausse des prévalences d'individus adoptant ce régime. Le régime végétalien serait suivi par 5% des Israéliens, 2% des Allemands et 1% des Anglais et des Australiens (Mathieu et Dorard 2016).

1.3. Apports protéiques du régime végétarien

Les protéines constituent, avec les lipides et les glucides, l'une des trois grandes familles de macronutriments. Assurant de nombreuses et diverses fonctions dans l'organisme, leur apport est indispensable à son bon fonctionnement. Après quelques généralités sur les protéines alimentaires, nous nous intéresserons plus particulièrement aux protéines végétales puisqu'elles constituent une part importante des apports protéiques du régime végétarien et l'unique source de protéines du régime végétalien.

1.3.1. Composition et structure des protéines alimentaires

Les protéines sont des macromolécules, de poids moléculaire élevé (souvent compris entre 10 000 et 600 000 Da), constituées d'acides aminés reliés entre eux par des liaisons peptidiques de type CO-NH. Dans une protéine, on peut trouver jusqu'à 30 000 acides aminés (Apfelbaum *et al.* 2009).

Les acides aminés sont de petites molécules présentant deux fonctions chimiques caractéristiques : une fonction acide carboxylique (COOH) et une fonction amine (NH₂). On les différencie par la nature de leur radical. Dans l'alimentation, on retrouve 20 acides aminés différents (Apfelbaum *et al.* 2009). La structure chimique de chacun de ces 20 acides aminés est présentée en annexe 1.

Selon leurs caractéristiques chimiques, on peut les classer comme suit (Camus 2006) :

- Les acides aminés aliphatiques hydrophobes : glycine, alanine, valine, leucine, isoleucine, proline
- Les acides aminés aromatiques hydrophobes : phénylalanine, tryptophane

- Les acides aminés amidés : asparagine, glutamine
- Les acides aminés aromatiques hydroxylés : tyrosine
- Les acides aminés hydrophiles hydroxylés : sérine, thréonine
- Les acides aminés soufrés : cystéine, méthionine
- Les acides aminés dibasiques : lysine, arginine, histidine
- Les acides aminés diacides : aspartate, glutamate

D'un point de vue nutritionnel, il est plus intéressant de les classer en fonction de leur caractère plus ou moins indispensable (Tableau 1).

Tableau 1 : classement des acides aminés (Boutry *et al.* 2008)

Acides aminés indispensables		Acides aminés non indispensables		
Strictement indispensables	Indispensables	Conditionnellement indispensables	Non indispensables	Strictement non indispensables
Lysine Thréonine	Méthionine Tryptophane Valine Isoleucine Leucine Phénylalanine Histidine	Arginine Tyrosine Cystéine Proline	Alanine Asparagine Acide aspartique Glutamine Glycine	Sérine Acide glutamique

Parmi les acides aminés constituant les protéines alimentaires, 9 sont indispensables, c'est-à-dire que l'organisme humain est incapable de les synthétiser à partir de composés normalement disponibles à une vitesse correspondant aux besoins. Il s'agit de l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine (Boutry *et al.* 2008).

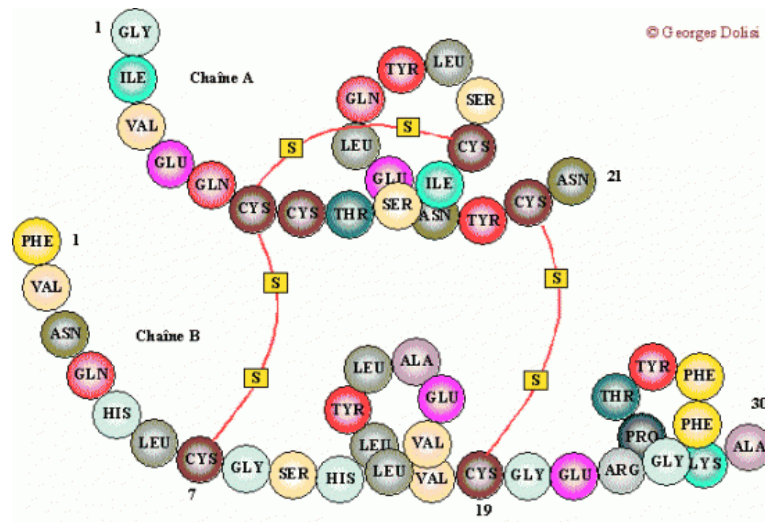
La lysine et la thréonine sont même dits strictement indispensables car elles ne peuvent en aucun cas être synthétisées par l'organisme. Par ailleurs, parmi les AA non indispensables (acide aspartique, acide glutamique, alanine, arginine, asparagine, cystéine, glutamine, glycine, proline, sérine, tyrosine), certains sont conditionnellement indispensables ; soit car leur capacité de biosynthèse peut être insuffisante dans certaines situations pathologiques où leur besoin est augmenté, soit parce que leur précurseur est un acide aminé indispensable. C'est le cas de la cystéine dont le précurseur est la méthionine et de la tyrosine qui est synthétisée à partir de la phénylalanine. La glutamine, acide aminé le plus abondant chez l'Homme, a des fonctions importantes dans l'organisme ; notamment dans la lutte contre

l'acidocétose en tant que principale source de l'ammonium urinaire, elle est également un précurseur des bases puriques et pyrimidiques. En situations pathologiques, la glutamine est une source énergétique majeure pour les cellules à renouvellement rapide (entérocytes et cellules immunitaires). Chez le sujet sain, la glutamine peut être synthétisée en quantités suffisantes à partir de l'acide glutamique (Darmaun 1993). La sérine et l'acide glutamique sont quant à eux dits strictement non indispensables car ils peuvent être synthétisés à partir de composés non aminés (Boutry *et al.* 2008).

L'assemblage de deux acides aminés par une liaison peptidique forme ce que l'on appelle un dipeptide. Si l'on ajoute un troisième acide aminé, on obtient un tripeptide. On appelle oligopeptides les peptides composés de 2 à 10 AA et polypeptides les peptides composés de plus de 10 AA. C'est la réunion de plusieurs polypeptides qui forme une protéine simple (ou holoprotéine). Par exemple, l'insuline humaine est une holoprotéine composée de 51 acides aminés répartis sur 2 chaînes reliées entre elles par des ponts disulfures (figure 1) (Apfelbaum *et al.* 2009; Bélanger 2015).

Figure 1 : structure de l'insuline humaine

(source : <http://le-diabete-de-type-1.e-monsite.com/pages/traitement-selon-l-epoque/l-insuline-sous-injection.html>)



Une protéine simple peut s'associer avec d'autres molécules (glucides, lipides, phosphore, acides nucléiques ou encore pigments divers), on parle alors de protéine complexe (ou hétéroprotéine) (Apfelbaum *et al.* 2009).

Un atome important que l'on retrouve dans les protéines est l'azote, élément indispensable à l'organisme pour la production des enzymes nécessaires à la croissance et à la reproduction. Avec en moyenne 1 g d'azote pour 6,25 g de protéine, les protéines constituent la principale source d'azote de l'organisme (Jacotot et Campillo 2003).

1.3.2. Rôles physiologiques des protéines

Les protéines sont nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme parce qu'elles apportent de l'azote et des acides aminés utilisés pour la synthèse de protéines endogènes et d'autres substances azotées.

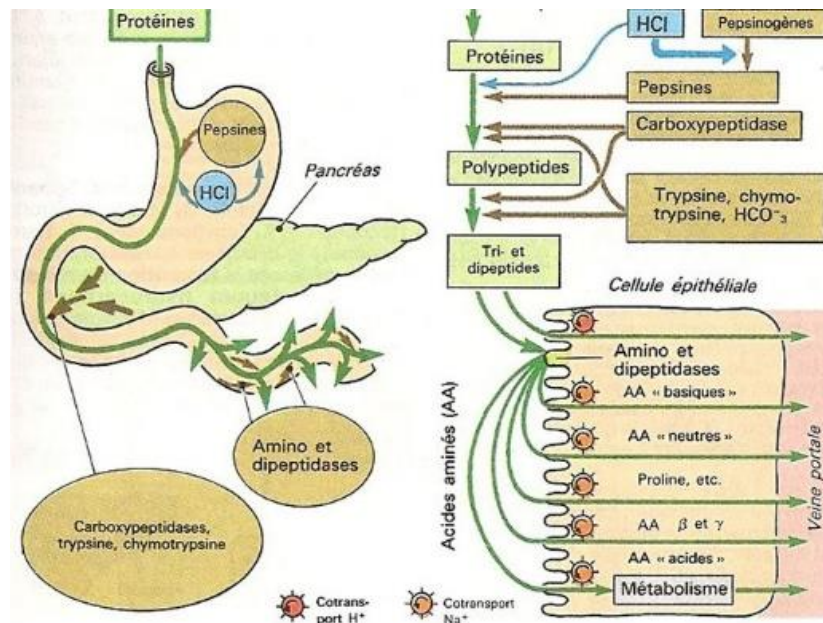
C'est au cours de la digestion et de l'absorption intestinale que les protéines libèrent les acides aminés et l'azote qu'elles contiennent. Tout au long du tractus gastro-intestinal, les protéines constituent le substrat d'enzymes protéolytiques qui catalysent l'hydrolyse des liaisons peptidiques :

- La pepsine sécrétée par l'estomac
- La trypsine, la chymotrypsine, l'élastase et les carboxypeptidases A et B sécrétées par le pancréas
- Les aminopeptidases et dipeptidases sécrétées par les cellules de la muqueuse intestinale

L'action de ces différentes enzymes transforme les protéines en acides aminés libres et petits peptides qui vont être absorbés à travers les cellules à bordure en brosse de la muqueuse de l'intestin grêle (figure 2). Dans ces cellules, la plupart des peptides sont hydrolysés. Les acides aminés sont transportés vers le foie par la veine porte et sont utilisés pour la synthèse de nouvelles protéines. Cette synthèse a lieu dans les ribosomes des cellules (Cheftel *et al.* 1985).

Figure 2 : digestion des protéines et absorption des acides aminés et oligopeptides

(source : cours de Nora Fernandez Castro, IUT Périgueux, Département génie biologique, physiologie animale, 1^{ère} année)



Dans l'organisme, on peut diviser les protéines en deux grands groupes en fonction de leur rôle :

- Une partie des protéines a un rôle structural. Ces protéines participent au renouvellement de différents tissus : muscles, phanères, matrice osseuse, peau etc... On peut citer l'actine et la myosine, deux protéines musculaires qui à elles seules représentent plus de 40% des protéines corporelles, la kératine qui compose les ongles, les cheveux et l'épiderme, et le collagène que l'on trouve dans les os, les cartilages, les vaisseaux sanguins et les dents notamment (Bélangier 2015).
- Une autre partie des protéines a un rôle fonctionnel, on les retrouve dans toutes les activités métaboliques de l'organisme. Ce sont notamment les enzymes, les transporteurs d'ions et de divers substrats (comme l'hémoglobine et les apolipoprotéines), les hormones (l'insuline et le glucagon par exemple), les récepteurs cellulaires et les immunoglobulines (Jacotot et Campillo 2003; Bélangier 2015).

1.3.3. Apports nutritionnels conseillés en protides

Dans l'organisme, il y a un turnover continu des protéines. En permanence, des protéines sont dégradées en acides aminés et doivent être remplacées par des protéines nouvellement synthétisées. Le turnover est plus ou moins rapide en fonction des tissus. Il est par exemple de 3 à 4 jours pour les protéines de la muqueuse intestinale tandis qu'il prend plusieurs mois pour les protéines musculaires. Cela nécessite des réserves permanentes d'acides aminés libres. Ces réserves sont assurées par les protéines corporelles catabolisées et par l'apport de protéines alimentaires (Cheftel *et al.* 1985). Lorsque l'on parle de besoins nutritionnels en protéines, il convient de distinguer les besoins en protéines totales et les besoins en acides aminés.

1.3.3.1. Méthodes de détermination des besoins en protéines totales et en acides aminés

Plusieurs méthodes sont employées pour déterminer les besoins en protéines et en acides aminés. Dans ce paragraphe nous décrirons de façon succincte les méthodes les plus utilisées.

La méthode la plus ancienne est celle du bilan azoté. Le bilan azoté, ou équilibre azoté, correspond à la différence entre les apports et les pertes d'azote. Dans cette méthode, on part du principe que chez un adulte en bonne santé, le bilan azoté est nul. Les besoins protéiques sont définis comme l'apport protéique minimum nécessaire au maintien du bilan azoté. Pour le calculer, on soumet un adulte à un régime protéoprive pendant quelques jours puis on mesure ses excréments d'azote. On en déduit alors l'apport protéique minimum (Cheftel *et al.* 1985). La méthode du bilan azoté est utilisée à la fois pour la mesure des besoins en protéines et des besoins en acides aminés. Cette méthode présente de nombreuses limites, parmi lesquelles la difficulté à évaluer avec précision les pertes azotées. Par ailleurs, le bilan varie en fonction de l'activité physique et du rendement d'utilisation métabolique de l'azote, qui dépend du type de protéines alimentaires et de chaque individu (Dumas *et al.* 2007).

Une autre méthode de mesure des besoins en protéines est la méthode factorielle, basée sur la mesure des pertes d'azote obligatoires au cours d'un régime protéoprive. Contrairement à la méthode du bilan azoté, le besoin est ici calculé par une extrapolation à partir de la quantité d'azote permettant la compensation des pertes. Cette méthode est principalement utilisée pour des populations particulières : individus en croissance, femmes enceintes ou allaitantes.

Son utilisation nécessite une estimation de l'efficacité d'utilisation de l'azote ingéré, ce qui en fait sa principale limite (Dumas *et al.* 2007).

Pour la mesure des besoins en acides aminés, des méthodes plus récentes sont utilisées. Il s'agit de méthodes utilisant l'oxydation des acides aminés. L'oxydation étant considérée comme la seule voie de dégradation des acides aminés, on estime qu'elle est minimale lorsque la quantité d'acides aminés ingérés correspond au besoin. Ces méthodes reposent ainsi sur l'étude de la vitesse d'oxydation, qui est mesurée grâce à l'utilisation d'isotopes stables (Mahe *et al.* 1997).

Pour déterminer les besoins en protéines du jeune enfant, il existe une méthode plus accessible et empirique. C'est une méthode expérimentale qui est basée sur l'observation de la consommation spontanée de jeunes enfants en bonne santé. La quantité consommée est forcément égale ou supérieure au besoin moyen. Néanmoins, cette méthode ne permet pas d'évaluer la différence entre le besoin et la quantité consommée. Pour la détermination des besoins en acides aminés indispensables (AAI) du nourrisson, le modèle se basant sur la composition du lait de femme est souvent utilisé. En effet, il est théoriquement possible d'estimer l'apport journalier moyen en protéines en connaissant d'une part les quantités moyennes de lait consommé et d'autre part la teneur moyenne en azote du lait maternel. Cependant, cette méthode conduit à une surestimation des besoins puisqu'une part importante de l'azote du lait maternel (environ 20%) n'est pas sous forme de protéines mais sous forme d'urée (Beaufrère *et al.* 2002).

1.3.3.2. Besoins en protéines de l'adulte

En France, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) établit pour chaque nutriment un apport nutritionnel conseillé (ANC), défini comme l'apport qui permet de couvrir les besoins physiologiques de la plus grande partie de la population, sur la base statistique de 97,5% des individus (Dumas *et al.* 2007).

L'ANSES a établi que l'ANC pour les protéines est de 0,83 g/kg/j pour un adulte en bonne santé. Pour les personnes âgées, l'ANC est légèrement plus élevé (1 g/kg/j), de même que pour les femmes enceintes et allaitantes (1,2 g/kg/j) (ANSES - 2016).

Certaines situations pathologiques nécessitent aussi un besoin accru en protéines. C'est le cas par exemple des brûlures, blessures ou infections (Cheftel *et al.* 1985).

1.3.3.3. Besoins en acides aminés de l'adulte (Dumas *et al.* 2007)

Dans la mesure où le profil en acides aminés, notamment en acides aminés indispensables, varie en fonction de la source protéique, il est important de connaître les besoins de l'Homme pour chaque acide aminé.

A ce jour, il n'existe pas de recommandation officielle portant sur les besoins en acides aminés et il n'existe pas de données consensuelles publiées. Dans son rapport de 2007, un groupe de travail de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), devenue ANSES en 2010 après fusion avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET), a établi à partir de données déjà existantes les valeurs des besoins en acides aminés indispensables. Ces valeurs, présentées dans le tableau 2, sont basées sur des méthodes isotopiques. Les études ont été faites uniquement sur des hommes, mais on estime que les besoins des femmes sont équivalents à ceux des hommes.

Tableau 2 : besoins en acides aminés de l'adulte (Dumas *et al.* 2007)

Acides aminés	Estimation des besoins (mg.kg⁻¹.j⁻¹)
Histidine	11
Isoleucine	18
Leucine	39
Lysine	30
Méthionine + cystéine	15
Phénylalanine + tyrosine	27
Thréonine	16
Tryptophane	4
Valine	18

Cependant, au vu du manque de données disponibles sur la variabilité des besoins en acides aminés indispensables, le groupe de travail de l'AFSSA considère qu'il est préférable de se fier aux apports nutritionnels conseillés en protéines plutôt qu'aux besoins en acides aminés indispensables.

