UNIVERSITÉ DE NANTES
UFR SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES

---

ANNÉE 2021 N° 2021-061

# THÈSE

## Pour le

## DIPLÔME D'ÉTAT

## DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Par

*Chloé MANCIAUX*

---

*Présentée et soutenue publiquement le 8 juillet 2021*

Impact du régime alimentaire
des végans sur la grossesse
et rôle du pharmacien d'officine

**Président** :

M. Christophe OLIVIER, MCU de Toxicologie

**Membres du jury** :

M. Guillaume ANDRE, Docteur en Pharmacie chargé de cours en nutrition appliquée, directeur de thèse
Mme Bénédicte Renaud-Chollet, Docteur en Pharmacie

# IMPACT DU RÉGIME ALIMENTAIRE DES VÉGANS SUR LA GROSSESSE ET RÔLE DU PHARMACIEN D'OFFICINE

# Remerciements

Je tiens à remercier les membres de mon jury. Guillaume André, mon directeur de thèse, pour m'avoir guidée et encouragée tout au long de l'écriture de cette thèse. Christophe Olivier pour avoir accepté d'être mon président de thèse. Ainsi que Bénédicte Renaud-Chollet, ma maître de stage de 6ème année.

Merci à ma famille d'être toujours là pour moi, mon père, ma sœur, mes grands-parents, mes oncles et tantes et mes cousins.

Merci maman pour ces précieux moments passés avec toi et pour tout ce que tu m'as apporté.

Merci François de croire en moi, de toujours m'épauler et d'être présent quoi qu'il arrive.

Merci à mes amis de Pornic et Saint-Brévin pour tous ces bons moments passés et ceux à venir. Ainsi qu'à ma binôme et à mes amis de la faculté qui m'ont aidée à traverser ces longues années.

Merci aux équipes de la Pharmacie de la Bernerie, de la Pharmacie Renaud-Chollet et de la Pharmacie Armand Carrel qui m'ont beaucoup appris.

# Introduction

Il existe une tendance croissante de l'intérêt pour les régimes végétariens et végétaliens dans de nombreux pays occidentaux. On distingue le régime végétarien qui exclut la consommation de chair animale, et le régime végétalien excluant également tout produit issu de l'animal, y compris les œufs, les produits laitiers et le miel. Les personnes véganes ont un régime végétalien, et excluent également l'utilisation des produits issus de l'exploitation animale comme le cuir, la laine, la fourrure, la cire d'abeille ou certains produits cosmétiques. Les régimes végétariens sont adoptés pour diverses raisons comme la défense de la cause animale, l'impact écologique de l'industrialisation massive, la religion ou la culture, la santé ou des raisons économiques.

Pour certaines personnes, les régimes à base de plantes sont perçus comme meilleurs pour la santé. Ainsi, une femme végétalienne est susceptible de vouloir garder les mêmes habitudes alimentaires pendant sa grossesse. Mais pour d'autres, le régime végétalien peut aussi être considéré comme à risque de carences. Par exemple, dans la société actuelle, la viande est en général vue comme la source de protéines ou de fer, et les produits laitiers la source de calcium. Les qualités nutritionnelles des aliments de sources animales et végétales sont en réalité plus complexes, et chaque régime alimentaire mérite d'être exploré. Ces croyances divergentes peuvent nous amener à la réflexion suivante : quels sont les impacts d'un régime végétalien pendant la grossesse, une période déterminante où les besoins nutritionnels augmentent afin de d'accueillir la vie ?

L'objectif de cette thèse est d'évaluer si le régime alimentaire végétalien permet d'atteindre les recommandations nutritionnelles spécifiques aux femmes enceintes. La première partie traitera du régime alimentaire végétalien dans la population générale, évaluera les nutriments susceptibles d'être en déficit par rapport au régime omnivore, et évaluera les effets bénéfiques ou néfastes sur la santé de la population végane. La deuxième partie abordera les impacts positifs et négatifs de ce régime alimentaire pendant la grossesse. Enfin, la troisième partie apportera des solutions et des outils aux pharmaciens d'officine ou autres professionnels de santé afin de répondre au mieux aux besoins de leurs patientes végétaliennes enceintes et plus largement à leurs patients végans.

# Table des matières


***Remerciements*** ..... ***3***

***Introduction*** ..... ***4***

***Liste des figures*** ..... ***9***

***Annexes*** ..... ***9***

***Partie 1 : Le régime végétalien*** ..... ***10***

**1. Définitions** ..... **11**
1.1 Végétarien ..... 11
1.2 Végétalien ou végétaliste ..... 11
1.3 Véganisme ..... 11
1.4 Flexitarisme ou semi-végétarisme ..... 12
1.5 Omnivore ..... 12
1.5.1 Dentition et régimes alimentaires ..... 12
1.5.2 Tube digestif et régimes alimentaires ..... 13

**2. Socio-démographie** ..... **14**
2.1 Histoire du végétarisme ..... 14
2.2 Végétarisme et végétalisme dans le monde ..... 15
2.3 Végétarisme et végétaliste en France ..... 16
2.4 Populations cibles des différents régimes ..... 17

**3. Bénéfices généraux identifiés** ..... **19**
3.1 Baisse de la mortalité ..... 19
3.2 Un régime protecteur ..... 19
3.2.1 Obésité ..... 19
3.2.2 Syndrome métabolique ..... 20
3.2.3 Diabète ..... 21
3.2.4 Hypertension ..... 22
3.2.5 Cancers ..... 23