1.3.3.4. Besoins en protéines du nourrisson et de l'enfant (Beaufrère *et al.* 2002)

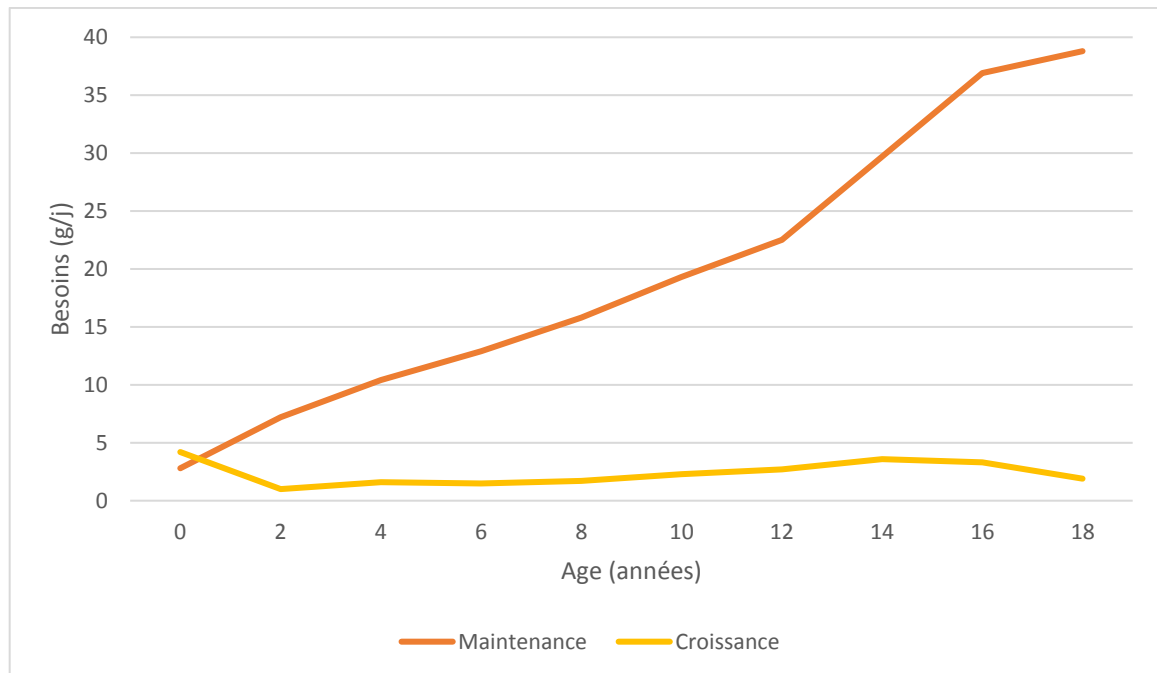
Chez le nourrisson et l'enfant, les besoins en protéines rapportés au poids corporel sont supérieurs à ceux des adultes car ils correspondent à la somme des besoins pour la maintenance et la croissance de l'organisme, c'est-à-dire « des besoins en azote et en acides aminés indispensables nécessaires pour permettre l'accroissement programmé de la taille et du poids, sans compromettre l'équilibre du milieu intérieur, ni dépasser les capacités hépatique et rénale d'élimination des déchets ». Les besoins évoluent avec l'âge et sont légèrement variables en fonction du sexe. Les données sont rassemblées dans l'annexe 2. On définit l'apport de sécurité qui correspond à la quantité minimale de protéines permettant de couvrir le besoin de la totalité des nourrissons et des enfants, en prenant en compte la variation interindividuelle des besoins de maintenance et de croissance.

A la naissance, le besoin de croissance est plus élevé que le besoin de maintenance. Dès les premiers mois de vie (vers 2-3 mois), le besoin de maintenance dépasse le besoin de croissance et ne cesse d'augmenter jusqu'à 18 ans, avec une croissance plus rapide entre 12 et 16 ans. Le besoin de croissance a une évolution moins linéaire. Il décroît de la naissance à 5 ans pour les filles et 6 ans pour les garçons puis augmente jusqu'à environ 15 ans. Ensuite il diminue jusqu'à être nul à 18 ans pour les filles, tandis qu'au même âge il est de 1,9 g/j pour les garçons (figure 3, annexe 2).

Le besoin total, comprenant les besoins de maintenance et de croissance, suit une évolution linéaire puisqu'il est croissant de la naissance à 18 ans pour les garçons et 16 ans pour les filles (annexe 2).

En Europe et aux Etats-Unis, il n'y a pas lieu de s'inquiéter d'une éventuelle carence en protéines, la consommation moyenne étant d'environ 40 g/j entre 1 et 2 ans, 60 g/j à 4 ans et de plus de 100 g/j vers 13-15 ans, ce qui correspond à des quantités au moins 3 fois supérieures aux besoins.

Figure 3 : besoins en protéines pour la maintenance et la croissance chez le nourrisson et le garçon (d'après l'annexe 2)



1.3.4. Comparaison des protéines animales et végétales

Les protéines constituent un nutriment important dans de nombreux aliments. Selon leur origine, on distingue les protéines animales et les protéines végétales. Toutes les catégories de végétariens consomment à la fois des protéines animales et végétales, hormis les végétaliens qui consomment exclusivement des protéines végétales.

Pour évaluer la qualité d'une protéine donnée, on compare sa composition en AA à celle de la protéine de référence qui est généralement l'œuf pour le sujet sain. On calcule le rapport entre la concentration de chaque AAI dans la protéine donnée et dans la protéine de référence. Le plus faible rapport obtenu parmi tous les AAI correspond à l'indice chimique (IC) de la protéine. Cet indice représente la capacité des protéines à satisfaire les besoins en AAI. Si l'indice chimique est égal ou supérieur à 100%, c'est que la protéine a la capacité de satisfaire le besoin nutritionnel. Par contre, s'il est inférieur à 100%, cela veut dire que l'AA en question est limitant (Tomé 2008).

La composition en AAI n'est pas le seul critère pour évaluer la qualité d'une protéine. En effet, pour mesurer la qualité d'une protéine, il faut également prendre en compte la biodisponibilité des AA, qui est assimilée à la digestibilité des protéines, définie comme la

proportion de protéines ingérées rendues disponibles sous forme d'acides aminés pour l'organisme. Afin de tenir compte de ce paramètre, le « protein digestibility corrected amino-acid score » (PD-CAAS) a été défini. Il est égal à l'indice chimique multiplié par la digestibilité. C'est la méthode de référence recommandée par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour l'évaluation de la qualité des protéines. Comme pour l'indice chimique, si le PD-CAAS est supérieur ou égal à 100% pour tous les AA on considère qu'il n'y a pas d'AA limitant dans la protéine donnée. Alors que s'il est inférieur à 100% pour un ou plusieurs AA, la valeur la plus faible est prise comme valeur d'indice (Tomé 2008).

Globalement, les protéines animales ont une composition en acides aminés indispensables qui permet de couvrir les besoins de l'organisme. D'ailleurs, l'œuf, par sa composition en AAI, est une protéine de référence pour la nutrition humaine. L'œuf contient 12% de son poids en protéines, avec principalement de l'ovalbumine (une phosphoglycoprotéine) dans le blanc et des lipoprotéines riches en phospholipides dans le jaune. Le lait et les viandes sont également de très bonnes sources de protéines, d'un point de vue tant quantitatif que qualitatif (Jacotot et Campillo 2003). Par ailleurs, la plupart des protéines animales ont un PD-CAAS supérieur ou égal à 100% (Tomé 2008).

Les protéines végétales ont une composition en AAI moins équilibrée que les protéines animales. Elles présentent en général un indice chimique inférieur à 100%, c'est-à-dire un AA présent en quantité inférieure à la protéine de référence, ce qui empêche l'organisme de réaliser une synthèse protéique optimale. L'AA limitant n'est pas le même pour toutes les familles de végétaux.

Le tableau 3 montre la composition en acides aminés de différents aliments d'origine animale et végétale.

Tableau 3 : teneur en protéines et acides aminés essentiels de différents aliments d'origine animale et végétale (Jacotot et Campillo 2003)

	Origine animale			Origine végétale	
	Œuf (protéine de référence)	Viande	Lait	Blé	Soja
Protéines (g/100 g)	12	18	3,5	12	40
Acides aminés (mg/g de protéine)					
Valine	66	50	64	47	53
Leucine	86	81	95	72	85
Isoleucine	54	48	47	35	50
Lysine	70	89	78	31	70
Histidine	22	34	27	25	28
Phénylalanine + Tyrosine	93	80	102	80	88
Tryptophane	17	11	14	12	14
Thréonine	47	46	44	31	42
Méthionine + Cystéine	57	40	33	45	28

On remarque que le blé se distingue par une faible teneur en lysine et le soja par une faible teneur en méthionine et cystéine.

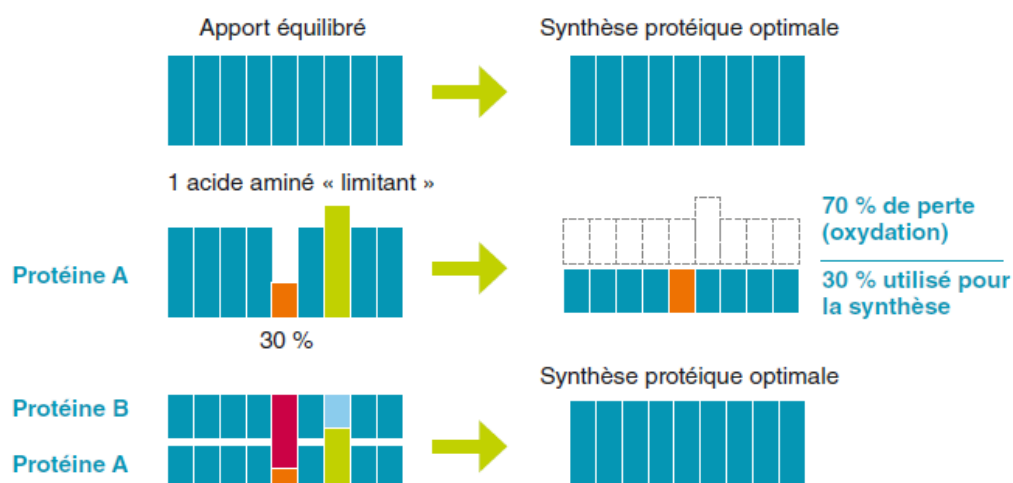
En considérant l'œuf comme protéine de référence et d'après les données du tableau 3, on peut calculer l'indice chimique des protéines de blé et de soja.

- Pour la protéine de blé, l'IC = $31/70 \times 100 = 44\%$
- Pour la protéine de soja, l'IC = $28/57 \times 100 = 49\%$

La lysine est l'AA limitant des céréales et de l'arachide et les acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) sont les AA limitants des légumineuses.

Néanmoins, comme les céréales et l'arachide sont riches en acides aminés soufrés et que les légumineuses sont riches en lysine, l'association de ces deux sources de protéines dans une même journée permet d'obtenir un apport équilibré en AAI, ce qui permet une synthèse protéique optimale. On parle de complémentarité des protéines (figure 4) (Castagna *et al.* 2015).

Figure 4 : complémentarité des protéines (Castagna *et al.* 2015)



A l'inverse des protéines animales, la digestibilité des protéines végétales est limitée. Cela s'explique par la présence de composants « antinutritionnels », qui sont :

- Des inhibiteurs de protéases, qui se fixent sur les enzymes digestives et bloquent leur action d'hydrolyse des protéines.
- Des fibres alimentaires qui forment un « maillage » pouvant limiter l'absorption des nutriments, dont les protéines.

La digestibilité varie selon les familles d'aliments. Pour les céréales et le soja, elle serait située entre 50 et 90% alors qu'elle serait d'environ 80% pour les isolats et farines de légumes secs. En considérant une digestibilité moyenne de 70% pour le blé et le soja, on peut calculer leur PD-CAAS :

- Pour la protéine de blé, le PD-CAAS = $44 \times 70 / 100 = 31\%$
- Pour la protéine de soja, le PD-CAAS = $49 \times 70 / 100 = 34\%$

Certains procédés culinaires permettraient cependant d'augmenter la biodisponibilité des protéines par la réduction ou l'inactivation des composants « antinutritionnels ». C'est le cas du trempage, de la germination et de la cuisson (Castagna *et al.* 2015).

1.3.5. Aliments riches en protéines végétales

La teneur en protéines varie énormément d'un aliment à un autre. Le tableau 4 présente la teneur en protéines de différents aliments d'origine végétale, choisis parmi les aliments végétaux les plus riches en protéines. Ces chiffres proviennent du site du Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL), base de données de référence sur la composition nutritionnelle des aliments gérée par l'ANSES. On remarque que la plupart des aliments végétaux les plus riches en protéines font partie de la famille des légumineuses.

Tableau 4 : teneur moyenne en protéines de différents aliments d'origine végétale (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail 2018)

Aliment	Teneur moyenne en protéines (g/100g)
Farine de soja	35,8
Graine entière de soja	34,5
Cacahuète ou arachide	22,8
Amande	21,1
Tomate séchée	14,2
Flocon d'avoine	13,3
Lentille corail cuite	10,6
Lentille verte cuite	10,1
Haricot rouge cuit	9,63

2. PLACE DES PROTEINES VEGETALES EN ALIMENTATION HUMAINE

2.1. Etat des lieux de la consommation de protéines à l'échelle mondiale

En France, comme dans la plupart des pays développés, la majorité des apports en protéines (65 à 70%) provient de produits animaux. A l'échelle mondiale, ce rapport entre consommation de protéines animales et consommation de protéines végétales est inversé, avec une plus grande consommation de protéines végétales que de protéines animales. Cela s'explique d'une part, par des raisons culturelles, le végétarisme notamment, et d'autre part, par des difficultés d'accès aux produits animaux (Remond 2016).

On note de grandes disparités entre les pays développés (ou pays riches) et les pays en voie de développement (ou pays pauvres), qui ne sont pas à la même transition alimentaire. Actuellement, on distingue deux transitions alimentaires (Castagna *et al.* 2015) :

- La première transition alimentaire, qui a débuté au milieu du XX^{ème} siècle pour les pays riches, correspond à une demande croissante en protéines, avec d'abord une consommation croissante de protéines végétales, puis une augmentation de la consommation de protéines animales. Après cet essor, il y a une stabilisation de la demande en protéines et un remplacement des protéines d'origine végétale par des protéines d'origine animale. L'augmentation de la demande en protéines est liée au développement d'un nouveau modèle de société qui accroît la consommation de masse et l'alimentation hors foyer. Les avancées technologiques permettent de transformer et de mieux conserver les aliments, les échanges internationaux augmentent, l'industrie agro-alimentaire propose d'avantage d'aliments moins chers et plus variés.
- La deuxième transition alimentaire amène à des régimes plus équilibrés, composés majoritairement de végétaux, avec une diminution des produits animaux associée à une baisse des graisses totales et des aliments transformés. Grâce notamment à des campagnes de communication en santé publique (sécurité sanitaire, modes de vie plus sains, bénéfices santé, dimension culturelle, qualité nutritionnelle...), deux modèles alimentaires se développent :
 - Le modèle « français », avec une baisse significative des apports en protéines animales et une hausse des apports en protéines végétales (France, Norvège, Danemark et Autriche)

- Le modèle « américain », avec un maintien des apports en protéines animales et une augmentation des apports en protéines végétales (États-Unis, Royaume-Uni, Allemagne, Suède, Finlande) (Castagna *et al.* 2015).

On constate que la part des protéines animales dans l'alimentation est liée au niveau de richesse des pays. Dans les pays riches, la consommation de protéines animales est d'environ 40 à 60 g/jour contre seulement 10 g/jour dans les pays pauvres. Mais en se développant, les pays pauvres augmentent leur consommation de protéines animales. En quarante ans, la consommation de viande a été multipliée par 3 dans les pays en développement et elle devrait encore augmenter puisque ces pays n'en sont qu'à la première transition alimentaire (Castagna *et al.* 2015).

Tandis que dans les pays développés, qui ont achevé la première transition alimentaire et où s'amorce la deuxième transition, la tendance s'inverse avec une demande croissante en protéines végétales (Castagna *et al.* 2015).

2.2. Intérêt pour la santé

Dans une récente étude américaine, Song M. *et al* se sont intéressés à l'association entre la consommation de protéines animales et végétales et le risque de mortalité (Song M *et al.* 2016). Cette étude se base sur une cohorte de 131 342 participants, qui ont répondu à des questionnaires sur leurs habitudes alimentaires. Les chercheurs se sont également intéressés à leur mode de vie et à leurs informations médicales. Le « Hazard Ratio » (HR) pour toutes les causes de mortalité et pour des causes spécifiques a été calculé. Un résultat de HR inférieur à 1 indique que le risque de décès diminue dans le groupe étudié. Lorsque le HR est supérieur à 1, il y a une augmentation du risque de décès. Les chercheurs ont distingué deux groupes :

- L'un comprenant les participants ayant un mode de vie sain
- L'autre comprenant les participants n'ayant pas un mode de vie sain

Il ressort de cette étude qu'une plus grande consommation de protéines animales est associée à une plus grande mortalité, notamment cardiovasculaire, et qu'au contraire une plus grande consommation de protéines végétales est associée à une plus faible mortalité. Il faut noter

que ces conclusions étaient limitées aux participants présentant au moins un facteur de risque (tabagisme, consommation importante d'alcool, surpoids ou obésité, sédentarité).