**4. Carences et risques généraux identifiés** ..... **25**
4.1 Vitamine B12 ou Cobalamine ..... 25
4.1.1 Rôles de la vitamine B12 ..... 26
4.1.2 Sources alimentaires de vitamine B12 ..... 27
4.1.3 Carence en vitamine B12 ..... 28
4.2 Fer ..... 30
4.2.1 Rôles du fer ..... 30
4.2.2 Sources alimentaires de fer ..... 31
4.2.3 Carence en fer ..... 32
4.3 Calcium ..... 33
4.3.1 Rôles du calcium ..... 33
4.3.2 Sources alimentaires de calcium ..... 34
4.3.3 Carence en calcium ..... 35
4.4 Vitamine D ..... 36
4.4.1 Rôles de la vitamine D ..... 37
4.4.2 Sources alimentaires de vitamine D ..... 38
4.4.3 Carence en vitamine D ..... 38
4.5 Acides gras oméga-3 ..... 39
4.5.1 Rôles des oméga-3 ..... 40
4.5.2 Sources alimentaires d'oméga-3 ..... 42
4.5.3 Carence en oméga-3 ..... 43
4.6 Protéines ..... 45
4.6.1 Rôle des protéines ..... 46
4.6.2 Sources alimentaires de protéines ..... 47
4.6.3 Carence en protéines ..... 48

*Partie 2 : Impact du régime végétalien sur une femme enceinte* ..... *52*

**1. La conception** ..... **53**
1.1 Fertilité et alimentation chez l'homme ..... 53
1.1.1 Indice de masse corporelle ..... 53
1.1.2 Acides gras polyinsaturés ..... 54
1.1.3 Alimentation riche en antioxydants ..... 54
1.1.4 Folates ou vitamine B9 ..... 57
1.1.5 Zinc ..... 57
1.2 Fertilité et alimentation chez la femme ..... 59
1.2.1 Indice de masse corporelle ..... 59
1.2.2 Apport en acides gras ..... 61
1.2.3 Apport en protéines ..... 62

**2. Grossesse : physiologie et besoins nutritionnels** ..... **64**
2.1 Protéines ..... 65
2.1.1 Rôle des protéines pendant la grossesse ..... 65
2.1.2 Besoins en protéines pendant la grossesse ..... 66
2.1.3 Statut en protéines pendant une grossesse végétalienne ..... 67
2.2 Acides gras oméga 3 ..... 67
2.2.1 Rôle des oméga 3 pendant la grossesse ..... 67
2.2.2 Besoins en oméga 3 pendant la grossesse ..... 68
2.2.3 Statut en oméga 3 pendant une grossesse végétalienne ..... 68
2.3 Vitamine B12 ..... 69
2.3.1 Rôle de la vitamine B12 associé à la B9 pendant la grossesse ..... 69
2.3.2 Besoins en vitamine B12 pendant la grossesse ..... 69
2.3.3 Statut en vitamine B12 pendant une grossesse végétalienne ..... 69
2.4 Fer ..... 70
2.4.1 Rôle du fer pendant la grossesse ..... 70
2.4.2 Besoins en fer pendant la grossesse ..... 70
2.4.3 Statut en fer pendant une grossesse végétalienne ..... 71
2.5 Calcium et vitamine D ..... 71
2.5.1 Rôle du calcium et de la vitamine D pendant la grossesse ..... 71
2.5.2 Besoins en calcium et en vitamine D pendant la grossesse ..... 72
2.5.3 Statut en calcium et en vitamine D pendant une grossesse végétalienne ..... 72
2.6 Zinc ..... 73
2.6.1 Rôle du zinc pendant la grossesse ..... 73
2.6.2 Besoins en zinc pendant la grossesse ..... 73
2.6.3 Statut en zinc pendant une grossesse végétalienne ..... 73
2.6 Iode ..... 74
2.6.1 Rôle de l'iode pendant la grossesse ..... 74
2.6.2 Besoins en iode pendant la grossesse ..... 74
2.6.3 Statut en iode pendant une grossesse végétalienne ..... 75

**3. Bienfaits d'un régime végétalien pendant la grossesse** ..... **76**
3.1 Surpoids ..... 76
3.2 Diabète gestationnel ..... 76
3.3 Pré-éclampsie ..... 76
3.4 Constipation et hémorroïdes ..... 77
3.5 Infections urinaires ..... 77
3.6 Risques microbiologiques liés à l'alimentation ..... 78
3.7 Apport en acide folique ..... 79

**4. Méfaits d'un régime végétalien pendant la grossesse** ..... **80**
4.1 Effets négatifs sur la santé du fœtus ..... 80
4.1.1 RCIU et petit poids à la naissance ..... 80
4.1.2 Malformation du tube neural ..... 82
4.1.3 Hypospadias ..... 82
4.2 Répercussions post-natales sur le système nerveux ..... 83
4.3 Effets négatifs sur la santé de la mère ..... 84
4.3.1 Santé mentale ..... 84
4.3.2 Anémie ferriprive ..... 84

4.3.3 Catabolisme des tissus maternels ..... 84

***Partie 3 : Rôle du pharmacien d'officine dans le suivi de la grossesse d'une femme végétalienne ..... 86***

**1. Identification des patientes cibles et rôle d'information sur les principaux points du suivi d'une grossesse ..... 87**

1.1 Identification des patientes véganes et enceintes à l'officine ..... 87

1.2 Informations des patientes sur le suivi de grossesse ..... 87

**2. Rôle de prévention des carences nutritionnelles : conseils alimentaires ..... 89**

2.1 Apport en vitamine B12 ..... 89

2.2 Apport en fer ..... 89

2.2.1 Aliments végétaux riches en fer ..... 89

2.2.2 Techniques de préparation ..... 90

2.2.3 Associations bénéfiques ..... 91

2.3 Apport en calcium ..... 92

2.3.1 Aliments végétaux riches en calcium ..... 92

2.3.2 Techniques de préparation ..... 92

2.3.3 Associations bénéfiques ..... 93

2.4 Apport en vitamine D ..... 94

2.5 Apport en iode ..... 94

2.6 Apport en zinc ..... 94

2.6.1 Aliments végétaux riches en zinc ..... 94

2.6.2 Techniques de préparation ..... 95

2.6.3 Associations bénéfiques ..... 95

2.7 Apport en oméga 3 ..... 96

2.7.1 Aliments végétaux riches en oméga 3 ..... 96

2.7.2 Techniques de préparation ..... 96

2.7.3 Associations bénéfiques ..... 96

2.8 Apport en protéines ..... 97

2.8.1 Aliments végétaux riches en protéines ..... 97

2.8.2 Techniques de préparation ..... 98

2.8.3 Associations bénéfiques ..... 98

**3. Repères de consommation pour une femme enceinte végane ..... 100**

**4. Spécialités pharmaceutiques et compléments alimentaires ..... 104**

4.1 Compléments alimentaires spécifiques à la grossesse disponibles en pharmacie ..... 105

4.2 Supplémentations recommandées ..... 106

4.2.1 Compléments à conseiller systématiquement ..... 106

4.2.2 Compléments à conseiller en cas de carence ..... 109

4.2.3 Compléments n'ayant pas démontré leur intérêt ..... 112

4.3 Galéniques compatibles avec le choix de vie végan ..... 114

4.3.1 Excipients ..... 114

4.3.2 Origine des nutriments ..... 114

***Conclusion ..... 117***

***Bibliographie ..... 128***

# Liste des abréviations

## A

AA: Acide arachidonique · 40
ADN: Acide désoxyribonucléique · 26
AE: Apport énergétique · 40, 68
AET: Apport énergétique total · 40
AGMI: Acide gras monoinsaturé · 61
AGPI: Acide gras polyinsaturé · 39
AGT: Acide gras trans · 59
ALA: Acide alpha-linolénique · 39
ANC: Apport nutritionnel conseillé · 30
ANSES: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail · 17
AS: Apport satisfaisant · 26
ASV: Association Suisse pour le Végétarisme · 15
AVC: Accident vasculaire cérébral · 22

## B

BPF: Bonnes Pratiques de Fabrication · 115

## C

CREDOC: Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie · 16

## D

DGCCRF: Direction générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des fraudes · 112
DHA: Acide docosahexaénoïque · 39
DT2: Diabète de type 2 · 21

## E

ENNS: Étude nationale nutrition santé · 79
EPA: Acide eicosapentaénoïque · 39
ERO: Espèces réactives de l'oxygène · 54

## F

FranceAgriMer: Établissement national des produits de l'agriculture et de la mer · 16

## G

GPx: Glutathion peroxydase · 55

## H

HAS: Haute Autorité de Santé · 32
HDL: High density lipoprotein · 20
HPG: hypothalamo-pituito-gonadique · 60
HTA: Hypertension artérielle · 22

## I

IMC: Indice de masse corporelle · 19
INSEE: Institut national de la statistique et des études économiques · 16
INSERM: Institut national de la santé et de la recherche médicale · 22
IR: Insulinorésistance · 61
IVU: International Vegetarian Union · 14

## L

LA: Acide linoléique · 39
LDL: Low Density Lipoprotein · 20
LSS: Limite supérieure de sécurité · 111

## N

NACRe: Réseau National Alimentation Cancer Recherche · 23

## P

PTH: Hormone parathyroïdienne · 34

## Q

QI: Quotient intellectuel · 83

## R

RCIU: Retard de croissance in utero · 81
RCP: Résumé des caractéristiques du produit · 107
RNP: Référence nutritionnelle pour la population · 30
ROS: Reactive oxygen species · 54

## S

SGA: Small for gestational age · 80
SOPK: Syndrome des ovaires polykystiques · 61

## T

TSH: Thyroid stimulating hormon · 74

## U

UI: Unités Internationales · 110
UV: Ultraviolets · 36

***V***

VDR: Vitamin D receptor · 37

# Liste des figures

Figure 1 : Organisation et roles des dents chez l'Homme (7) ..... 12
Figure 2 : Composition du panier alimentaire en 1960, 1990 et 2014, selon l'INSEE (18) ..... 16
Figure 3 : Taux de vegetariens et vegetaliens selon l'age et la categorie socio-professionnelle des repondants en France, Allemagne, Espagne et Royaume-Uni, en 2019 (6) ..... 17
Figure 4 : Taux des flexitariens declares et des vegetariens potentiels, selon l'age du repondant, en 2019 (6) ..... 18
Figure 5 : Structure chimique de la cobalamine ou vitamine B12 ..... 25
Figure 6 : Reactions biochimiques liees a la vitamine B12 (44) ..... 27
Figure 7 : Schema recapitulatif d'une carence en vitamine B12 (44) ..... 29
Figure 8 : Structure de l'heme au sein de l'hemoglobine des hematies (53) ..... 31
Figure 9 : Formation du complexe actine-myosine du muscle strie squelettique (59) ..... 33
Figure 10 : Structures chimiques des vitamines D et de leur metabolite actif ..... 36
Figure 11 : Structures chimiques des acides gras omega-3 ..... 39
*Figure 12 : Metabolismes de l'acide arachidonique et de l'EPA* ..... 41
*Figure 13 : Phospholipides et fluidite membranaire (80)* ..... 42
*Figure 14 : Exemple des etapes d'organisation d'une proteine dans l'espace, avec les structures primaire, secondaire (en helice), tertiaire et quaternaire (88)* ..... 45
*Figure 15 : Cycles de regeneration des vitamines E, C et du glutathion (100)* ..... 56
Figure 16 : Prise de poids recommandee pendant la grossesse selon l'Anses en 2019 (109) ..... 64
Figure 17 : Ossification endochondrale(117) ..... 72
Figure 18 : Structures des hormones thyroïdiennes T3 et T4 ..... 74
Figure 19 : Spina bifida ou anomalie de fermeture du tube neural (125) ..... 82
Figure 20 : Anatomie d'un penis normal et atteint d'hypospadias (126) ..... 83
Figure 21 : Germination de graines destinees a la consommation (130) ..... 91
Figure 22 : Recette de lacto-fermentation d'un aliment (131) ..... 91
*Figure 23 : Établissement de reperes de consommation pour les femmes enceintes vegetaliennes a partir des reperes du PNNS (108)* ..... 100
Figure 25 : Composition du complement alimentaire Gynefam (139) ..... 105