Le chercheurs ont également déterminé le HR après substitution de 3% de l'apport énergétique en différentes protéines animales par des protéines végétales. Les résultats sont donnés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Hazard Ratio après remplacement de 3% de l'apport énergétique en différentes protéines animales par des protéines végétales (Song M *et al.* 2016)

Mortalité	Viande rouge transformée	Viande rouge non transformée	Volaille	Poisson	Œuf	Produits laitiers
Toutes causes	0,66 (0,59-0,75)	0,88 (0,84-0,92)	0,94 (0,90-0,99)	0,94 (0,89-0,99)	0,81 (0,75-0,88)	0,92 (0,87-0,96)
Cardiovasculaire	0,61 (0,48-0,78)	0,83 (0,76-0,91)	0,91 (0,83-1,00)	0,88 (0,80-0,97)	0,88 (0,75-1,04)	0,89 (0,80-0,98)
Cancer	0,86 (0,71-1,04)	0,96 (0,89-1,03)	0,99 (0,91-1,06)	0,98 (0,91-1,06)	0,83 (0,73-0,93)	1,00 (0,93-1,09)
Autre	0,55 (0,46-0,67)	0,84 (0,78-0,90)	0,93 (0,86-1,00)	0,94 (0,87-1,01)	0,76 (0,67-0,86)	0,86 (0,80-0,93)

On constate que le HR est inférieur ou égal à 1 pour toutes les causes et toutes les causes spécifiques et ceci pour toutes les sources de protéines animales. Le HR est particulièrement bas lorsque les protéines végétales remplacent la viande rouge transformée. La viande rouge transformée serait donc plus associée au risque de mortalité que d'autres sources de protéines animales, comme la volaille et le poisson (Song M *et al.* 2016). Il semble toutefois difficile de déterminer si la diminution de la mortalité, lorsque les protéines animales sont substituées par des protéines végétales, est liée spécifiquement aux protéines ou bien à d'autres composants des régimes riches en protéines végétales. Nous tenterons de répondre à cette question dans la partie 3 où nous nous intéresserons aux effets du régime végétarien sur les risques de maladies cardiovasculaires.

Par ailleurs, pour que des apports en protéines végétales aient le meilleur impact possible sur la santé, il semble préférable de privilégier des aliments provenant d'une culture sans pesticides. En effet, bien que les données demeurent controversées, diverses conséquences des pesticides sur la santé sont évoquées comme les cancers, l'infertilité, les retards de croissance ou encore la maladie de Parkinson (de Jaeger *et al.* 2012).

2.3. Intérêt pour l'environnement

Un des atouts des protéines végétales est que leur production présente moins d'impacts négatifs sur l'environnement que celle des protéines animales. Il faut moins de ressources pour produire des protéines végétales que pour produire des protéines animales. La production de protéines animales est plus consommatrice d'énergies fossiles. Il faut en moyenne 25 kcal pour produire 1 kg de protéines animales contre seulement 2,2 kcal pour produire 1 kg de protéines végétales. Or la consommation d'énergies fossiles est à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre, contribuant au réchauffement climatique. Un rapport de la FAO de 2013 a révélé que l'élevage était responsable de 14,5% des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine (Gerber *et al.* 2013). La déforestation, qui transforme les surfaces boisées en monocultures destinées à nourrir le bétail, est une des principales sources d'émissions de CO₂ de l'élevage. Ces émissions sont estimées à 2,4 gigatonnes de CO₂ libérées chaque année (Machovina *et al.* 2015).

Dans les pays occidentaux, pour obtenir 1 kg de protéines animales, la quantité de protéines végétales utilisée pour l'alimentation animale est de 7 kg pour les bovins, de 6 kg pour les cochons et les poulets et de 3 kg pour les œufs. Toutefois, ces chiffres diminuent mais restent tout de même en défaveur des protéines animales si l'on ne prend en compte que les aliments comestibles pour les humains et les tourteaux de soja ; le ratio est alors de 5 pour les poulets, 4,4 pour les cochons et 2,8 pour les œufs. Le ratio connaît une plus forte baisse (aux alentours de 1) pour les bovins car ils sont nourris principalement avec du fourrage et des pâturages (Mottet *et al.* 2017).

L'élevage nécessite d'une part des surfaces de pâturages et d'autre part d'énormes surfaces destinées à la culture de végétaux destinés à nourrir le bétail. En Amazonie, plus de 80% des terres déboisées ont été transformées en pâturages ou en surfaces de culture pour le bétail. Et cela ne devrait faire qu'augmenter, puisqu'il est par exemple prévu que les récoltes annuelles de soja au Brésil, qui étaient de 60 millions de tonnes en 2010, passeront à 95 millions de tonnes en 2030 (Machovina et Feeley 2014). La production de viande monopolise plus de 70% de toutes les terres agricoles et 30% de la surface émergée de la planète, ce qui en fait l'activité humaine la plus consommatrice de terres. A titre de comparaison, il faut 6 à 17 fois (selon l'espèce animale élevée) plus de surface de terre pour produire de la viande que pour produire du soja, pour la même quantité de protéines produites (Association de Professionnels de Santé pour une Alimentation Responsable 2009).

Toutefois, il faut noter que dans les zones géographiques où les cultures ont de faibles rendements, ce qui est le cas par exemple de la demi-montagne, les herbivores permettent de valoriser la biomasse fourragère. Ils transforment ainsi des produits non consommables par l'homme en protéines de très bonne qualité (viande, lait), et ce avec des impacts environnementaux faibles. A l'inverse de l'élevage intensif, il s'agit ici de production extensive. Dans ces milieux, l'élevage permet également la préservation de paysages ouverts et le maintien sur place d'une population rurale (Remond 2016).

En matière de consommation d'eau, il y a aussi une différence importante entre la production de protéines animales et végétales. Le nombre de litres d'eau nécessaires à la production d'un gramme de protéines est de 21 pour les céréales, 19 pour les légumineuses, 31 pour le lait, 29 pour les œufs, 34 pour la viande de poulet, 57 pour la viande de porc, et 112 pour la viande de bœuf (Mekonnen et Hoekstra 2012).

L'élevage est aussi une activité génératrice de déchets, avec divers polluants. D'une part la monoculture destinée à l'alimentation animale entraîne l'utilisation de fertilisants chimiques et pesticides. Ceux-ci sont en partie absorbés par les cultures. Le reste est retrouvé dans l'eau et les sols, ce qui est source de pollution. Selon la FAO, la moitié des récoltes de céréales et 90% de celles de soja sont destinées à nourrir les animaux d'élevage. Si à la place, ces surfaces agricoles étaient consacrées à la production de végétaux destinés à l'alimentation humaine, avec des modes de production soutenables incluant la rotation des cultures, la quantité de substances chimiques polluantes nécessaires serait considérablement réduite (Association de Professionnels de Santé pour une Alimentation Responsable 2009).

Par ailleurs, l'élevage intensif est à l'origine de quantités de déjections animales supérieures à la capacité qu'ont les écosystèmes à les recycler. Ainsi, l'azote et le phosphore retrouvés dans les excréments et les urines des animaux polluent l'eau et les sols. De même, les déjections animales issues de l'élevage sont la principale source des émissions d'ammoniaque (elles représentent 64% des émissions totales d'ammoniaque), substance contribuant aux pluies acides. Une autre menace que constitue l'accumulation de ces déjections est une éventuelle contamination bactérienne (Association de Professionnels de Santé pour une Alimentation Responsable 2009).

A côté de l'impact qu'il a sur l'environnement, l'élevage intensif a aussi un impact sur l'antibiorésistance due à la surconsommation d'antibiotiques. Or, au niveau mondial, la

consommation d'antibiotiques par les animaux est dix fois supérieure à celle des humains. Ceci est lié en partie à l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance dans de nombreux pays. Cette pratique est interdite en Europe depuis 2006. L'antibiorésistance est un problème de santé majeur, qui pourrait causer plus de dix millions de décès par an en 2050 si rien ne change, soit plus que les décès dus au cancer (Carlet 2016).

2.4. Les protéines végétales pour une meilleure disponibilité alimentaire mondiale

A l'échelle mondiale, on note de grandes disparités d'accès à la nourriture. La quantité de nourriture produite serait suffisante pour nourrir la population entière, or il existe une problématique de sous-alimentation dans les pays en développement. Cette sous-alimentation n'est pas due à une production insuffisante d'aliments mais plutôt à un problème d'accès à cette nourriture, puisqu'une grande partie des productions agricoles est destinée à l'alimentation animale, au détriment de l'alimentation humaine. Sachant qu'une alimentation basée sur des végétaux permet de nourrir un plus grand nombre de personnes qu'une alimentation basée sur des produits animaux, la conversion des protéines végétales en protéines animales apparaît être un gâchis de calories alimentaires (Association de Professionnels de Santé pour une Alimentation Responsable 2009). De plus, avec la population mondiale qui ne cesse d'augmenter, la disponibilité alimentaire apparaît comme un enjeu majeur dans les années à venir. En effet, avec une population estimée à plus de 9 milliards en 2050, l'Organisation des Nations Unies prévoit une augmentation de la production agricole de 70% d'ici-là (Castagna *et al.* 2015).

Compte tenu des tendances actuelles, il faudrait une augmentation importante de la production de viande dans les années à venir pour couvrir les besoins de la population mondiale. Or, au vu de l'impact environnemental des productions animales expliqué ci-dessus, les experts recommandent de réduire la consommation de produits animaux, et proposent pour les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) de rééquilibrer dans leur régime le ratio protéines végétales/protéines animales (Guéguen *et al.* 2016).

Ainsi, les protéines végétales présentent un intérêt important pour relever les défis démographiques et environnementaux d'aujourd'hui et de demain.

2.5. Obstacles à la consommation des protéines végétales

2.5.1. L'allergie alimentaire

Tout d'abord, même si cela ne concerne qu'une faible partie de la population, il faut noter que l'allergie alimentaire peut être un obstacle à la consommation de protéines végétales.

En Europe, l'allergie alimentaire toucherait 4,7% des enfants et de 3,2 à 3,7% des adultes (Moneret-Vautrin 2008) et sa prévalence serait en augmentation (Ancellin *et al.* 2004).

D'après une étude qui s'appuie sur 974 observations pédiatriques et 287 observations chez l'adulte, on constate que chez l'enfant de moins de 3 ans, ce sont des allergènes d'origine animale (lait et œuf) qui sont de loin les plus fréquemment mis en cause. Alors que chez l'adulte, ce sont majoritairement des allergènes d'origine végétale qui sont mis en cause, avec en tête les prunoïdés, suivis du groupe « avocat, banane, châtaigne et kiwi », des apiacées, des fruits à coque, des céréales, de l'arachide et des légumineuses (tableau 6) (Moneret-Vautrin 2008).

Ce sont surtout les allergies aux légumineuses et aux céréales, deux familles d'aliments riches en protéines, qui peuvent être un frein à la consommation de protéines végétales.

Tableau 6 : allergènes alimentaires les plus fréquents chez l'enfant et l'adulte d'après les données du Cercle d'Investigations Cliniques et Biologiques en Allergologie Alimentaire (CICBAA) (Moneret-Vautrin 2008)

Allergène	0-1 an (%)	1-3 ans (%)	3-15 ans (%)	Adultes (%)
Œuf	77,5	69,6	24,3	6,3
Lait	29,2	25,6	7	3,5
Arachide	19,7	37,6	49,3	10,1
Fruits à coque	2,7	4,4	10,2	15,7
Légumineuses	0,6	4,4	13,4	5,9
Poisson	0,6	5	10	3,1
Prunoïdés	0	0	0	31,3
Avocat, banane, châtaigne, kiwi	0,6	1,3	5,3	22,6
Apiacées	0	0	1,7	16,4
Blé, céréales	6,1	6,4	2,7	13,2

2.5.2. La perception des différentes sources de protéines

Un autre obstacle au rééquilibrage entre les protéines animales et les protéines végétales est la place qu'a la viande dans notre culture. En effet, manger de la viande est un acte ancré dans les habitudes alimentaires. La viande est souvent perçue comme l'élément central d'un repas. Certaines personnes ne peuvent pas concevoir un repas sans viande. Le goût de la viande ainsi que le plaisir qu'elle procure sont aussi des freins à une éventuelle baisse de sa consommation. Par ailleurs, le manque de connaissances sur les aliments riches en protéines végétales semble être aussi un obstacle à une éventuelle substitution des protéines animales par des protéines végétales (Poquet *et al.* 2017).

Toutefois, la perception des protéines végétales par les français est plutôt positive. D'après le baromètre réalisé par le groupe d'étude et de promotion des protéines végétales (GEPV) en 2014 sur un échantillon de 1015 personnes (Le Groupe d'Etude et de promotion des protéines végétales 2015) :

- 93% des français pensent que les protéines végétales sont bonnes pour la santé,
- 85% pensent qu'elles sont indispensables à tous,
- 83% pensent qu'elles sont complémentaires des protéines animales,
- 78% pensent qu'elles sont bonnes pour l'environnement,
- et 77% pensent qu'elles sont synonymes de qualité.

De plus,

- 94% des français pensent que les matières protéiques végétales (MPV) sont autant ou plus respectueuses de l'environnement que les protéines animales,
- 90% pensent que les MPV sont d'aussi bonne voire de meilleure qualité nutritionnelle que les protéines animales,
- et 76% pensent que les MPV sont d'aussi bonne ou de meilleure qualité gustative que les protéines animales.

Par ailleurs, l'une des raisons expliquant la faible part des légumineuses, famille de végétaux riche en protéines végétales, dans notre alimentation est le temps nécessaire à leur cuisson. C'est pourquoi des chercheurs ont travaillé sur de nouveaux produits à base de légumineuses plus rapides à cuisiner (Escalón 2016).

2.6. Protéines végétales et innovation scientifique (Micard *et al.* 2010; Escalón 2016)

Afin d'accroître la part des protéines végétales dans l'alimentation, des chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) ont travaillé sur un projet visant à intégrer des légumineuses dans des produits faciles à cuisiner et qui se conservent bien. Ils ont ainsi mis au point des pâtes alimentaires faites à base de blé et de légumineuses. Cette association d'une céréale et d'une légumineuse a l'avantage, d'une part d'augmenter la teneur en protéines de la pâte comparée à une pâte 100% blé dur, et d'autre part d'apporter la plupart des acides aminés indispensables à l'organisme. Ces pâtes ont été conçues de sorte qu'elles gardent toutes les qualités des légumineuses, à savoir leur richesse en protéines, en minéraux, en fibres et en amidon à digestion lente (tableau 7) (Escalón 2016).

Tableau 7 : comparaison nutritionnelle des pâtes 100% blé dur et des pâtes 65% blé dur – 35% fève (d'après Micard 2013)

Composition des pâtes	Pâte 100% blé dur	Pâte 65% blé dur – 35% fève
	% matière sèche	% matière sèche
Protéines	13,3	18,8
Amidon	77,6	66,0
Lipides	1,7	1,8
Fibres	3,1	4,9
	mg/100g	mg/100g
Vitamine B1	<0,06	0,08
Fer	0,7	1,4
Magnésium	23	31
Phosphore	65	104

Ainsi, les pâtes mixtes sont plus riches en protéines, en fibres, en fer (deux fois plus que des pâtes classiques), en magnésium et en phosphore. Elles sont également plus riches en vitamine B1, dont la déficience est fréquente. Tout comme les pâtes classiques, elles sont pauvres en lipides. Leur indice glycémique est aussi bas que celui d'une pâte 100% blé dur, avec une quantité de glucose rapidement disponible inchangée. En comparaison à une purée de légumineuses, les pâtes mixtes ont l'avantage d'être pauvres en substances risquant de provoquer des flatulences (α -galactosides) (Micard *et al.* 2010). Ces mêmes chercheurs sont ensuite allés plus loin en parvenant à créer des pâtes 100% légumineuses, qui sont deux fois

plus riches en protéines que des pâtes classiques. Ils ont ainsi créé des pâtes à base de lentilles, fèves, haricots, pois chiches, pois et pois cassés.

En dehors des pâtes, on peut voir depuis quelques années que les légumineuses se trouvent dans un nombre croissant de produits. On en retrouve par exemple dans des substituts de viande (qui sont de plus en plus nombreux dans les rayons des supermarchés) ou dans des yaourts. L'offre grandissante de produits à base de protéines végétales pourrait ainsi participer à l'augmentation de la consommation de protéines végétales, qui ne constituent que 30% des protéines consommées en France (Escalón 2016).

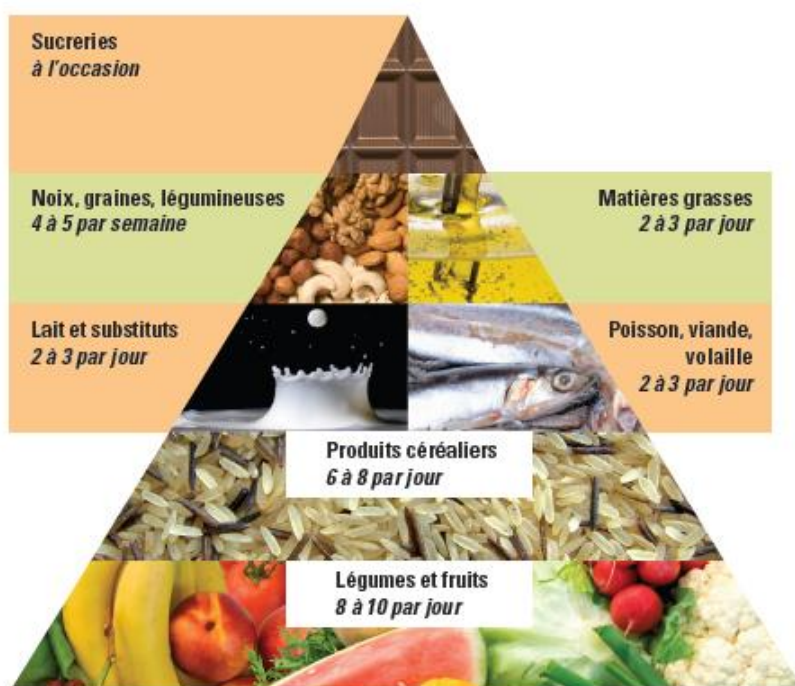
3. INCIDENCE DU REGIME VEGETARIEN SUR LE RISQUE DE MALADIES CARDIOVASCULAIRES

En ce qui concerne le risque cardiovasculaire, il est intéressant de s'intéresser aux sources de protéines puisque les protéines animales se trouvent souvent dans des aliments riches en graisses dont l'apport excessif peut participer à l'apparition d'obésité, de dyslipidémies ou encore de diabète. Au contraire, les protéines végétales sont le plus souvent apportées par des aliments pauvres en graisses et sources de fibres et d'antioxydants. Ainsi nous nous intéressons à l'intérêt pour différents facteurs de risque cardiovasculaires d'un régime végétarien pour lequel l'apport en protéines est majoritairement d'origine végétale par rapport à un régime omnivore pour lequel l'apport en protéines est majoritairement d'origine animale dans les pays développés.