# Annexes

**Annexe 1 : Resume des impacts du regime vegetalien sur la conception et la grossesse** ..... 120
**Annexe 2 : Besoins en fer** ..... 121
**Annexe 3 : Besoins en calcium** ..... 122
**Annexe 4 : Besoins en zinc** ..... 123
**Annexe 5 : Besoins en ALA (omega 3)** ..... 124
**Annexe 6 : Besoins en proteines** ..... 125
**Annexe 7 : Établissement de reperes de consommation pour les** ..... 126
**Annexe 8 : Specialites pharmaceutiques et complements alimentaires** ..... 127

# Partie 1 : Le régime végétalien

## 1. Définitions

Pour commencer cette thèse, il est important de définir les différents régimes nutritionnels existant chez l'Homme.(1)(2)

### 1.1 Végétarien

Individu dont le régime alimentaire (dit « végétarisme ») exclue toute viande au minimum. Ce terme trouve son origine en 1847 avec la *Vegetarian Society*. *Vegetarian* est composé du mot anglais *vegetable* signifiant « plante, légume », et venant du latin *vegetus* pour « sain, frais et vivant », auquel on a ajouté la finale *-arian* évoquant la notion d'appartenance à un groupe ayant les mêmes convictions. En 1873, le pharmacien Theodor Hahn tourné vers les médecines naturelles publie le « *Traité de la cuisine végétarienne d'outre-Rhin »*, promoteur du régime végétarien.(3)(4)

On distingue :

« Ovo-lacto-végétarien », ne mange ni viande, ni poisson, ni fruits de mer mais accepte les œufs les produits laitiers et le miel. C'est la forme la plus courante de végétarisme dans les pays occidentaux. Il existe aussi les « Ovo-végétarien », et les « Lacto-végétarien ». « Pesco-végétarien », ne mange pas de viande, mais accepte le poisson et les fruits de mer, ainsi que les œufs, les produits laitiers et le miel.

### 1.2 Végétalien ou végétaliste

Individu dont le régime alimentaire (dit « végétalisme ») exclue non seulement toute viande, poisson et fruits de mer, mais également les produits d'origine animale (produits laitiers, œufs, miel et produits contenant de la gélatine).

### 1.3 Véganisme

Mode de vie de la personne dite « végan », qui allie un régime alimentaire exclusif par les végétaux (végétalisme), soit le refus de consommer tout produit issu de l'animal, et le refus de leur exploitation (vêtements en fourrure, cuir, laine, cosmétiques contenant de la matière animale, ou testés sur des animaux, etc).

Le terme anglais « vegan » a été créé en novembre 1944 par Donald Watson, un des fondateurs de la Vegan Society. Il vient de la contraction du mot « vegetarian ». Il a pour but de distinguer les « végétariens non laitiers » des autres végétariens. C'est ensuite en 1949 que la société introduit le terme de « veganism » afin d'évoquer le principe suivant : « *chercher à mettre un terme à l'utilisation des animaux par l'homme pour l'alimentation, les marchandises, le travail, la chasse, la vivisection et pour toutes les autres utilisations impliquant l'exploitation de la vie animale par l'homme* ».(5)

## 1.4 Flexitarisme ou semi-végétarisme

Issu des mots « flexible » et « végétarisme », ce terme désigne le fait de réduire sa consommation de viande et pour plus de produits végétaux.

Le journaliste du New-York Time, Mark Bittman, auteur de nombreux ouvrages sur les conséquences de la production industrielle de bœufs et de poulets en serait à l'origine depuis les années 90. Il ne paraît dans le dictionnaire Robert qu'en 2018.(6)

## 1.5 Omnivore

Qui mange de tout, une alimentation aussi bien d'origine végétale qu'animale. Ce terme vient du latin « omni » signifiant « tout » et « vorare » signifiant « manger, avaler ». Nous allons étudier le régime alimentaire de l'Homme à travers son anatomie.

### *1.5.1 Dentition et régimes alimentaires*

Un Homme adulte dispose de 32 dents depuis 38 millions d'année. Elles sont le résultat de plusieurs mutations favorables à l'Homme, ainsi qu'aux Primates, selon leur alimentation et leur environnement. Les dents ont des formes, et donc des rôles différents comme indiqué en *Figure 1* : couper, déchiqueter, écraser et broyer.