3.1. L'hypertension artérielle

La pression artérielle est corrélée à la mortalité par maladies cardiovasculaires. Une augmentation de 5 mmHg de la pression artérielle diastolique accroît le risque d'accident vasculaire cérébral (AVC) et de maladie coronarienne respectivement de 34% et 21% (MacMahon *et al.* 1990). Les principaux déterminants de l'hypertension artérielle (HTA) liés au régime alimentaire sont l'obésité, une consommation importante d'alcool et de sodium et de faibles apports en potassium (Elliott *et al.* 1989). Des chercheurs américains ont mis au point un régime spécifique, le régime « Dietary Approaches to Stop Hypertension » (DASH) (Appleby *et al.* 2002). Ce régime, associé à une réduction de la consommation de sodium, a montré une efficacité dans la réduction de la pression artérielle, autant chez des individus hypertendus que chez des individus normotendus. Le régime DASH est basé sur une consommation importante de fruits, légumes et produits laitiers à faible teneur en matière grasse, inclut les céréales complètes, les noix, la volaille et le poisson, et ne contient que de petites quantités de viande rouge, de confiseries et de boissons sucrées (Sacks *et al.* 2001). De manière plus concrète, la Société québécoise d'hypertension artérielle propose une pyramide alimentaire avec les catégories et quantités d'aliments à consommer pour suivre le régime DASH (figure 5).

Figure 5 : régime-type DASH (d'après la Société québécoise d'hypertension artérielle)



▶ GUIDE DES PORTIONS

Légumes et fruits = 125 ml légumes frais ou surgelés, 1 tasse laitue ou autres feuillus, 1 fruit moyen, 125 ml fruits frais, surgelés, en conserve, 125 ml jus

Produits céréaliers = 1 tranche de pain, ½ pita ou muffin anglais, 30 g céréales à déjeuner, 125 ml pâtes, riz, orge...

Lait et substituts = 250 ml lait, 175 g yogourt écrémé, 50 g fromage maigre

Poisson, viande, volaille = 100 g poisson, volaille sans peau, viandes maigres parées, 1 oeuf

Noix, graines, légumineuses = 125 ml légumineuses, 85 ml amandes, noix ou arachides non salées

Matières grasses = 5 ml margarine non-hydrogénée, 15 ml vinaigrette maison, 5 ml huile d'olive, canola...

Sucrieries = Confitures, sirop d'érable, chocolat, biscuits, gâteaux, bonbons...

Les portions indiquées correspondent à **un apport de 2 000 calories**.
Le nombre de portions peut varier selon vos besoins énergétiques.

Le régime végétarien présente de grandes similitudes avec le régime DASH. Il suffirait de substituer les portions de poisson, viande et volaille par des aliments végétaux riches en protéines pour obtenir un régime végétarien équilibré.

Une étude anglaise prospective, réalisée chez 11 004 sujets, a comparé la prévalence de l'hypertension artérielle et les niveaux de pression artérielle chez des omnivores, pescovégétariens, ovo-lacto-végétariens et végétaliens (Appleby *et al.* 2002).

La prévalence de l'hypertension artérielle était significativement la plus élevée chez les omnivores et la plus basse chez les végétaliens. Les pesco-végétariens et les ovo-lacto-végétariens présentaient des valeurs intermédiaires (tableau 8).

Tableau 8 : prévalence de l'hypertension artérielle ajustée selon l'âge dans les 4 groupes
(Appleby *et al.* 2002)

	Omnivores	Pesco-végétariens	Ovo-lacto-végétariens	Végétaliens
Prévalence de l'HTA chez les hommes	15,0 %	9,8 %	9,8 %	5,8 %
Prévalence de l'HTA chez les femmes	12,1 %	9,6 %	8,9 %	7,7 %

Chez les sujets ne présentant pas d'hypertension d'artérielle, les valeurs des pressions systolique et diastolique ajustées à l'âge étaient significativement différentes entre les 4 groupes, aussi bien pour les hommes que pour les femmes. Là encore les valeurs étaient les plus élevées chez les omnivores et les plus basses chez les végétaliens (tableau 9).

Tableau 9 : moyenne des pressions artérielles systolique et diastolique ajustées selon l'âge
(Appleby *et al.* 2002)

	Pression artérielle systolique (mmHg)		Pression artérielle diastolique (mmHg)	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
Omnivores	126,6	120,1	78,1	74,0
Pesco-végétariens	125,3	119,0	77,2	72,8
Ovo-lacto-végétariens	125,5	120,0	77,1	73,8
Végétaliens	122,4	117,6	75,3	72,2

Après avoir ajusté les variations de pression artérielle selon l'indice de masse corporelle (IMC), il s'est avéré que la moitié des variations pouvaient être attribuable aux différences d'IMC. Cette étude suggère ainsi que les plus faibles chiffres de pression artérielle observés chez les sujets ne consommant pas de viande pouvaient être en grande partie expliqués par leur plus faible IMC. La réduction de la pression artérielle chez les végétariens pourrait

s'expliquer par des apports relativement bas en graisses saturées, un rapport élevé entre les graisses polyinsaturées et saturées ainsi que par des apports élevés en fibres (Appleby *et al.* 2002).

3.2. Le surpoids et l'obésité

L'augmentation de la prévalence du surpoids et de l'obésité au niveau mondial est associée à une plus grande prévalence des maladies cardiovasculaires, de l'hypertension, du diabète, de l'arthrose et d'autres problèmes de santé. Le surpoids est défini par un IMC supérieur à 25 kg/m² et l'obésité par un IMC supérieur à 30 kg/m² (Berkow et Barnard 2006).

Plusieurs études ont montré que les végétariens avaient un IMC plus bas que les omnivores. Dans une étude menée chez des Adventistes californiens, les végétariens avaient un IMC plus bas que les omnivores. L'augmentation de l'IMC était associée de façon significative à l'augmentation de la fréquence de consommation de viande. L'IMC moyen des hommes était en moyenne de 24,3 kg/m² chez les végétariens, de 25,2 kg/m² chez les semi-végétariens et de 26,2 kg/m² chez les non-végétariens. L'IMC moyen des femmes était de 23,7 kg/m² chez les végétariennes, de 24,8 kg/m² chez les semi-végétariennes et de 25,9 kg/m² chez les non-végétariennes. Ces moyennes ont été calculées pour les sujets âgés de 45 à 64 ans mais les autres âges montraient des tendances similaires (Fraser 1999). Une autre étude menée chez des Adventistes de la Barbade a montré que le nombre d'obèses était 70% plus bas chez les végétariens suivant ce régime depuis plus de 5 ans que chez les omnivores. Les végétariens suivant ce régime depuis moins de 5 ans montraient un IMC comparable à celui des omnivores (Brathwaite *et al.* 2003). Les valeurs d'IMC plus faibles chez les végétariens pourraient s'expliquer par leur plus grande consommation d'aliments peu caloriques et riches en fibres tels que les fruits et légumes (Craig et Mangels 2009).

3.3. L'athérosclérose

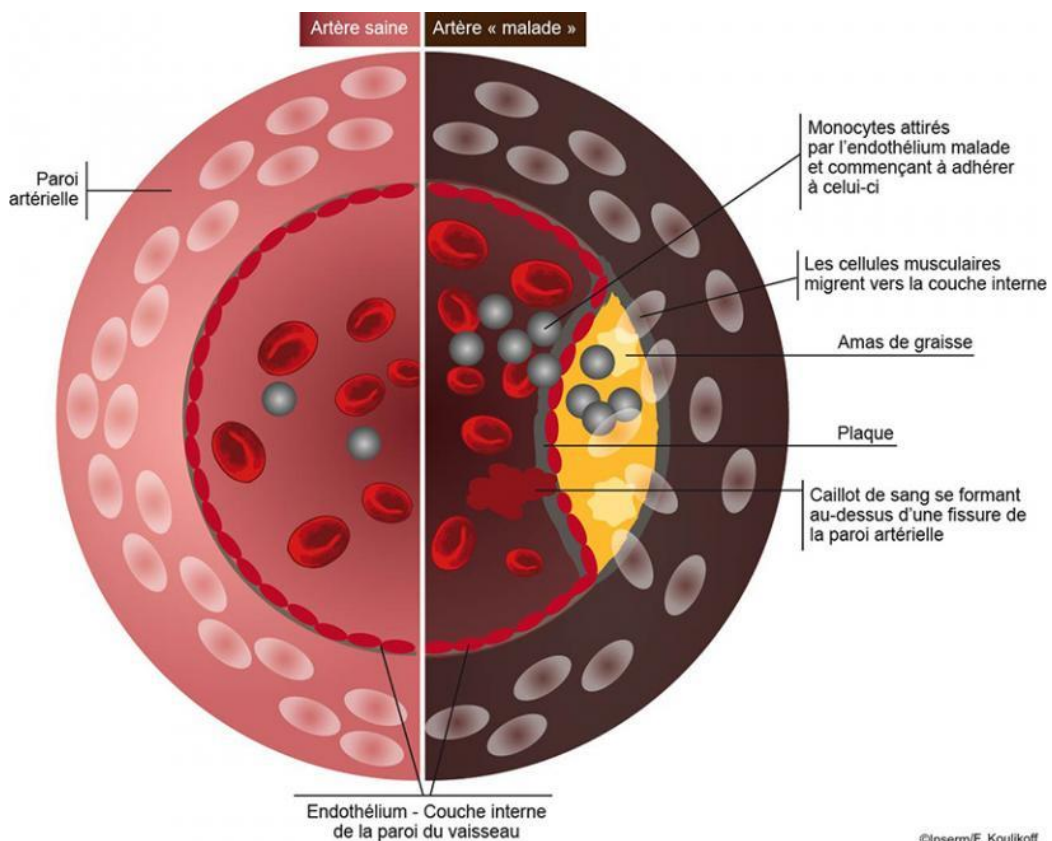
Le profil lipidique est une autre notion importante lorsqu'on parle de risques de maladies cardiovasculaires car les lipides, et en particulier le cholestérol, jouent un rôle essentiel dans le développement de la plaque d'athérome, phénomène à l'origine de la plupart des maladies cardiovasculaires et principales causes de mortalité dans les pays occidentalisés (Bonnet 2005). Après un rappel sur l'athérosclérose et le rôle que jouent les lipides dans cette

pathologie, nous expliquerons comment le régime végétarien peut influencer sur le profil lipidique.

3.3.1. Rappels physiopathologiques (Bonnet 2005; Inserm 2014)

L'athérosclérose est une pathologie inflammatoire chronique des artères. Elle est liée à l'interaction entre les lipoprotéines modifiées, les cellules inflammatoires, macrophages dérivés des monocytes circulants et lymphocytes T, et les cellules de la paroi artérielle. Cette inflammation chronique est à l'origine d'un processus cicatriciel de la paroi artérielle aboutissant à la formation de lésions complexes (figure 6).

Figure 6 : coupe schématique d'une artère saine et d'une artère présentant une lésion athéroscléreuse (d'après INSERM/F. Koulikoff)



Ces lésions se développent sur les artères de gros et moyens calibres, par une infiltration localisée de lipides ayant subi un phénomène d'oxydation et de monocytes se différenciant en macrophages sous un endothélium présentant une fonction de protection altérée. Ensuite, une réaction diffuse de la paroi aboutit à l'épaississement de l'intima (tunique interne de la paroi artérielle) et à la formation de lésions fibro-athéromateuses. Si la majorité de ces lésions sont stables dans le temps rendant la pathologie asymptomatique, malheureusement il arrive qu'une lésion se complique par une érosion ou une rupture de la plaque. Des plaquettes sanguines s'agrègent alors aux fibres et aux lipides accumulés dans la plaque, processus à l'origine d'une thrombose artérielle qui peut aboutir à l'obstruction totale du vaisseau, conduisant à des événements cliniques majeurs dont les principaux sont :

- L'infarctus du myocarde lorsque la lésion d'athérosclérose se situe au niveau coronarien
- L'accident vasculaire cérébral ischémique lorsque la lésion se situe au niveau d'une carotide
- L'artérite oblitérante des membres inférieurs lorsque la lésion se situe dans une artère des membres inférieurs

La diffusion du processus athéroscléreux sur de nombreux territoires artériels peut être à l'origine d'autres pathologies comme les embolies périphériques. Elles peuvent être de deux types. On distingue les embolies cruoriques causées par la formation d'un thrombus à la surface d'une plaque compliquée et les embolies de cholestérol causées par la fissuration profonde d'une plaque qui entraîne le déversement de son contenu dans la circulation sanguine, susceptible de migrer et d'obstruer des artères plus petites. De nombreux territoires peuvent être touchés, comme la peau, le tube digestif, les membres inférieurs ou les reins. L'athérosclérose est aussi impliquée dans le développement des anévrismes.

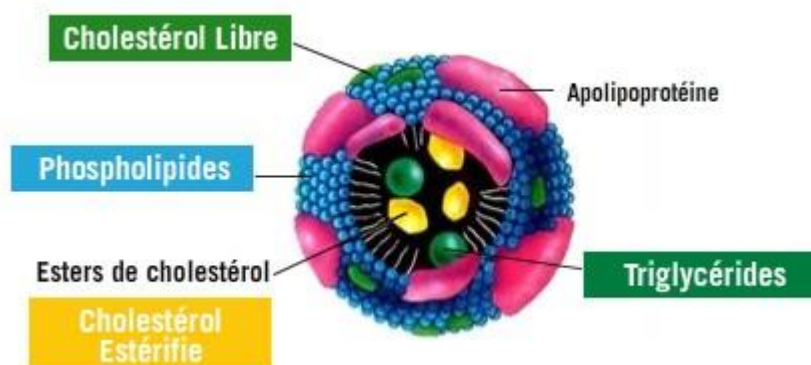
3.3.2. Rôle des lipides dans l'athérosclérose (Bonnet 2005; Saïle et Taki 2007)

Les lipides, dont le cholestérol, sont une famille de molécules hydrophobes, c'est pourquoi ils sont insolubles dans les milieux biologiques aqueux. Ainsi, ils ne peuvent circuler dans l'organisme que sous forme d'édifices macromoléculaires complexes, les lipoprotéines, qui sont des molécules sphériques, de taille et de composition variables, formées d'un corps lipidique hydrophobe composé essentiellement de triglycérides et d'esters de cholestérol,

entourées d'une couche de lipides polaires constituée de phospholipides et de cholestérol sous forme libre. A la surface des lipoprotéines se trouvent des protéines spécifiques, les apolipoprotéines, qui assurent la stabilité des lipoprotéines en contrôlant leur devenir métabolique (figure 7).

Figure 7 : structure d'une lipoprotéine

(source : <http://www.effi-science.com/lipamine-cholesterol/cholesterol>)



Au cours de leur métabolisme, les lipides sont transportés dans différents types de lipoprotéines. Tout d'abord, une fois absorbés au niveau intestinal, les lipides du bol alimentaire sont sécrétés dans la lymphe puis dans la circulation sanguine sous forme de chylomicrons. Soumis à l'hydrolyse de la lipoprotéine lipase endothéliale des capillaires sanguins, les chylomicrons génèrent des particules résiduelles appelées « chylomicrons remnants » qui seront captées par les hépatocytes. Dans les hépatocytes, le cholestérol est intégré dans de nouvelles lipoprotéines, les VLDL (very low density lipoprotein), ou excrété dans les canalicules biliaires. Les VLDL synthétisées et sécrétées par le foie transportent les lipides vers les tissus périphériques. Les VLDL subissent à leur tour une action lipolytique d'hydrolyse des triglycérides par la lipoprotéine lipase endothéliale et la lipoprotéine lipase hépatique. Ce processus aboutit à la formation de particules résiduelles, les IDL (intermediate density lipoprotein) et les LDL (low density protein). Les VLDL, IDL et LDL peuvent être reconnues par des récepteurs cellulaires via leurs apolipoprotéines, et ainsi être internalisées par les cellules. Une fois dans les cellules, le cholestérol des lipoprotéines est libéré pour induire trois actions de régulation au niveau cellulaire :

- La diminution de la synthèse de novo de cholestérol par la rétrorégulation de l'hydroxyméthylglutaryl-coenzyme A réductase
- L'augmentation de l'estérification et du stockage du cholestérol

- La diminution de la synthèse des récepteurs des LDL

Si les tissus périphériques ont la capacité d'acquérir le cholestérol par synthèse endogène ou par endocytose et hydrolyse des lipoprotéines, ils sont en revanche incapables de le cataboliser. Seul le foie a la possibilité d'éliminer le cholestérol excédentaire. Mais pour cela, il faut que le cholestérol soit ramené au niveau du foie. C'est le rôle des HDL (high density lipoprotein), qui constituent la voie de retour du cholestérol. En transportant le cholestérol au foie pour son élimination, les HDL ont donc une action métabolique antiathérogène, à l'inverse des LDL qui sont impliquées dans la formation des lésions athéromateuses. En effet, ces lésions se forment lorsque des LDL diffusent dans la paroi vasculaire et subissent des réactions oxydatives. Les LDL faiblement oxydées ont alors des propriétés pro-inflammatoires, permettant aux monocytes circulants d'adhérer à la paroi vasculaire et de se différencier en macrophages résidents qui vont à leur tour maintenir un état d'inflammation chronique dans la lésion. Les LDL continuent à subir des modifications et sont transformées en LDL fortement oxydées qui sont reconnues par les macrophages. Les macrophages, en accumulant ainsi des lipides, se transforment en cellules spumeuses, à l'origine du processus d'athérosclérose.