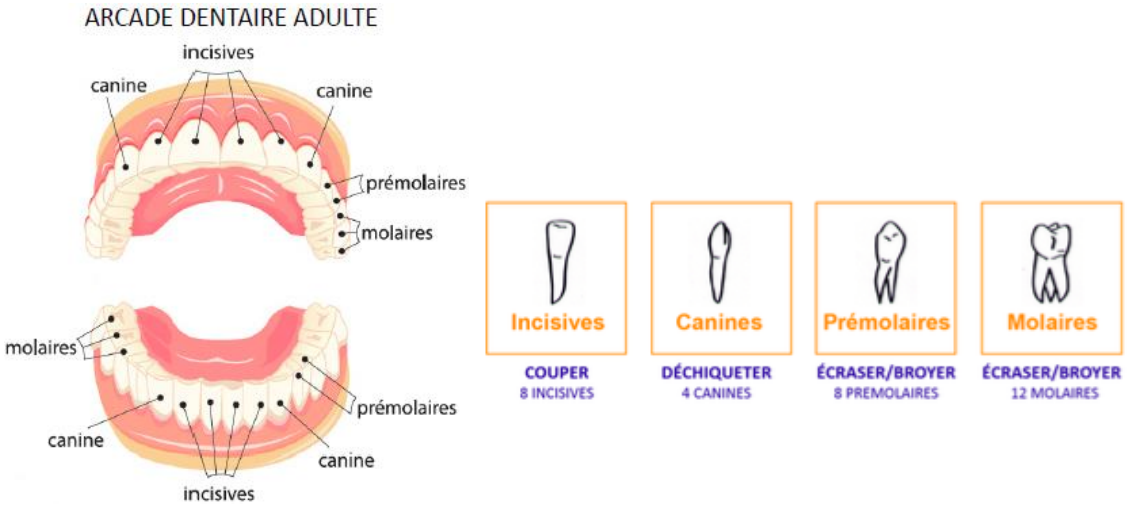



*Figure 1 : Organisation et rôles des dents chez l'Homme (7)*

Chez l'animal, un régime végétarien favorise le développement des prémolaires et des molaires, qui sont de plus grandes tailles afin d'écraser et de broyer les plantes. Les incisives seront plus petites, parfois coupantes. Les canines seront aussi de petites tailles, voire inexistantes chez certains herbivores.

Les carnivores, eux, ont les canines fortement développées en crocs afin de maintenir leurs proies et déchiqueter leur chair. Cependant leur rôle peut être aussi défensif, comme par exemple chez certains singes fructivores.

Il serait faux de penser que nos canines sont un croc de singe qui se serait réduit : depuis le premier des Hommes, la canine humaine est de la même taille que les autres dents. Elle est restée telle quelle pendant 250 millions d'années d'évolution ce qui signifie qu'elle reste importante pour notre espèce. Notre dentition est donc adaptée à tout type d'alimentation, qu'elle soit composée de plantes ou de viande.(8)

Il est important de noter que nos glandes parotides, submandibulaires et sublinguales sécrètent quotidiennement de l'amylase salivaire. Cette enzyme permettant la digestion de l'amidon n'existe pas chez les carnivores exclusifs.(9)

### *1.5.2 Tube digestif et régimes alimentaires*

Les intestins sont généralement plus longs chez les animaux herbivores car les fibres végétales sont plus difficiles à digérer que la viande, il leur faut donc plus de temps pour assimiler les nutriments. La majorité des mammifères herbivores ont aussi une zone où se développent des microorganismes qui aident à digérer la cellulose végétale par fermentation : le rumen dans l'estomac ou un caecum surdéveloppé.(10) La longueur et la forme de notre estomac n'est pas spécifique à l'un des deux régimes : il est plus long que celui des carnivores, mais moins que celui des herbivores, et sans allongement du caecum ni compartimentation de l'estomac digérant la cellulose.(11)

Le pH de l'estomac est très acide chez les carnivores (1-2) afin qu'ils digèrent rapidement les protéines par les pepsines et autres protéases qui nécessitent un pH entre 2 et 4. Il les protège aussi des potentiels agents pathogènes présents dans les viandes. Les herbivores ont un pH moins acide (3-7) car la menace microbienne est relativement faible sur les feuilles vivantes, et la digestion est plus liée aux microorganismes qu'à l'acidité. Notre pH stomacal se trouvant entre 2 et 3, nous avons encore la preuve que notre système digestif est omnivore.(12)

## 2. Socio-démographie

### 2.1 Histoire du végétarisme

Le végétarisme n'est pas récent. Les traces laissées sur les dents fossilisées des premiers Hommes préhistoriques témoignent qu'ils n'avaient pas de sources animales dans leur alimentation outre les insectes. Ils deviennent chasseurs-cueilleurs et donc omnivores durant l'aire du Paléolithique inférieur il y a 1,76 millions d'années.

Les premiers écrits d'un mouvement végétarien datent du VIIIème siècle avant Jésus-Christ en Inde, pays qui compte encore de nos jours un taux de végétarisme de 40% dû à sa religion hindoue, en accord avec le principe de non-violence.

En Europe ce n'est qu'à l'Antiquité, en 530 avant Jésus-Christ que l'on voit émerger les premiers écrits en faveur du mouvement, du philosophe Pythagore qui considérait l'abattage d'un animal comme un crime. Platon évoque également une cité idéale, saine et végétarienne, voyant dans la croissance de consommation carnée un facteur favorisant la maladie, ainsi que des guerres pour les pâturages. Enfin, Plutarque vers l'an 100 après J.C. apporte le principe du bien-être animal.

Pendant l'Empire Romain puis au Moyen-Âge, d'autres habitudes alimentaires ont mis fin à toute notion de végétarisme. Elle ne renaît qu'à la Renaissance autour de 1500 après J.C., où un écrit de Léonard de Vinci la décrit comme « une voie spirituelle menant à Dieu ». D'autres grands noms ont soutenu ce mouvement comme Isaac Newton au 17ème siècle ou Voltaire et Jean-Jacques Rousseau au 18ème siècle.

L'apogée du végétarisme commence au début du XIXème siècle, notamment en Angleterre où est créée en 1847 la première association végétarienne par des chrétiens évangélistes : la *Vegetarian Society*, encore active aujourd'hui. Un poète anglais, Percy Bysshe Shelley, ajoute une dimension politico-économique à l'aspect éthique en dénonçant le gaspillage des ressources dans la production de viande.