3.3.3. Effets du régime végétarien sur le profil lipidique

3.3.3.1. Effets sur les lipides endogènes

Dans une revue publiée en 2009 dans le journal américain de cardiologie, des chercheurs se sont appuyés sur les résultats de 27 études (13 études observationnelles et 14 essais contrôlés randomisés) pour analyser les effets de régimes végétaux sur les lipides sanguins (Ferdowsian et Barnard 2009). Dans cette revue, on distingue quatre régimes différents :

- Le régime ovo-lacto-végétarien
- Le régime végétal primaire : similaire au régime ovo-lacto-végétarien, ce régime inclut cependant la consommation de petites quantités de viande maigre
- Le régime végétalien
- Le régime complémentaire : régime végétarien avec une supplémentation de fibres, soja et noix

Les études analysées suggèrent que plus la consommation de produits d'origine animale est réduite, plus la diminution des lipides sanguins est importante. En comparaison aux valeurs de base, le régime végétal primaire et le régime ovo-lacto-végétarien sont associés à une baisse du cholestérol total et du LDL-cholestérol de 10 à 15%, le régime végétalien est associé à une baisse de 15 à 25% et le régime complémentaire est associé à une baisse d'environ 20 à 35%. Comme toutes les fractions de cholestérol, le HDL-cholestérol est aussi plus bas chez les végétariens que chez les non-végétariens. On pourrait en déduire que la baisse du HDL-cholestérol a un impact négatif sur le risque cardiovasculaire, or plusieurs études analysant le risque de mortalité d'individus suivant un régime végétarien pauvre en matières grasses suggèrent que la baisse du HDL-cholestérol induite par ce régime n'augmente pas le risque cardiovasculaire (Ferdowsian et Barnard 2009).

Concernant les triglycérides, différentes études randomisées montrent des effets variés. S'il semble que les régimes riches en glucides raffinés soient liés à une augmentation du taux de triglycérides sanguins, les régimes riches en fibres et pauvres en aliments ayant un indice glycémique élevé auraient l'effet inverse (Jenkins *et al.* 1987; Ferdowsian et Barnard 2009).

Plusieurs mécanismes expliqueraient que les régimes végétaux diminuent la cholestérolémie. D'une part, la plupart des régimes à base de végétaux présentent des apports faibles en acides gras saturés et en cholestérol. D'autre part, ces régimes seraient particulièrement riches en fibres, phytostérols et flavonoïdes. Ces composants, que l'on trouve principalement dans les céréales complètes, les fruits et les légumes, ont un effet sur le cholestérol par différents mécanismes. L'apport de fibres et de phytostérols permet de diminuer l'absorption du cholestérol et d'augmenter son élimination. L'apport de soja peut aussi diminuer le risque cardiovasculaire en augmentant la résistance à l'oxydation du LDL-cholestérol et en inhibant la formation de thrombus grâce aux isoflavones (génistéine et daidzéine) qu'il contient (Ferdowsian et Barnard 2009).

Une étude sud-coréenne a aussi évalué l'effet du régime végétarien sur la cholestérolémie (Kim *et al.* 2012). C'est une étude observationnelle comprenant 45 végétariens (précisément 10 végétaliens et 35 ovo-lacto-végétariens) et 30 omnivores qui suivent leur régime respectif depuis au moins 15 ans. Les participants ont répondu à un questionnaire de fréquence alimentaire et des bilans lipidiques ont été réalisés. Les végétariens avaient des apports en glucides significativement plus élevés et des apports en lipides significativement plus bas

que les omnivores. Les apports en protéines étaient légèrement plus élevés chez les végétariens, mais cette différence n'était pas significative (tableau 10) (Kim *et al.* 2012).

Tableau 10 : apports en macronutriments chez les individus végétariens et omnivores (Kim *et al.* 2012)

	Glucides	Protéines	Lipides
Végétariens	66,1 %	18,6 %	15,3 %
Omnivores	58,3 %	16,6 %	25,1 %

Dans le bilan sanguin réalisé pour l'étude, on observe des concentrations en cholestérol total et en LDL-cholestérol significativement plus basses chez les végétariens par rapport aux omnivores. Par contre, les valeurs du HDL-cholestérol et des triglycérides ne diffèrent pas significativement entre les deux groupes (tableau 11).

Tableau 11 : profil lipidique des végétariens et des omnivores (Kim *et al.* 2012)

Variables	Végétariens (mg/dL)	Omnivores (mg/dL)	Valeurs usuelles indicatives (mg/dL)
Cholestérol total	174 ± 31	193 ± 38	160-200
LDL-cholestérol	101 ± 24	121 ± 35	< 160
HDL-cholestérol	48 ± 9	50 ± 10	> 40
Triglycérides	132 ± 80	111 ± 53	35 – 150

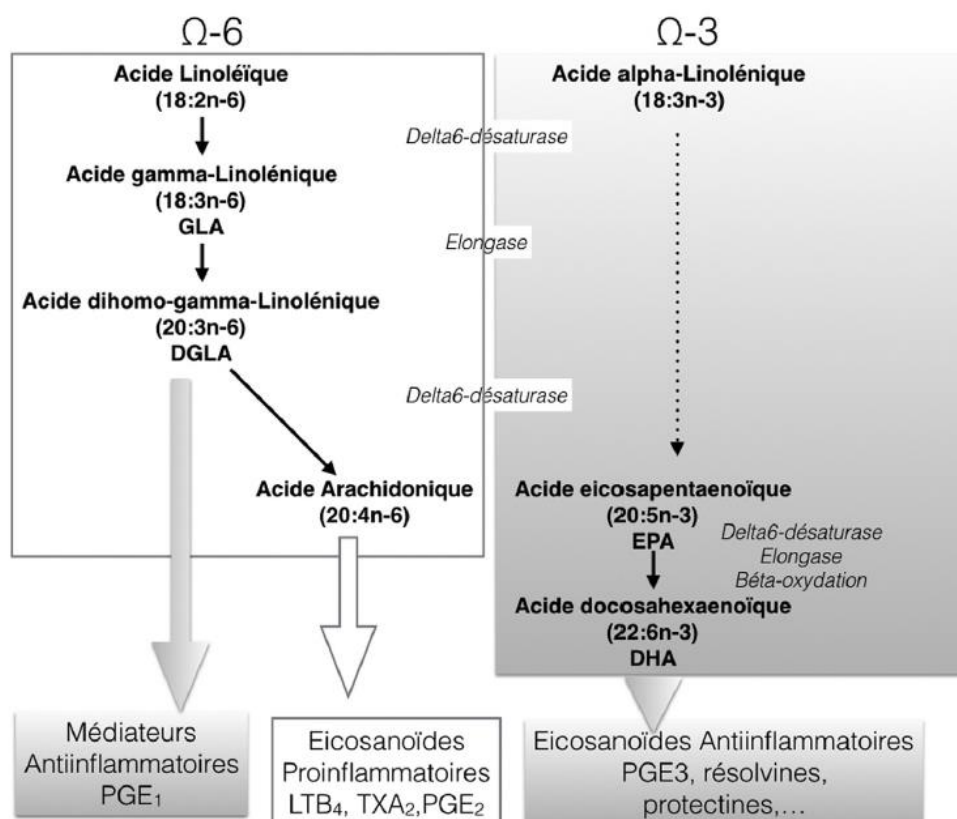
Les particules de LDL-cholestérol ayant un rôle important dans l'initiation du processus d'athérosclérose, le régime végétarien aurait un effet bénéfique sur le risque d'athérosclérose en diminuant le taux sanguin de LDL-cholestérol.

3.3.3.2. Effets des lipides contenus dans le régime végétarien

Certains acides gras polyinsaturés ont un effet protecteur au niveau cardiovasculaire. L'acide linoléique (LA, $\omega 6$) et l'acide α -linoléique (ALA, $\omega 3$) sont des acides gras essentiels car le corps humain est incapable de les synthétiser. Dans l'organisme, par l'action de plusieurs enzymes, l'acide linoléique peut donner l'acide arachidonique (ARA, $\omega 6$) et l'acide α -

linoléique peut donner l'acide eicosapentaénoïque (EPA, ω 3) puis l'acide docosahexaénoïque (DHA, ω 3) (figure 8) (Fraipont et Preiser 2017).

Figure 8 : Principales étapes de transformation des acides gras oméga 6 et oméga 3
(Fraipont et Preiser 2017)



Les acides gras oméga 6 et oméga 3 ont des effets opposés sur les fonctions métaboliques du corps humain. L'ARA a des effets pro-inflammatoires en produisant des éicosanoïdes pro-inflammatoires (leucotriène B4, thromboxane A2 et prostaglandine E2) tandis que l'EPA et le DHA ont des effets anti-inflammatoires en produisant des éicosanoïdes anti-inflammatoires (prostaglandine E3, résolvines, protectines) (figure 8). Les acides gras oméga 3 pourraient ainsi avoir un rôle protecteur vis-à-vis de l'athérosclérose qui présente une forte composante inflammatoire, ainsi que vis-à-vis d'autres maladies telles que les cancers (Saini et Keum 2018). Le seul acide gras oméga 3 présent en quantité importante dans les végétaux est l'ALA. Il est naturellement présent en quantités significatives dans les graines de lin, de chanvre, de chia, les noix, le colza et leurs huiles et dans certaines algues. L'apport en EPA et DHA par les végétaux est par contre nul. L'EPA et le DHA peuvent être synthétisés à partir de l'ALA, mais cette synthèse est limitée et influencée par le régime alimentaire. En effet, des apports élevés en acide linoléique, des apports insuffisants en énergie, protéines,

pyridoxine (vitamine B6), biotine (vitamine B8), calcium, cuivre, magnésium et zinc, et des apports excessifs en alcool et en acides gras trans peuvent diminuer la synthèse d'EPA et de DHA (Agnoli *et al.* 2017). Ainsi un apport exogène suffisant en EPA et DHA est souhaitable pour la santé cardiovasculaire. Le poisson et l'huile de poisson sont les aliments qui contiennent le plus d'EPA et de DHA. L'huile de saumon présente les taux les plus élevés avec 13 g d'EPA et 18 g de DHA pour 100 g. Les viandes en contiennent également, mais en quantité plus faible. Par exemple, on trouve 0,11 g d'EPA et 0,04 g de DHA pour 100 g de foie de bœuf cru (Saini et Keum 2018). Les végétariens ne consommant pas de poisson ont tendance à avoir des taux d'acides gras oméga 3, et notamment d'EPA et de DHA, plus faibles que les omnivores. De façon générale dans les pays occidentaux, le ratio $\omega 6/\omega 3$ n'est pas optimal, se situant entre 15/1 et 17/1 (Simopoulos 2006) alors que l'ANSES recommande un ratio de 4/1 (ANSES 2017). Selon plusieurs études, ce ratio serait plus élevé chez les végétariens que chez les omnivores (Agnoli *et al.* 2017). Il est recommandé aux végétariens d'avoir de bonnes sources d'ALA et de limiter la consommation d'acide linoléique et d'acides gras trans. Afin de favoriser la conversion de l'ALA en EPA et DHA, il leur est conseillé d'avoir un régime varié apportant suffisamment de protéines, pyridoxine, biotine, calcium, cuivre, magnésium et zinc, cofacteurs de la voie de synthèse des acides gras à chaîne longue (Craig et Mangels 2009; Agnoli *et al.* 2017).

Par ailleurs, la teneur élevée en acides gras insaturés et la faible teneur en acides gras saturés d'un régime végétal équilibré auraient aussi un impact positif sur le risque cardiovasculaire en améliorant le profil lipidique sanguin et par les potentiels effets anti-inflammatoires des acides gras insaturés. Remplacer les acides gras saturés par des acides gras insaturés pourrait aussi améliorer la sensibilité à l'insuline et prévenir le diabète de type 2, possiblement en modifiant la composition en acides gras de la membrane cellulaire et, par conséquent, la fonction de la membrane cellulaire, en modérant l'expression des gènes et l'activité enzymatique, et en agissant comme médiateurs de la réponse inflammatoire (Satija et Hu 2018).

3.4. Le diabète de type 2

3.4.1. Le risque de maladies cardiovasculaires chez le diabétique de type 2

Parmi les nombreuses complications du diabète se trouvent les maladies cardiovasculaires. Les patients diabétiques présentent en effet un risque accru d'événements cardiovasculaires

thrombotiques. Bien que cela s'explique en partie par son association fréquente à d'autres facteurs de risque cardiovasculaires comme les dyslipidémies, l'hypertension artérielle et l'insuffisance rénale, le diabète générerait spécifiquement un milieu prothrombotique, caractérisé par une dysfonction endothéliale, des modifications dans la coagulation et la fibrinolyse et une hyperréactivité plaquettaire (Picard *et al.* 2017). La prévention cardiovasculaire est la préoccupation principale des sujets atteints de diabète de type 2 (DT2), sachant que trois quarts d'entre eux décéderont d'une cause cardiovasculaire (la moitié d'un infarctus du myocarde) (Pillon *et al.* 2014). Le diabète augmente le risque de pathologies cardiovasculaires comme suit :

- Le risque coronarien est multiplié par 2 à 4
- Le risque d'accident vasculaire cérébral ischémique est multiplié par 1,5 à 2
- Le risque d'artériopathie oblitérante des membres inférieurs est multiplié par 5 à 10
- Le risque de décès par accident vasculaire cérébral et infarctus du myocarde est multiplié par 2 environ (Pillon *et al.* 2014)

3.4.2. Effets du régime végétarien sur le diabète de type 2

Une étude longitudinale menée chez 60 903 Adventistes du Septième Jour au Canada et aux Etats-Unis a montré une prévalence plus faible du diabète de type 2 chez les personnes suivant un régime à base de végétaux (RBV) que chez les non-végétariens. Les régimes à base de végétaux sont définis comme des régimes encourageant la consommation d'aliments végétaux et déconseillant les viandes, produits laitiers et œufs, ainsi que les aliments raffinés et transformés. Au début de l'étude, la prévalence du DT2 était de 2,9% pour les végétaliens, 3,2% pour les ovo-lacto-végétariens, 4,8% pour les pesco-végétariens, 6,1% pour les semi-végétariens et 7,6% pour les non-végétariens. Afin de comparer le risque d'avoir un DT2 dans les différents régimes, l'odds ratio (OR) pour la prévalence du DT2 au début de l'étude a été calculé après ajustement de différents paramètres (le sexe, l'âge, l'ethnicité, l'éducation, les revenus, l'activité physique, les habitudes de sommeil, l'IMC, la consommation d'alcool), en prenant comme référence le régime non-végétarien pour lequel l'OR = 1 (Tonstad *et al.* 2009) :

- Pour le régime végétalien : OR = 0,51 ; 95% ; CI : 0,40-0,66

- Pour le régime ovo-lacto-végétarien : OR = 0,54 ; 95% ; CI : 0,49-0,60
- Pour le régime pesco-végétarien : OR = 0,70 ; 95% ; CI : 0,61-0,80
- Pour le régime semi-végétarien : OR = 0,76 ; 95% ; CI : 0,65-0,90

On note donc que plus le régime exclut les produits d'origine animale, plus l'OR est bas, et donc plus la prévalence du DT2 diminue.

La faible incidence de variables confondantes telles que la consommation d'alcool et de tabac et l'usage de drogues illicites chez les Adventistes est intéressante puisqu'elle permet de fournir des valeurs plus fiables sur l'association entre le régime alimentaire et la prévalence du DT2 (Tonstad *et al.* 2009).

La même évaluation a été renouvelée deux ans plus tard chez les sujets qui ne présentaient pas de diabète au début de l'étude. On trouve encore un risque plus faible de développer un DT2 chez les personnes suivant un RBV que chez les non-végétariens. Cette fois, l'OR diminue dans l'ordre suivant (Tonstad *et al.* 2013) :

- Régime pesco-végétarien : OR = 0,79 ; 95% ; CI : 0,58-1,09
- Régime ovo-lacto-végétarien : OR = 0,62 ; 95% ; CI : 0,50-0,76
- Régime semi-végétarien : OR = 0,49 ; 95% ; CI : 0,31-0,76
- Régime végétalien : OR = 0,38 ; 95% ; CI : 0,24-0,62

Une autre étude prospective incluant 8 401 membres de l'église Adventiste de Californie n'ayant pas de diabète au début de l'étude a montré des résultats similaires. Après une période d'observation de 17 ans, le risque de développer un diabète a été calculé et était significativement plus élevé de 29% chez les personnes consommant de la viande (au moins une fois par semaine) que chez les végétariens. Par ailleurs, le risque de développer un diabète était 38% plus élevé chez les sujets consommant de la viande transformée que chez ceux n'en consommant pas (Vang *et al.* 2008).

Dans une autre étude transversale randomisée réalisée en Chine, la glycémie à jeun a été mesurée chez 169 hommes végétariens et 126 hommes omnivores âgés de 21 à 76 ans. Les végétariens avaient une glycémie à jeun significativement plus basse (4,72 mmol/L \pm 0,68 vs 5,06 mmol/L \pm 0,69 ; $p < 0,001$) (Yang *et al.* 2012).

Les régimes à base de végétaux semblent aussi apporter des bénéfices dans la gestion du diabète. Une étude randomisée incluant 11 sujets présentant un DT2 séparés en deux groupes, l'un suivant un régime végétalien pauvre en lipides et l'autre suivant un régime conventionnel pauvre en lipides. Après 12 semaines d'étude, la diminution de la glycémie à jeun était significativement plus élevée chez les sujets ayant suivi le régime végétalien (-28% vs -12% ; $p < 0,005$). Le traitement oral hypoglycémiant a été interrompu chez 1 sujet et réduit chez 2 sujets du groupe végétalien, alors qu'aucun changement dans le contrôle glycémique chez les participants du groupe conventionnel n'a justifié de réduire leur traitement (Nicholson *et al.* 1999).

Une autre étude randomisée contrôlée conduite sur 74 semaines a analysé les effets d'un régime végétalien par rapport à un régime de diabète conventionnel chez 99 adultes atteints d'un DT2 traités par des médicaments antihyperglycémiant depuis au moins 6 mois. Les patients suivant le régime végétalien étaient plus susceptibles de pouvoir diminuer la posologie de leur traitement que les patients du groupe conventionnel. Des analyses sanguines avant les changements de traitement ont été effectuées, et il est apparu qu'à la fin de l'étude l'évolution de l'hémoglobine glyquée était de -0,4% dans le groupe végétalien et de +0,01% dans le groupe conventionnel (Barnard *et al.* 2009).

Les effets bénéfiques des régimes à base de végétaux sur le diabète pourraient s'expliquer par la plus grande consommation de fibres, de sources de protéines végétales, d'antioxydants et de stérols végétaux et la plus faible consommation d'acides gras saturés. En se basant sur les résultats de ces différentes études, l'Association canadienne du diabète a intégré les RBV aux modèles de consommation alimentaire à suivre lors de la thérapie nutritionnelle médicale des patients souffrant de DT2 (Rinaldi *et al.* 2016).

3.5. Les apports en antioxydants

Le système de défense antioxydant de l'organisme est basé sur des antioxydants endogènes et exogènes qui ont une action complémentaire au niveau moléculaire pour protéger les membranes des cellules, les lipoprotéines et l'ADN de leur dégradation par les radicaux libres oxygénés. Les antioxydants endogènes sont des enzymes produites par l'organisme tandis que les antioxydants exogènes doivent être apportés par l'alimentation. Les antioxydants exogènes peuvent être séparés en plusieurs groupes (Rauma et Mykkänen 2000) :

- Les vitamines et provitamines, telles que la vitamine C (acide ascorbique), la vitamine E (α -tocophérol) et le β -carotène, qui réagissent directement avec les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène. On trouve principalement ces vitamines dans des végétaux.
- Les vitamines qui sont des cofacteurs de l'action des enzymes antioxydantes, telles que les vitamines B₁, B₂, B₆ et B₁₂.
- Les minéraux, qui sont également des cofacteurs des enzymes antioxydantes ; le cuivre et le zinc dans le rôle de cofacteur de la superoxyde dismutase cytosolique, le manganèse dans celui de la superoxyde dismutase mitochondriale et le sélénium dans celui de la glutathion peroxydase.
- En complément des nutriments antioxydants, l'alimentation peut apporter d'autres substances ayant une activité antioxydante. C'est le cas des polyphénols et des glucosinolates que l'on trouve dans des végétaux.

Un régime végétarien équilibré est basé sur une consommation importante de végétaux tels que les fruits, légumes, céréales et noix. De ce fait, les végétariens auraient des apports plus importants en vitamines antioxydantes que les omnivores (Rauma et Mykkänen 2000). Plusieurs études ont comparé les concentrations plasmatiques en antioxydants des végétariens et des omnivores. Il apparaît que les végétariens ont une concentration plasmatique moyenne en vitamine C significativement supérieure à celle des omnivores :

- Dans une étude comparative comprenant 106 sujets (37 végétariens et 69 omnivores), la concentration moyenne de vitamine C était respectivement de 88,1 $\mu\text{mol/L}$ et 79,1 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes et chez les hommes végétariens (comprenant des ovo-lacto-végétariens, lacto-végétariens et végétaliens) et respectivement de 83 $\mu\text{mol/L}$ et 65,9 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes et les hommes omnivores (Millet *et al.* 1989).
- Dans une autre étude comparative comprenant 142 sujets (67 végétariens et 75 omnivores), la concentration moyenne en vitamine C était respectivement de 63,4 $\mu\text{mol/L}$ et de 59,6 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes et les hommes végétariens (incluant des ovo-lacto-végétariens et des lacto-végétariens) et respectivement de 54,6 $\mu\text{mol/L}$ et de 44,7 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes et les hommes omnivores (Krajcovicová-Kudláčková *et al.* 1995).

- Enfin, dans une autre étude comparative s'intéressant aux végétaliens, incluant 20 végétaliens et 20 omnivores, la concentration moyenne en vitamine C était respectivement de 67 $\mu\text{mol/L}$ et de 58 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes végétaliennes et les femmes omnivores (Rauma *et al.* 1995).

Les résultats étaient similaires pour la vitamine E. Une part importante de la vitamine E est transportée dans les LDL, ainsi un rapport α -tocophérol/cholestérol plus élevé indique une meilleure protection des LDL vis-à-vis de l'oxydation. D'après la littérature, ce rapport est significativement plus élevé chez les végétariens que chez les omnivores :

- Dans l'étude de Rauma *et al.*, le ratio vitamine E/cholestérol ($\mu\text{mol}/\text{mmol}$) était respectivement de 6,2 et de 5,0 chez les femmes végétaliennes et les femmes omnivores.
- Dans l'étude de Krajcovicová-Kudlácková *et al.*, ce ratio était respectivement de 6,6 et de 6,2 chez les femmes et les hommes végétariens (incluant des ovo-lacto-végétariens et des lacto-végétariens) et respectivement de 6,1 et 5,4 chez les femmes et les hommes omnivores.

Les végétariens montraient aussi une concentration plasmatique significativement plus élevée en β -carotène que les omnivores, avec des valeurs situées entre 0,46 et 2,94 $\mu\text{mol/L}$ pour les végétariens et entre 0,23 et 1,12 $\mu\text{mol/L}$ pour les omnivores (Rauma et Mykkänen 2000).

Si les végétariens ont globalement des apports plus élevés en vitamines antioxydantes, ils auraient au contraire des apports plus faibles en zinc, mais des apports plus élevés en cuivre (Rauma et Mykkänen 2000). La biodisponibilité du zinc des végétaux est réduite du fait de la présence de phytates. En se liant au zinc, les phytates ont un effet inhibiteur sur son absorption. Elle pourrait cependant être améliorée par différentes méthodes de préparation des aliments tels que le trempage, la germination et la fermentation (Gibson 1994). Quant au sélénium, les apports seraient comparables entre les végétariens et les omnivores (Rauma et Mykkänen 2000).

Les aliments végétaux tels que les fruits, légumes, céréales et noix sont aussi riches en polyphénols, composés bioactifs naturels produits par les plantes en tant que métabolites secondaires essentiels à la physiologie végétale. Les polyphénols regroupent différents composants classés en quatre grandes familles selon leur structure chimique, qui

représentent la plupart des polyphénols présents dans l'alimentation humaine : les flavonoïdes, les lignanes, les acides phénoliques et les stilbènes. La capacité antioxydante des polyphénols est en grande partie expliquée par leur rôle dans le piégeage et la neutralisation des espèces libres de l'oxygène et de l'azote. Leur effet protecteur contre le stress oxydatif a été démontré *in vitro* (Tangney et Rasmussen 2013). Leur capacité antioxydante, potentiellement associée à leur capacité à moduler la production de monoxyde d'azote, permet aux composés polyphénoliques d'aider à maintenir l'homéostasie vasculaire. Les polyphénols peuvent également contribuer à la diminution du risque cardiovasculaire grâce à leurs rôles dans l'inhibition de l'agrégation plaquettaire, la réduction de l'inflammation vasculaire, la modulation des processus apoptotiques, la limitation de l'oxydation des particules LDL et l'amélioration du profil lipidique. Comme nous l'avons vu, un régime sain à base de plantes présente une grande richesse en de nombreux micronutriments antioxydants tels que les vitamines C et E et le bêta-carotène. Ce régime est également riche en potassium qui réduit la tension artérielle et le risque d'AVC grâce à ses effets bénéfiques sur la fonction endothéliale et l'homéostasie vasculaire (Satija et Hu 2018).

Le magnésium est un autre minéral que l'on retrouve dans des aliments d'origine végétale. Parmi les aliments les plus riches en magnésium, on peut citer les céréales complètes, les épinards, les noix et les légumineuses. Le magnésium est associé à une amélioration de la santé cardiovasculaire grâce à ses effets sur le métabolisme du glucose et la sensibilité à l'insuline (par une action sur le transporteur GLUT4 du glucose et sur l'activité tyrosine kinase des récepteurs à l'insuline) et à ses propriétés anti-inflammatoires, vasodilatatrices et anti-arythmiques (Volpe 2013).

Par ailleurs, le régime végétarien permet d'éviter la consommation de plusieurs éléments abondants dans les aliments d'origine animale qui ont été associés à un risque accru de maladies cardiovasculaires. Par exemple, le fer héminique, présent principalement dans la viande rouge, la volaille et les fruits de mer, a été associé à un risque plus élevé de maladies cardiovasculaires dans plusieurs études de cohortes prospectives (A *et al.* 2005; Qi *et al.* 2007; Otto *et al.* 2012). L'hypothèse est que le potentiel oxydatif du fer résultant du stress oxydatif et de la production d'espèces réactives de l'oxygène, conjugué à l'absorption et à la biodisponibilité plus élevées du fer héminique, pourrait jouer un rôle dans cette association (Satija et Hu 2018). D'autres nutriments utilisés pour préserver les viandes transformées, comme le sodium, les nitrates et les nitrites, pourraient également augmenter le risque de

pathologies cardiovasculaires, en raison de l'augmentation de la tension artérielle, de l'altération de la réponse insulínique et de la dysfonction endothéliale (Satija et Hu 2018).

3.6. Les apports en fibres

Un régime végétal équilibré est riche en fibres, qui sont des substances qui réduisent l'apport énergétique en provoquant des signes de satiété tels qu'une augmentation de la distension gastrique, probablement causée par une augmentation de la mastication des aliments contenant des fibres, et par la formation de gel due à l'absorption d'eau par les fibres solubles. La formation de gel visqueux par les fibres solubles permet également de retarder la vidange gastrique et de prolonger l'absorption des nutriments, favorisant davantage la satiété et modérant les réponses insulíniques et glycémiques postprandiales. L'apport de fibres permettrait également de diminuer l'absorption des lipides dont le cholestérol, de diminuer la synthèse de cholestérol, d'augmenter la synthèse des acides biliaires et de diminuer leur absorption (Satija et Hu 2018).

Par ailleurs, des études se sont intéressées au lien existant entre la consommation de fibres et la concentration sérique de la protéine réactive C (CRP). La CRP est un marqueur de l'inflammation reconnu comme étant un bon indicateur de future maladie cardiovasculaire. Dans ces études, la consommation de fibres était inversement associée à la concentration sérique de la CRP. En effet, le résultat d'une étude est que la probabilité d'avoir une concentration en CRP élevée (supérieure à 3 mg/L) était de 63% plus faible chez les participants du quartile supérieur de l'apport total en fibres que chez les participants du quartile inférieur (Ma *et al.* 2006). Dans une autre étude, cette probabilité était de 51% plus faible chez les participants du quintile supérieur de l'apport en fibres que chez les participants du quintile inférieur (Ajani *et al.* 2004).

Les mécanismes par lesquels la consommation de fibres réduirait le risque de maladies cardiovasculaires ne sont pas totalement connus, mais cela pourrait s'expliquer en plus de l'effet hypocholestérolémiant décrit ci-dessus, par un effet sur la glycémie et l'action de l'insuline, un effet hypotenseur, un effet sur la régulation de la masse corporelle et un effet sur la fibrinolyse (Ajani *et al.* 2004; Ma *et al.* 2006).

3.7. Effets du régime végétarien sur le microbiote intestinal

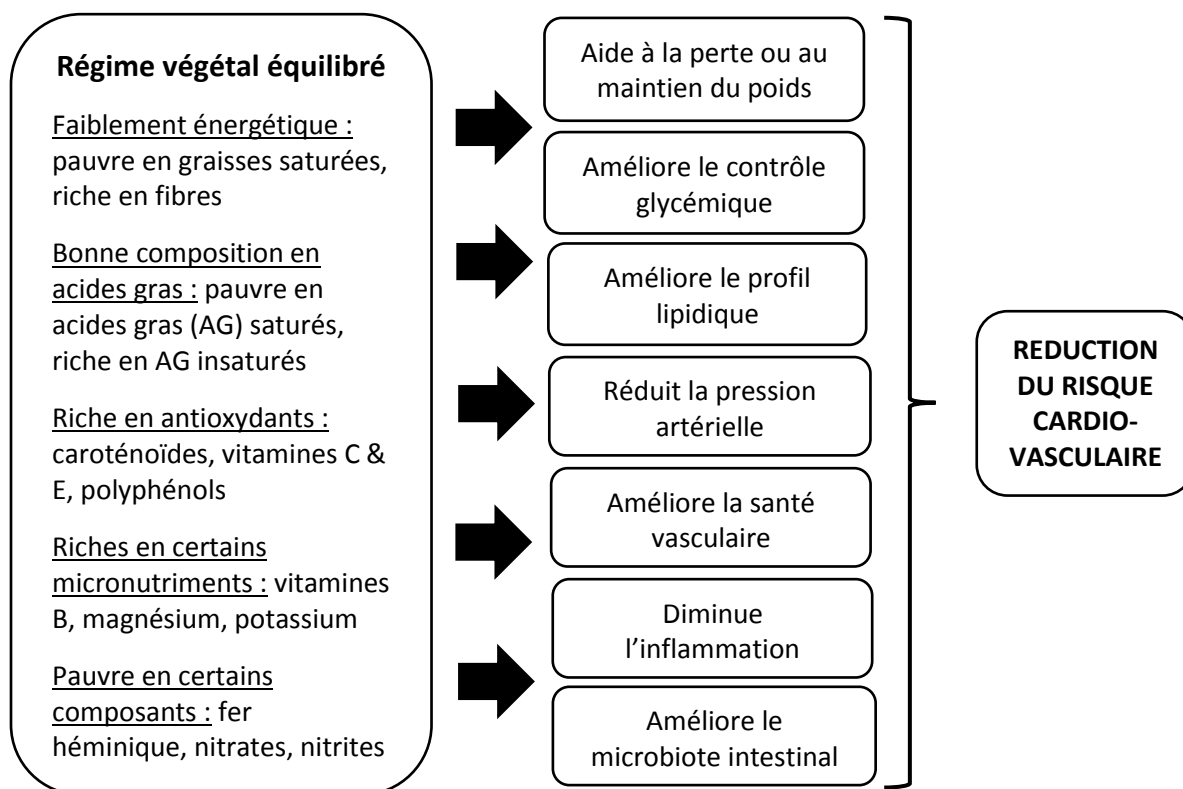
Le microbiote intestinal constitue une nouvelle voie à travers laquelle un régime à base de plantes pourrait modifier le risque cardiovasculaire. L'ensemble complexe de micro-organismes qui résident dans l'intestin de l'Homme et métabolisent des substrats alimentaires non digestibles pourrait potentiellement avoir une influence sur la santé cardiovasculaire de l'hôte humain. La voie de l'oxyde de triméthylamine (TMAO) en est un exemple. La choline et la L-carnitine, composés dérivés principalement d'aliments d'origine animale tels que la viande, la volaille et le poisson, sont dégradées par les microbes intestinaux pour produire de la triméthylamine, qui est ensuite transformée en TMAO. Le TMAO a été associé à un risque plus élevé d'événements cardiovasculaires indépendants des facteurs de risque traditionnels, et il est supposé qu'il influencerait la santé cardiovasculaire par ses effets sur le métabolisme du cholestérol et des stérols, l'inflammation et les phénomènes thrombotiques et athéroscléreux. Il est possible que le niveau d'apport d'aliments riches en précurseurs du TMAO et la composition microbienne intestinale modifient le risque cardiovasculaire. Les aliments végétaux sont également riches en certains précurseurs du TMAO tels que la bétaine. Cependant, dans des modèles animaux, certains composés végétaux, comme le resvératrol, inhiberaient la production de TMAO (Wang *et al.* 2015; Chen *et al.* 2016). Les régimes à base de plantes diffèrent des régimes à base de produits animaux par rapport à de nombreuses autres voies métaboliques microbiennes, notamment le métabolisme accru des fibres et des polyphénols, et la diminution du métabolisme des acides biliaires et des acides aminés. Des études plus poussées avec un suivi plus long et une évaluation répétée des apports alimentaires, du métabolisme et du microbiote sont nécessaires pour clarifier les voies susceptibles d'interagir avec l'environnement microbien intestinal qui pourraient influencer sur la santé cardiovasculaire (Satija et Hu 2018).

3.8. Effet global du régime végétarien sur le risque cardiovasculaire

Des chercheurs se sont intéressés aux mécanismes biologiques à l'origine des effets bénéfiques sur la santé des régimes riches en végétaux (figure 9) (Satija et Hu 2018). Ils ont souligné le fait qu'en plus de la nature des aliments consommés, il était aussi important de définir les régimes à base de plantes par la qualité des aliments consommés, en distinguant les aliments végétaux complets (céréales entières, fruits, légumes, noix et légumineuses) des

aliments végétaux raffinés ou transformés (céréales raffinées et jus de fruits sucrés par exemple).