En 1908 se tient le premier Congrès mondial Végétarien, et l'*International Vegetarian Union* (IVU) voit le jour. En 1944 la *Vegan Society* se distingue de la *Vegetarian Society*. Enfin, c'est au milieu des années 70, à la parution du livre « *Animal Liberation* » de Peter Singer qu'est né le mouvement de défense de la cause animale.(13)

## 2.2 Végétarisme et végétalisme dans le monde

En 2016, S. Mathieu et G. Dorard (14) ont publié des prévalences récentes du végétarisme et végétalisme chez l'adultes dans certains pays :

→ Au niveau mondial, le taux de végétarisme dans un pays se trouve généralement entre 1 et 9 % de leur population, à l'exception de l'Inde du fait de leur religion hindoue :

| Français | Américains | Australiens | Anglais | Irlandais | Canadiens | Allemands | Israéliens | Indiens |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 à 3% | 3% | 3% | 5% | 6% | 8 à 9% | 8 à 9% | 8 à 9% | 40% |

→ Les taux de végétaliens sont plus bas, et ne sont pas proportionnels au végétarisme. Il est par exemple très faible en Inde bien qu'il n'y ait pas de chiffre précis à ce jour :

| Français | Australiens | Allemands | Anglais | Israéliens |
|---|---|---|---|---|
| < 0,5 % | 1% | 1% | 2% | 5% |

Les origines de ce choix de vie sont diverses : religion, manque de moyens, hausse des prix, santé, prise de conscience écologique, bien-être animal…

Aujourd'hui, l'adoption d'un régime végétarien dans un pays développé comme la France est surtout motivée par la prise de conscience sur sa santé, l'écologie ou le bien-être animal.

Il n'est pas rare de voir émerger des sites internet, des blogs ou des forums dédiés au véganisme, notamment dans ces pays développés. Ils portent sur des astuces alimentaires, comment choisir divers produits de consommation etc… Néanmoins, ils incitent aussi dans certains cas à ne pas accéder aux soins recommandés par la médecine. Ainsi, une blogueuse canadienne se prive par exemple de prendre des médicaments contenant du lactose ou de la gélatine, retrouvés dans beaucoup de spécialités médicamenteuses solides, administrables per os. Et plus largement, tous médicaments testés sur des animaux.(15) Une autre question porte sur les vaccins, qui sont pour beaucoup d'entre eux obtenus à partir de tissus animaux ou humains. L'Association Suisse pour le Végétarisme (ASV) publie en août 2013 les vaccins qu'elle nomme « végans ». Cette liste exclue des vaccins comme ceux contre la grippe, ceux contre la rougeole, les oreillons et la rubéole, ainsi que ceux contre la diphtérie, le tétanos, la poliomyélite, la coqueluche, les infections à Haemophilus influenzae type b et l'hépatite B.(16) Aucune donnée n'est à ce jour disponible pour un possible lien entre végétarisme et une faible couverture vaccinale, mais il est évident que cela pourrait constituer un problème de santé publique, voir juridique lorsqu'il s'agit des vaccinations obligatoires en France.

## 2.3 Végétarisme et végétaliste en France

En France, une hausse de la consommation de viande a été observée à partir de la Révolution française (1789), proportionnellement à l'augmentation du niveau de vie des français depuis cet évènement. Cette progression est au départ de 19kg/an/habitant en 1803-1812 à 42kg/an/habitant en 1920-1925. Puis la période d'après-guerre la fait fortement augmenter sur une courte période. Elle passe à 60kg en 1950 à plus de 100kg/an/habitant dans les années 1985.(17)

Aujourd'hui, la communauté végétarienne et végétalienne reste une minorité car la viande prend une grande place dans le panier alimentaire des français qui en consomme souvent à chaque repas. Néanmoins on peut voir en *Figure 2* que sa consommation diminue depuis les années 1990(18), et cette baisse continue encore aujourd'hui.(19) Une étude réalisée par le CREDOC pour FranceAgriMer(6) révèle les trois raisons principales : l'impact de l'élevage (et de l'activité humaine en général) sur l'environnement, le bien-être animal, et l'impact sur la santé.

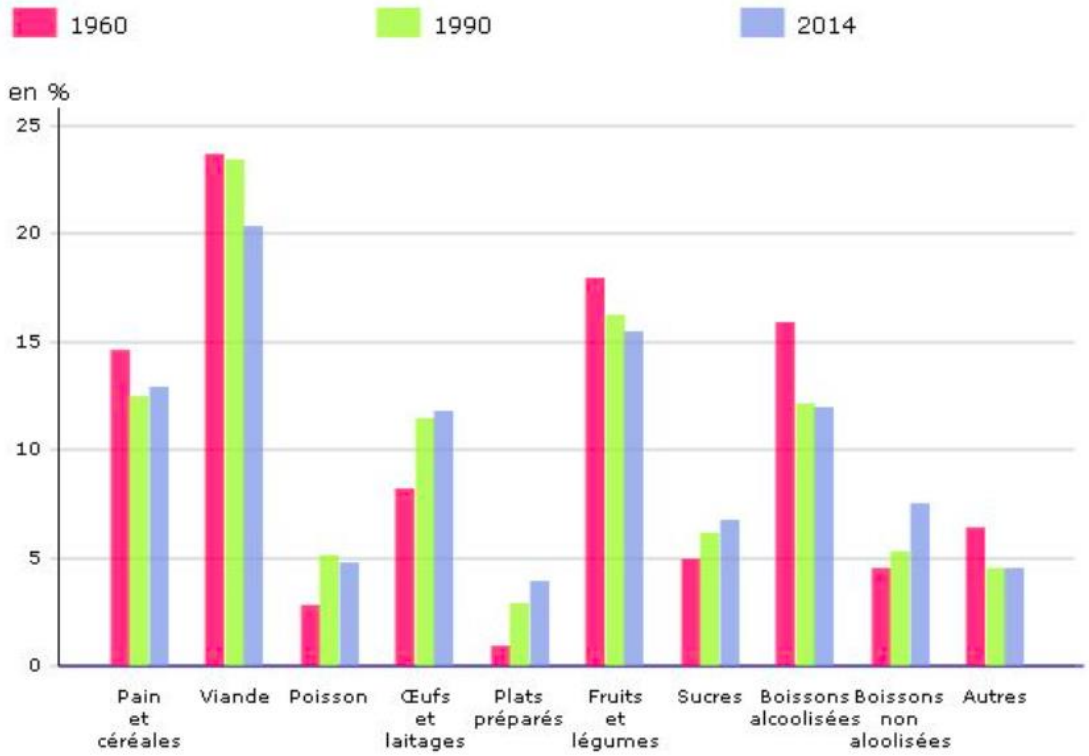



*Figure 2 : Composition du panier alimentaire en 1960, 1990 et 2014, selon l'INSEE (18)*

En France, la consommation de viande a baissé de 12% entre 2007 et 2016.(19) Le prix de la viande est également une raison évoquée par les français.