Figure 9 : mécanismes biologiques potentiels expliquant les effets bénéfiques sur le risque cardiovasculaire des régimes à base de plantes (Satija et Hu 2018)



La figure 9 est une synthèse des effets de différents composants d'un régime végétal équilibré sur plusieurs paramètres physiques et biologiques qui concourent à réduire le risque cardiovasculaire.

Nous avons constaté que plusieurs études ont montré que le régime végétarien permettait de réduire plusieurs facteurs de risque cardiovasculaire indépendamment les uns des autres, mais il est aussi pertinent de s'intéresser au risque cardiovasculaire global. Dans une méta-analyse, des chercheurs ont comparé la mortalité cardiovasculaire des végétariens et des omnivores (Huang *et al.* 2012). Cette méta-analyse incluait 7 études avec un collectif de 124 706 sujets. Les résultats n'ont pas montré de différence significative concernant la mortalité par accident vasculaire cérébral et par les maladies vasculaires prises dans leur ensemble. Les apports élevés en acides gras saturés et trans combinés à de faibles apports en acides gras polyinsaturés et notamment en oméga 3, apparaissent comme ayant un impact

important sur le développement des maladies cardiovasculaires. Or, les végétariens ont tendance à avoir une concentration plasmatique plus faible en acides gras oméga 3 que les omnivores, ce qui pourrait expliquer que la plus faible mortalité vasculaire trouvée chez les végétariens dans la méta-analyse ne soit pas significative. En revanche, les résultats ont montré que la mortalité par cardiopathie ischémique était significativement plus faible chez les végétariens (incluant des ovo-lacto-végétariens et des végétaliens), de -29% par rapport à celle des omnivores. Les auteurs expliquent cela par une cholestérolémie totale plus basse des végétariens, ainsi qu'une oxydation des LDL plus faible (Huang *et al.* 2012).

3.9. Risques de carences dues au régime végétarien (Craig et Mangels 2009)

La position de l'American Dietetic Association est que s'ils sont bien menés, les régimes végétariens, y compris les régimes végétaliens, sont sains, nutritionnellement adéquats et peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé dans la prévention et le traitement de certaines maladies. Les régimes végétariens bien planifiés sont appropriés pour les individus à toutes les étapes de la vie, y compris la grossesse, l'allaitement, la petite enfance, l'enfance et l'adolescence, ainsi que pour les athlètes. Cependant, comme pour tout régime, un régime végétarien mal équilibré peut mener à des carences, lorsque l'apport d'un ou de plusieurs nutriments est inférieur aux besoins. Nous évoquerons ici les nutriments les plus susceptibles d'être concernés par une carence dans le régime végétarien.

Les protéines végétales peuvent répondre aux besoins protéiques lorsqu'une diversité d'aliments végétaux est consommée et que les besoins énergétiques sont satisfaits. Si des aliments végétaux de diverses familles sont consommés au cours d'une même journée, les acides aminés essentiels peuvent être fournis en quantité suffisante. Il n'est pas nécessaire de consommer les protéines complémentaires au cours d'un même repas. Il est donc important de diversifier les sources de protéines, comme par exemple associer dans la même journée un repas avec des légumineuses pour l'apport en lysine et un repas avec des céréales pour l'apport en acides aminés soufrés. Il est à noter que le besoin en protéines chez les végétariens peut être légèrement supérieur au besoin des non-végétariens du fait de la plus faible digestibilité des protéines végétales par rapport aux protéines animales.

Pour la santé cardiovasculaire, ce qui peut faire défaut dans le régime végétarien est le manque d'apports en acides gras oméga 3 à longue chaîne. Alors que les régimes végétariens sont généralement riches en acides gras oméga 6, les apports en oméga 3 peuvent être

insuffisants. Les régimes qui n'incluent pas les poissons, les œufs ou des quantités généreuses d'algues sont généralement pauvres en EPA et DHA, acides gras importants pour la santé cardiovasculaire ainsi que pour les yeux et le cerveau. Le régime le plus intéressant d'un point de vue cardiovasculaire serait donc le régime pesco-végétarien puisqu'il permet un apport important en acides gras oméga 3 à longue chaîne par la consommation de poisson. Cependant, pour les personnes ne consommant pas de poisson, il existe des suppléments de DHA dérivés de micro-algues. Ces suppléments présentent une bonne absorption et permettent d'augmenter les concentrations sanguines en DHA ainsi qu'en EPA par rétro-conversion. Il existe aussi des aliments enrichis en DHA tels que le lait de soja ou des produits céréaliers pour le petit-déjeuner.

Un autre nutriment auquel les végétariens devraient être attentifs est le fer. Le fer que l'on trouve dans les aliments végétaux est du fer non hémérique. Sensible à la fois aux inhibiteurs et aux activateurs de l'absorption du fer, il présente un taux d'absorption plus faible que le fer hémérique présent dans des aliments d'origine animale tels que la viande rouge. Les inhibiteurs de l'absorption du fer comprennent les phytates, le calcium et les polyphénols que l'on trouve notamment dans le thé, le café et le cacao. Les fibres n'inhibent que légèrement l'absorption du fer. Certaines techniques de préparation des aliments, telles que le trempage et la germination des haricots, des céréales et des graines peuvent réduire les niveaux de phytates et ainsi améliorer l'absorption du fer. D'autres processus de fermentation, comme ceux utilisés pour fabriquer le miso et le tempeh (aliments à base de soja), peuvent également améliorer la biodisponibilité du fer. La vitamine C et d'autres acides organiques présents dans les fruits et les légumes peuvent considérablement améliorer l'absorption du fer et réduire les effets inhibiteurs des phytates. On peut donc conseiller aux végétariens de consommer une source fiable de vitamine C lorsqu'ils consomment un aliment riche en fer. En raison de la plus faible biodisponibilité du fer provenant d'un régime végétarien, les apports en fer recommandés pour les personnes suivant ce régime sont 1,8 fois supérieurs à ceux des non-végétariens. L'incidence de l'anémie ferriprive chez les végétariens est similaire à celle des non-végétariens. Bien que les adultes végétariens aient en moyenne des réserves de fer inférieures à celles des non-végétariens, leurs taux sériques de ferritine se trouvent habituellement dans les normes.

Le statut en vitamine B12 de certains végétariens est insuffisant en raison du fait qu'ils ne consomment pas régulièrement de sources fiables de vitamine B12, que l'on trouve exclusivement dans des produits d'origine animale. Les ovo-lacto-végétariens peuvent

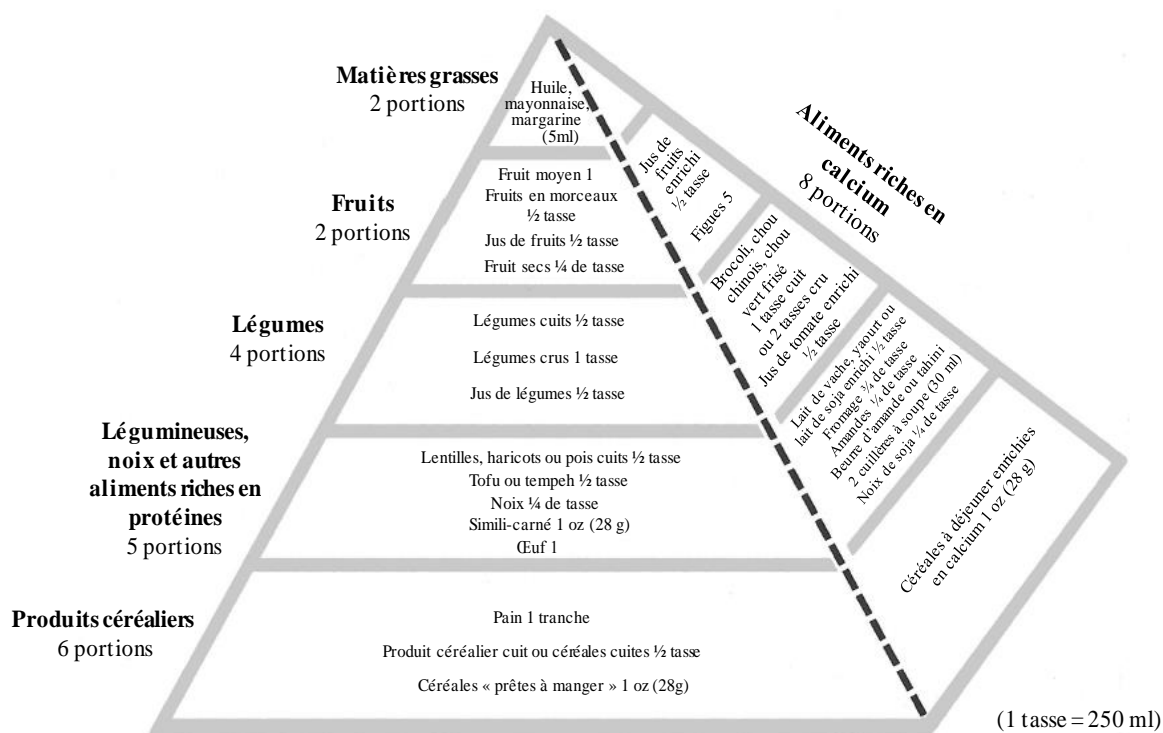
obtenir une quantité adéquate de vitamine B12 provenant d'aliments laitiers, d'œufs ou d'autres sources fiables de vitamine B12 (aliments enrichis) s'ils sont régulièrement consommés. Pour les végétaliens, la vitamine B12 doit provenir de la consommation régulière d'aliments enrichis en vitamine B12, tels que les boissons de soja et de riz enrichies, de céréales de petit-déjeuner et de substituts de viande. Sinon, une supplémentation régulière en vitamine B12 est nécessaire car aucun aliment végétal non enrichi ne contient de quantité significative de vitamine B12 active. Les produits à base de soja fermenté ne peuvent être considérés comme une source fiable de B12 actif. Il faut ainsi recommander aux végétaliens d'être particulièrement attentifs à leurs apports en vitamines B12.

Si les ovo-lacto-végétariens ont en moyenne des apports en calcium similaires voire supérieurs à ceux des omnivores, ce n'est pas le cas des végétaliens qui ont tendance à avoir des apports inférieurs aux deux groupes et qui peuvent même être en-dessous des apports recommandés. Pour satisfaire leurs besoins en calcium, il est conseillé aux végétaliens de consommer des légumes verts à faible teneur en oxalate, composant susceptible de limiter l'absorption du calcium (comme le brocoli, le chou chinois, le chou vert et le chou frisé), qui sont de bonnes sources de calcium hautement biodisponible (de 50 à 60%). Pour comparaison, le calcium du lait de vache a une biodisponibilité située entre 30 et 35%, ce qui est similaire au lait de soja enrichi en carbonate de calcium. D'autres aliments enrichis tels que les jus de fruits, le lait de riz et les céréales de petit-déjeuner peuvent apporter des quantités significatives de calcium aux végétaliens. De même que pour le calcium, de faibles taux sanguins de vitamine D ont été rapportés chez des végétaliens. En cas de faible exposition solaire, il est recommandé aux végétaliens de consommer des aliments enrichis en vitamine D ou si cela reste insuffisant pour répondre aux besoins, il leur est conseillé de prendre des suppléments.

3.10. Le régime végétarien en pratique (Messina *et al.* 2003)

L'American Dietetic Association a établi en 2003 une pyramide alimentaire convenant à la fois aux végétariens et aux végétaliens. Le respect de cette pyramide alimentaire est important afin d'éviter des carences qui pourraient entre autre augmenter le risque cardiovasculaire (figure 10).

Figure 10 : pyramide alimentaire végétarienne (d'après Messina *et al.* 2003)



Le nombre indiqué de portions correspond à un minimum journalier pour un adulte en bonne santé. Il peut être augmenté en cas d'augmentation des besoins (augmentation de l'activité physique, grossesse, allaitement...). En privilégiant toujours la variété dans les choix alimentaires, un adulte sain doit composer ses menus afin de respecter l'apport quotidien d'au moins :

- 6 portions de produits céréaliers, qui représentent la base de l'alimentation végétarienne et végétalienne
- 5 portions de légumineuses, noix et autres aliments riches en protéines
- 4 portions de légumes
- 2 portions de fruits
- 2 portions de matières grasses
- 8 portions d'aliments riches en calcium

Le nombre de portions à consommer quotidiennement peut paraître important. Cependant, il faut noter que les aliments riches en calcium sont tous inclus dans un des groupes d'aliments cités ci-dessus. Par exemple, les produits laitiers font partie des aliments riches

en calcium et aussi des aliments riches en protéines, et une tasse de brocoli cuit équivaut à une portion de légumes et à une portion d'aliments riche en calcium (figure 10).

CONCLUSION

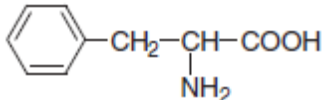
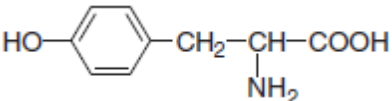
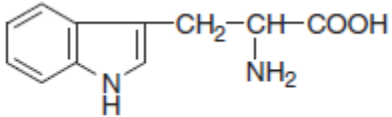
Les protéines végétales, bien que présentant isolement des propriétés nutritionnelles moins bonnes que les protéines animales, peuvent répondre aux besoins en protéines si leurs sources sont diversifiées. C'est le principe de complémentarité des protéines.

De nombreuses études ont mis en avant les bénéfices que présente le régime végétarien pour la santé cardiovasculaire par une action positive sur plusieurs facteurs de risque cardiovasculaire ; l'hypertension artérielle, le surpoids et l'obésité, le profil lipidique, le diabète de type 2, les apports en fibres et en antioxydants.

Le régime végétarien, s'il est bien mené, est sain et nutritionnellement adéquat. Cependant, il faut être vigilant pour éviter les carences en certains nutriments, notamment les protéines, le fer, le calcium et la vitamine B12. En tant que professionnel de santé, le pharmacien d'officine a un rôle à jouer dans les conseils nutritionnels pour les personnes végétariennes, dans la promotion d'une alimentation équilibrée permettant des apports suffisants en macronutriments et micronutriments, comme dans la délivrance de divers suppléments.

ANNEXES

ANNEXE 1 : structure des acides aminés présents dans les protéines alimentaires (Institute of Medicine (U.S.) 2005)

NOM	SYMBOLE	STRUCTURE
Glycine	Gly	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Alanine	Ala	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Valine	Val	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Leucine	Leu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Isoleucine	Ile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Phénylalanine	Phe	
Tyrosine	Tyr	
Tryptophane	Trp	
Sérine	Ser	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Thréonine	Thr	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Cystéine	Cys	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Méthionine	Met	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$ $\quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2$

Proline	Pro	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \diagdown \\ \quad \text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_2-\text{N} \\ \\ \text{H} \end{array} $
Glutamate	Glu	$ \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} $
Glutamine	Gln	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} \end{array} $
Aspartate	Asp	$ \text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} $
Asparagine	Asn	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} \end{array} $
Lysine	Lys	$ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} $
Arginine	Arg	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{NH} \quad \text{H} \end{array} $
Histidine	His	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{NH}_2 \quad \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \end{array} $

ANNEXE 2 : apports conseillés en protéines du nourrisson et de l'enfant (Beaufrère *et al.* 2002)

Annexe 2a : apports conseillés en protéines pour les nourrissons au biberon de la naissance à 3 ans

Age (mois)	Poids moyen (kg)	Maintenance (g/j)	Croissance (g/j)	Besoin total (g/j)	Apport de sécurité (g/j)
0-1	3,86	2,8	4,2	7,0	10,0
1-2	4,77	3,5	3,8	7,3	10,1
2-3	5,67	4,1	3,2	7,3	9,8
3-4	6,40	4,5	2,5	7,0	9,1
4-5	6,93	4,8	2,1	6,9	8,8
5-6	7,41	5,1	2,0	7,1	9,0
6-9	8,20	5,4	2,0	7,4	9,4
9-12	9,20	6,1	1,8	7,9	9,9
12-24	10,51	7,2	1,0	8,2	10,2
24-36	12,40	8,5	0,9	9,4	11,7

Annexe 2b : besoin et apport de sécurité en protéines des garçons de 4 à 10 ans

Age (années)	Poids (kg)	Maintenance (g/j)	Croissance (g/j)	Besoin total (g/j)	Apport de sécurité (g/j)
4	16,7	10,4	1,6	12	15
5	18,7	11,7	1,5	13,2	16
6	20,7	12,9	1,5	14,5	18
7	22,8	14,3	1,6	15,9	20
8	25,3	15,8	1,7	17,5	22
9	28,1	17,6	2,0	19,6	24
10	30,9	19,3	2,3	21,6	27

Annexe 2c : besoin et apport de sécurité en protéines des filles de 4 à 10 ans

Age (années)	Poids (kg)	Maintenance (g/j)	Croissance (g/j)	Besoin total (g/j)	Apport de sécurité (g/j)
4	16,0	10,0	1,3	11,3	14
5	17,7	11,0	1,1	12,1	15
6	19,5	12,2	1,2	13,4	17
7	21,8	13,6	1,5	15,1	19
8	27,8	15,5	1,7	17,3	21
9	28,5	17,8	2,1	19,8	25
10	31,1	19,4	2,3	21,8	27

Annexe 2d : besoin et apport de sécurité en protéines des garçons de 11 à 18 ans

Age (années)	Poids (kg)	Maintenance (g/j)	Croissance (g/j)	Besoin total (g/j)	Apport de sécurité (g/j)
11	33,2	20,7	2,5	23,2	29
12	36,1	22,5	2,7	25,3	31
13	40,4	25,2	3,5	29,0	36
14	47,6	29,7	3,6	33,3	41
15	54,8	34,2	4,1	38,3	47
16	59,0	36,9	3,3	40,2	50
17	61,0	38,1	3,0	41,1	51
18	62,0	38,8	1,9	41,0	50

Annexe 2e : besoin et apport de sécurité en protéines des filles de 11 à 18 ans

Age (années)	Poids (kg)	Maintenance (g/j)	Croissance (g/j)	Besoin total (g/j)	Apport de sécurité (g/j)
11	33,0	20,6	2,7	23,3	29
12	37,1	23,2	2,8	26,0	32
13	44,8	28,0	2,8	30,8	38
14	50,4	31,5	2,8	34,3	42
15	52,9	33,1	2,0	35,1	43
16	54,1	33,8	1,7	35,5	44
17	54,6	34,1	0,7	34,8	43
18	54,8	34,2	0,0	34,2	43

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A VD LD, Peeters PHM, Grobbee DE, Marx JJM, Schouw VD *et al.* Dietary haem iron and coronary heart disease in women. *Eur Heart J.* (2005), 26, 257-262.

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqual. 2018, <https://ciqual.anses.fr/>, consulté le 12 août 2018.

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), 27, 1037-1052.

Ajani UA, Ford ES, Mokdad AH. Dietary fiber and C-reactive protein: findings from national health and nutrition examination survey data. *J Nutr.* (2004), 134, 1181-1185.

Ancellin R, Berta JL, Dubuisson C, La Vieille S, Martin A. Allergies alimentaires : Connaissances, clinique et prévention. <http://www.mangerbouger.fr/pro/IMG/pdf/Synthese-Allergies.pdf>, consulté le 4 décembre 2017.

ANSES - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Les protéines. <https://www.anses.fr/fr/content/les-protéines>, consulté le 4 août 2017.

ANSES - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Les lipides. <https://www.anses.fr/fr/content/les-lipides>, consulté le 28 mai 2018.

Apfelbaum M, Romon M, Dubus M. Protéines et besoins protéiques. In: *Diététique et nutrition*. 7ème édition. Issy-les-Moulineaux, France, Elsevier-Masson, 2009, 34-43.

Appleby PN, Davey GK, Key TJ. Hypertension and blood pressure among meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans in EPIC-Oxford. *Public Health Nutr.* (2002), 5, 645-654.

Association de Professionnels de Santé pour une Alimentation Responsable. Impact des modes alimentaires sur l'environnement et la disponibilité alimentaire mondiale. <http://www.alimentation-responsable.com/impact-des-modes-alimentaires-sur-lenvironnement-et-la-disponibilité-alimentaire-mondiale>, consulté le 7 septembre 2017.

Barnard ND, Cohen J, Jenkins DJ, Turner-McGrievy G, 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, 1588-1596.

Beaufrère B, Bresson JL, Briend A, Ghisoldi J, Goulet O, Putet G *et al.* Nourrissons, enfants et adolescents. In: *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. 3ème édition. Tec & Doc Lavoisier, 2002, 264-273.

Bélangier M. Les protéines. In: *La nutrition*. 4ème édition. Montréal, Québec, Chenelière éducation, 2015, 214-243.

Berkow SE, Barnard N. Vegetarian Diets and Weight Status. *Nutr Rev.* (2006), 64, 175-188.

Bonnet J. Athérosclérose. *EMC - Cardiol-Angéiologie*. (2005), 2, 436-458.

Boutry C, Bos C, Tomé D. Les besoins en acides aminés. *Nutr Clin Métabolisme*. (2008), 22, 151-160.

Brathwaite N, Fraser HS, Modeste N, Broome H, King R. Obesity, diabetes, hypertension, and vegetarian status among Seventh-Day Adventists in Barbados: preliminary results. *Ethn Dis.* (2003), 13, 34-39.

Camus G. Les acides aminés. <http://planet-vie.ens.fr/article/1828/acides-amines>, consulté le 1^{er} mars 2018.

Carlet J. Réveillons-nous, la résistance aux antibiotiques devient un problème de santé publique dramatique ! *J Anti-Infect.* (2016), 18, 37-39.

Castagna E, Depezay L, Cloutier J, Courmont C. Les protéines végétales, répondre aux enjeux globaux. http://www.fondation-louisbonduelle.org/wp-content/uploads/2016/10/dossier_scientifique_proteines_vegetales_repondre_enjeux_globaux_2015_fondation_louis_bonduelle.pdf#axzz3sInf3djg, consulté le 22 mars 2018.

Cheftel JC, Cuq JL, Lorient D. *Protéines alimentaires. Biochimie, propriétés fonctionnelles, valeur nutritionnelle, modifications chimiques.* Paris, France, Tec & Doc Lavoisier, 1985.

Chen M, Yi L, Zhang Y, Zhou X, Ran L, Yang J *et al.* Resveratrol Attenuates Trimethylamine-N-Oxide (TMAO)-Induced Atherosclerosis by Regulating TMAO Synthesis and Bile Acid Metabolism via Remodeling of the Gut Microbiota. *mBio.* (2016), 7, e2210-2215.

Craig WJ, Mangels AR. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc.* (2009), 109, 1266-1282.

Darmaun D. Intestin et métabolisme de la glutamine. *médecine/sciences.* (1993), 9, 884-890.

de Jaeger C, Voronska E, Fraoucene N, Cherin P. Exposition chronique aux pesticides, santé et longévité. Rôle de notre alimentation. *Médecine Longévité.* (2012), 4, 75- 92.

Dumas C, Berta JL, Du Chaffaut L, Balage M, Bigard X, Blachier F *et al.* Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT-Ra-Proteines.pdf>, consulté le 4 août 2017.

Elliott P, Marmot M, Dyer A, Joossens J, Kesteloot H, Stamler R *et al.* The INTERSALT study: main results, conclusions and some implications. *Clin Exp Hypertens A.* (1989), 11, 1025-1034.

Escalón S. Les légumineuses se remettent au goût du jour. [http://www.inra.fr/Grand-public/Alimentation-et-sante/Tous-les-dossiers/Legumineuses-retour-des-proteines-vegetales/Pates-alimentaires-aux-legumineuses/\(key\)/2](http://www.inra.fr/Grand-public/Alimentation-et-sante/Tous-les-dossiers/Legumineuses-retour-des-proteines-vegetales/Pates-alimentaires-aux-legumineuses/(key)/2), consulté le 22 mars 2018.

Ferdowsian HR, Barnard ND. Effects of Plant-Based Diets on Plasma Lipids. *Am J Cardiol.* (2009), 104, 947-956.

Fraipont V, Preiser JC. Mise à jour sur l'utilisation des pharmanutriments chez le patient agressé – deuxième partie : antioxydants, acide gras oméga-3. *Nutr Clin Métabolisme.* (2017), 31, 16-23.

Fraser GE. Associations between diet and cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California Seventh-day Adventists. *Am J Clin Nutr.* (1999), 70, 532S-538S.

Gerber P, 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. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

- Gibson RS. Content and bioavailability of trace elements in vegetarian diets. *Am J Clin Nutr.* (1994), 59, 1223-1232.
- Guéguen J, Walrand S, Bourgeois O. Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humaine. *Cah Nutr Diététique.* (2016), 51, 177-185.
- Huang T, Yang B, Zheng J, Li G, Wahlqvist ML, Li D. Cardiovascular disease mortality and cancer incidence in vegetarians: a meta-analysis and systematic review. *Ann Nutr Metab.* (2012), 60, 233-240.
- Inserm. Athérosclérose. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/atherosclerose>, consulté le 29 avril 2018.
- Institute of Medicine (U.S.). PROTEIN AND AMINO ACIDS. In: *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids.* Washington, D.C, National Academies Press, 2005, 591.
- Jacotot B, Campillo B. *Nutrition humaine.* Paris, France, Masson, 2003.
- Jenkins DJ, Wolever TM, Kalmusky J, Guidici S, Giordano C, Patten R *et al.* Low-glycemic index diet in hyperlipidemia: use of traditional starchy foods. *Am J Clin Nutr.* (1987), 46, 66-71.
- Kim MK, Cho SW, Park YK. Long-term vegetarians have low oxidative stress, body fat, and cholesterol levels. *Nutr Res Pract.* (2012), 6, 155-161.
- Krajcovicová-Kudláčková M, Simoncic R, Babinská K, Béderová A, Brtková A, Magálová T *et al.* Selected vitamins and trace elements in blood of vegetarians. *Ann Nutr Metab.* (1995), 39, 334-339.
- Le Groupe d'Etude et de promotion des Protéines Végétales. Comment sont perçues les protéines végétales par les consommateurs ? http://www.gepv.asso.fr/fichiers/20160216154311_15_06_19_GEPV_Communique_de_presse_Barometre2014_2015_06_19.pdf, consulté le 4 août 2017.
- Ma Y, Griffith JA, Chasan-Taber L, Olendzki BC, Jackson E, Stanek EJ *et al.* Association between dietary fiber and serum C-reactive protein. *Am J Clin Nutr.* (2006), 83, 760-766.
- Machovina B, Feeley KJ. Meat consumption as a key impact on tropical nature: a response to Laurance *et al.* *Trends Ecol Evol.* (2014), 29, 430-431.
- Machovina B, Feeley KJ, Ripple WJ. Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Sci Total Environ.* (2015), 536, 419-431.
- MacMahon S, Peto R, Cutler J, Collins R, Sorlie P, Neaton J *et al.* Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. Part 1, Prolonged differences in blood pressure: prospective observational studies corrected for the regression dilution bias. *Lancet.* (1990), 335, 765-774.
- Mahe S, Beaufrère B, Benamouzig R, Boirie Y, Cynober L, Dardevet D. DOSSIER SCIENTIFIQUE DE L'IFN N° 9 : LES PROTEINES. <http://alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2011/07/dossier-scient-9.pdf>, consulté le 22 mars 2018.
- Mathieu S, Dorard G. Végétarisme, végétalisme, véganisme : aspects motivationnels et psychologiques associés à l'alimentation sélective. *Presse Med.* (2016), 45, 726-733.

- Mekonnen MM, Hoekstra AY. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*. (2012), 15, 401-415.
- Messina V, Melina V, Mangels AR. A new food guide for North American vegetarians. *J Am Diet Assoc*. (2003), 103, 771- 775.
- Micard V. Intérêts et impacts technologiques et nutritionnels de l'introduction de légumineuse dans une pâte alimentaire. Colloque Ponan / Cap Aliment, 29 novembre 2013, Nantes, France.
- Micard V, Brossard C, Champ M, Crenon I, Jourdeuil-Rahmani D, Minier C *et al*. Aliment mixte « blé dur-légumineuse » : influence de la structuration de leurs constituants sur leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques. *Cah Nutr Diététique*. (2010), 45, 237-245.
- Millet P, Guillard JC, Fuchs F, Klepping J. Nutrient intake and vitamin status of healthy French vegetarians and nonvegetarians. *Am J Clin Nutr*. (1989), 50, 718-727.
- Moneret-Vautrin DA. Épidémiologie de l'allergie alimentaire. *Rev Fr Allergol Immunol Clin*. (2008), 48, 171-178.
- Mottet A, de Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C, Gerber P. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Glob Food Secur*. (2017), 14, 1-8.
- Nicholson AS, Sklar M, Barnard ND, Gore S, Sullivan R, Browning S. Toward Improved Management of NIDDM: A Randomized, Controlled, Pilot Intervention Using a Lowfat, Vegetarian Diet. *Prev Med*. (1999), 29, 87-91.
- Otto de O CM, Alonso A, Lee D-H, Delclos GL, Bertoni AG, Jiang R *et al*. Dietary Intakes of Zinc and Heme Iron from Red Meat, but Not from Other Sources, Are Associated with Greater Risk of Metabolic Syndrome and Cardiovascular Disease. *J Nutr*. (2012), 142, 526-533.
- Picard F, Adjedj J, Varenne O. Le diabète, une pathologie prothrombotique. *Ann Cardiol Angéiologie*. (2017), 66, 385-392.
- Pillon F, Tan K, Jouty P, Frullani Y. Diabète de type 2 : l'essentiel sur la pathologie. *Actual Pharm*. (2014), 541, 18-22.
- Poquet D, Chambaron-Ginhac S, Issanchou S, Monnery-Patris S. Interroger les représentations sociales afin d'identifier des leviers en faveur d'un rééquilibrage entre protéines animales et végétales : approche psychosociale. *Cah Nutr Diététique*. (2017), 52, 193-201.
- Qi L, Dam RM van, Rexrode K, Hu FB. Heme Iron From Diet as a Risk Factor for Coronary Heart Disease in Women With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. (2007), 30, 101-106.
- Rauma AL, Mykkänen H. Antioxidant status in vegetarians versus omnivores. *Nutrition*. (2000), 16, 111-119.
- Rauma AL, Törrönen R, Hänninen O, Verhagen H, Mykkänen H. Antioxidant status in long-term adherents to a strict uncooked vegan diet. *Am J Clin Nutr*. (1995), 62, 1221-1227.
- Remond D. Protéines animales – protéines végétales: Quel équilibre pour une alimentation saine et durable? Journ Natl GTV, 18-20 mai 2016, Nantes, France.

- Rinaldi S, Campbell EE, Fournier J, O'Connor C, 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, 471-477.
- Sacks FM, Svetkey LP, Vollmer WM, Appel LJ, Bray GA, Harsha D *et al*. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet. DASH-Sodium Collaborative Research Group. *N Engl J Med*. (2001), 344, 3-10.
- Saïle R, Taki H. Cholestérol, lipoprotéines et athérosclérose: de la biochimie à la physiopathologie. *Les technologies de laboratoire*, (2007), n°2 Janvier - Février.
- Saini RK, Keum YS. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance - A review. *Life Sci*. (2018), 203, 255-267.
- Satija A, Hu FB. Plant-based diets and cardiovascular health. *Trends Cardiovasc Med*. (2018), 28, 437-441.
- Schlienger JL. Instantané de l'état nutritionnel et de la consommation alimentaire des Français. Les données d'INCA3. *Médecine Mal Métaboliques*. (2018), 12, 88-90.
- Simopoulos AP. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomed Pharmacother*. (2006), 60, 502-507.
- Song M, Fung TT, Hu FB, Willett WC, Longi VD, Chan AT *et al*. Association of animal and plant protein intake with all-cause and cause-specific mortality. *JAMA Intern Med*. (2016), 176, 1453-1463.
- Stehly R. L'ahimsa ou non-violence, et le végétarisme dans l'hindouisme. <http://stehly.chez-alice.fr/ahimsa.htm>, consulté le 23 avril 2018.
- Tangney CC, Rasmussen HE. Polyphenols, inflammation, and cardiovascular disease. *Curr Atheroscler Rep*. (2013), 15, 324.
- Tomé D. Besoins en protéines et en acides aminés & qualité des protéines alimentaires. *Crit Rev Food Sci Nutr*. (2008), 48.
- Tonstad S, Butler T, Yan R, Fraser GE. Type of Vegetarian Diet, Body Weight, and Prevalence of Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. (2009), 32, 791-796.
- 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*. (2013), 23, 292-299.
- Vang A, Singh PN, Lee JW, Haddad EH, Brinegar CH. Meats, processed meats, obesity, weight gain and occurrence of diabetes among adults: findings from Adventist Health Studies. *Ann Nutr Metab*. (2008), 52, 96-104.
- Volpe SL. Magnesium in Disease Prevention and Overall Health. *Adv Nutr*. (2013), 4, 378S-383S.
- Wang Z, Roberts AB, Buffa JA, Levison BS, Zhu W, Org E *et al*. Non-lethal Inhibition of Gut Microbial Trimethylamine Production for the Treatment of Atherosclerosis. *Cell*. (2015), 163, 1585-1595.

Yang SY, Li X J, Zhang W, Liu CQ, Zhang HJ, Lin JR *et al.* Chinese lacto-vegetarian diet exerts favorable effects on metabolic parameters, intima-media thickness, and cardiovascular risks in healthy men. *Nutr Clin Pract.* (2012), 27, 392-398.

SERMENT DE GALIEN

Je jure 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 ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma Profession.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois méprisé de mes Confrères si je manque à mes engagements.



WOLLENBERG Morgane

Le régime végétarien : apports en protéines et effets sur le risque cardiovasculaire

Th. D. Pharm., Rouen, 2018, 86 p.

RESUME

Dans les pays industrialisés, de plus en plus de personnes diminuent leur consommation de viande, que ce soit pour des raisons éthiques, économiques, écologiques ou de santé. Le nombre de végétariens augmente. Dans le même temps, les recommandations pour les pays riches sont de rééquilibrer les sources alimentaires de protéines avec une augmentation des apports en protéines végétales et une diminution des apports en protéines animales.

Dans ce travail nous proposons d'étudier les apports protéiques du régime végétarien, en explorant les propriétés nutritionnelles des protéines végétales et leur potentiel en alimentation humaine.

Par ailleurs, un régime végétarien équilibré semble apporter des facteurs protecteurs vis-à-vis des maladies cardiovasculaires. Nous étudions ici les effets du régime végétarien sur différents facteurs de risque cardiovasculaire et proposons des recommandations pour un régime végétarien équilibré fournissant les nutriments nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme.

MOTS CLES : Régime végétarien – Protéines végétales – Nutrition – Risque cardiovasculaire

JURY

Président : Mme DUBUS Isabelle, Professeur

Membres : Mr ZIEGLER Frédéric, Maître de Conférences

Mme DESSON Marie-Claire, Docteur en Pharmacie

DATE DE SOUTENANCE : 24 octobre 2018