En 2018, les marchés végétarien et végan français ont augmenté de 24% selon l'Institut d'études Xerfi(20)(21), et ce pourcentage continue d'augmenter. Selon leurs chiffres en France, la communauté végétarienne représente 2% et la végane ne représente pas plus de 0,5% de la population. Les flexitariens eux augmentent

considérablement. Ils passent de 25% en 2015 à 34% en 2017, soit un passage d'un quart à un tiers de la population selon le journal *Le Monde*.(22) D'autre part, l'étude réalisée par le CREDOC déclare que 50% des français ont réduit leur consommation de viande entre 2017 et 2019. Elle révèle que 28% des français interrogés en 2018 se sentent flexitariens. Aussi, elle calcule un taux de 20% de flexitariens en France pour des raisons autres que financières, soit une personne sur cinq par choix.(6)

## 2.4 Populations cibles des différents régimes

Un rapport de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) de juin 2017(23) a étudié les habitudes alimentaires de 5 855 individus en France, 2 698 enfants âgés de 0 à 17 ans et 3 157 adultes âgés de 18 à 79 ans :

- Chez les enfants entre 0 et 17 ans, 0,4% ont déclaré suivre un régime végétarien. 48% d'entre eux excluent également les produits de la mer, 29% le miel, et 4,6% les produits laitiers. Aucun n'exclut les œufs.
- Chez les adultes de 18 à 79 ans, 1,8% ont déclaré suivre un régime végétarien. 33% d'entre eux excluent également les produits de la mer, 22% les œufs, 15% les produits laitiers et 9,2% le miel.
- 0,1% de ces adultes ne mangeaient ni viande, ni poisson, ni œuf, ni produits laitiers.

L'enquête du CREDOC pour FranceAgriMer a voulu déterminer le type de personne qui serait le plus susceptible d'être végétarien, végan ou flexitarien. Leurs résultats se basent sur l'interrogation de 3520 individus différents des 4 pays européens suivants : France, Allemagne, Espagne, Royaume-Uni. Les résultats sont inscrits en *Figure 3*.

| Age | % de végétariens/ végétaliens/ végans |
|---|---|
| 18-24 | 12% |
| 25-34 | 11% |
| 35-44 | 6% |
| 45-54 | 5% |
| 55-64 | 2% |
| 65 ans + | 2% |

| Catégorie socio-professionnelle | % de végétariens/ végétaliens/ végans |
|---|---|
| Agriculteur exploitant, Artisan, commerçant, chef d'entreprise | 8% |
| Cadre, profession libérale, profession intellectuelle supérieure | 9% |
| Profession intermédiaire | 5% |
| Employé | 5% |
| Ouvrier | 4% |
| Autres inactifs | 9% |

Source : Enquête CREDOC pour FranceAgriMer et l'OCHA

*Figure 3 : Taux de végétariens et végétaliens selon l'âge et la catégorie socio-professionnelle des répondants en France, Allemagne, Espagne et Royaume-Uni, en 2019 (6)*

Selon l'enquête, le végétarien ou végétalien serait plutôt jeune, entre 18 et 34 ans, cadre ou étudiant (fortement représentés dans « autres inactifs »), et urbain car ils se révèlent plus nombreux dans les grandes agglomérations. Certaines enquêtes montrent également que plus de femmes se considèrent végétariennes, d'où l'intérêt d'étudier l'impact que pourrait avoir ce régime pendant la grossesse et l'allaitement, où certains besoins nutritionnels se trouvent augmentés.

C'est un phénomène qui semble toucher de plus en plus de jeunes car une autre étude du CREDOC mais avec des résultats de 2016 avait désigné les jeunes adultes entre 18 et 24 ans comme les plus gros consommateurs de produits carnés. Ils l'expliquaient par le fait qu'ils prenaient moins de temps pour cuisiner et consommaient des plats transformés comme des pizzas, des hamburgers, des sandwichs etc. Les changements d'habitudes alimentaires se faisaient selon eux plus tard à l'âge adulte. Les habitudes de consommation selon la catégorie socio-professionnelle elles ne sembles pas évoluer.(19)

Concernant le profil des flexitariens, un interrogatoire a également été mené, sur le même nombre d'individus des 4 mêmes pays européens :

| Age | 18-24 | 25-34 | 35-44 | 45-54 | 55-64 | 65 ans + |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *N=* | *348* | *556* | *591* | *654* | *539* | *831* |
| % de flexitariens | 20% | 24% | 20% | 23% | 21% | 24% |
| % des végétariens potentiels | 44% | 37% | 30% | 26% | 24% | 21% |

Source : Enquête CREDOC pour FranceAgriMer et l'OCHA

*Figure 4 : Taux des flexitariens déclarés et des végétariens potentiels, selon l'âge du répondant, en 2019 (6)*

Le flexitarisme semble toucher une plus grosse partie de la population, et cette fois indifféremment de l'âge. Néanmoins, plus d'un tiers des jeunes entre 18 et 34 ans évoquent la possibilité de devenir végétariens par la suite contre moins d'un tiers pour les plus âgés. Aussi, le taux de flexitariens a représenté 25% des diplômés du bac contre 18% de ceux qui ne l'avaient pas, critère que l'on ne retrouvait pas pour le végétarisme. Les flexitariens ont été moins nombreux chez la classe ouvrière, cependant ce nombre peut être expliqué par cette notion récente (24% des ouvriers connaissaient ce terme contre 36% des cadres), ainsi que la définition de l'enquête qui définissait le flexitarisme par un choix et non par nécessité financière.

## 3. Bénéfices généraux identifiés

### 3.1 Baisse de la mortalité

En 2013, Orlich et al s'intéressent au lien possible entre les régimes végétariens et une baisse de la mortalité toutes causes confondues. Après un suivi moyen de 5,79 ans de 73 308 personnes, ils ont obtenu des résultats significatifs. La mortalité diminue pour tous les régimes végétariens par rapport au régime non-végétarien. Dans l'ordre croissant de taux de mortalité selon les régimes spécifiques on a : le régime pesco-végétarien qui obtient la mortalité la plus basse, puis le végétalien, le lacto-végétarien et le fexitarien.

Ces résultats se révèlent être plus significatifs chez les hommes que chez les femmes. Aussi, des associations bénéfiques apparentes ont été observées dans certains cas pour la mortalité due aux maladies cardiovasculaires, rénales et endocriniennes. (24)

### 3.2 Un régime protecteur

Michael J. Orlich approfondit son travail en abordant cette fois la morbidité avec une publication en 2014 en collaboration avec Gary E. Fraser.(25) Le but étant de rechercher une relation entre régime alimentaire et prévalence et/ou incidence de certaines pathologies. Ils ont ainsi travaillé autour d'une grande cohorte nord-américaine de 96 000 personnes, appelée Adventist Health Study 2 (AHS-2), possédant une forte proportion de végétariens. Ces études distinguent les différents régimes végétariens abordés.

Il conviendra de prendre ces résultats avec précaution car la population nord-américaine possède une alimentation de base différente de celle des français. Une étude nationale aurait été plus adaptée mais aucune n'a encore été publiée à ce jour.

#### *3.2.1 Obésité*

L'IMC (indice de masse corporelle) est un indicateur permettant une estimation de la corpulence d'un individu. Pour le calculer, il suffit de diviser le poids (en kilogramme) par la taille au carré (en mètre) du patient. Il s'exprime donc en kg/m$^2$.

<u>IMC pour un adulte de moins de 65 ans</u> :
< 18,5 : maigreur et dénutrition
Entre 18,5 et 24,9 : corpulence normale
Entre 25 et 29,9 : surpoids
Entre 30 et 39,9 : obésité
> 40 : obésité morbide

Ces statuts définis selon l'IMC sont basés principalement sur la masse graisseuse d'un individu, mais d'autres paramètres peuvent faire varier l'IMC comme par exemple la masse musculaire. Un IMC seul ne peut donc déterminer un diagnostic.

Orlich et Fraser ont donc recueilli les IMC moyens de 73 308 participants sélectionnés dans l'AHS-2(25). Ils sont reportés dans le tableau ci-dessous :

| *Régime* | Végétalien | Pesco-végétarien | Lacto-ovo-végétarien | Flexitarien | Omnivore |
|---|---|---|---|---|---|
| *IMC (kg/m$^2$)* | 24,1 | 26,0 | 26,1 | 27,3 | 28,3 |

Il apparaît donc que l'IMC est corrélé au régime alimentaire des individus, notamment le régime végétalien qui possède l'IMC le plus bas. La population américaine compte plus d'obèses qu'en France, d'où les IMC moyens élevés.

L'étude de Clarys et al(26) portant sur 1475 individus montre que la modification d'un régime alimentaire omnivore en un régime alimentaire végétarien se traduit par une baisse de graisses saturées consommées, une baisse d'apports énergétiques et une baisse de LDL (Low Density Lipoprotein, appelé également « mauvais cholestérol ») qui sont parfois impliqués dans la prise de poids. Elle montre également une augmentation de consommation de fibres. Un régime riche en fibres aura des propriétés satiétogènes. Après ingestion, elles gonflent au niveau gastrique en présence de liquide augmentant ainsi le volume ingéré et formant une solution plus ou moins visqueuse. Ce phénomène réduit la sensation de faim et donc le bol alimentaire, et ralentit également l'absorption des sucres.(27)

### *3.2.2 Syndrome métabolique*

Le syndrome métabolique n'est pas une maladie, mais un ensemble de paramètres physiologiques et biochimiques susceptibles d'augmenter le risque de diabète de type 2 ainsi que le risque cardiovasculaire.

L'étude de Rizzo et al(28) a étudié ces paramètres sur 773 sujets de l'AHS-2. Des différences significatives entre les groupes diététiques ont été constatées pour tous les composants du syndrome métabolique, sauf pour le HDL (High Density Lipoprotein, appelé aussi « bon cholestérol »). Ainsi, les végétariens ont eu des niveaux plus favorables pour la triglycéridémie, la tension artérielle diastolique, la pression artérielle systolique, le tour de taille, l'IMC et la glycémie.

### *3.2.3 Diabète*

En 2016, on dénombre 5% des français diabétiques, parmi lesquels 90% de diabètes de type 2. On estime qu'au moins 20% ne sont pas diagnostiqués.(29)

Le diabète peut être de type 1 (insulino-dépendant, dépisté jeune) ou de type 2 (non insulino-dépendant, déclaré généralement à l'âge adulte). Nous traiterons ici du diabète de type 2 (DT2). Il s'installe très souvent avec l'âge chez les sujets en surpoids. Il se traduit par une diminution de la sensibilité des cellules à l'insuline (hormone hypoglycémiante produite par le pancréas), notamment au niveau du foie, du muscle et du tissu adipeux. Cette résistance à l'insuline aboutie à une hyperglycémie chronique puisque la glycémie n'est plus régulée correctement. Le pancréas produit alors toujours plus d'insuline car la glycémie ne baisse pas, jusqu'à s'épuiser complètement. Les complications sont multiples et graves, notamment à long terme.

A partir de la cohorte AHS-2, Tonstad et al(30) publient en 2009 la prévalence de DT2 selon les régimes alimentaires des individus sélectionnés. Ensuite, parmi les 41 387 participants n'étant pas atteints de diabète de type 2 au départ, ils ont recensé dans une seconde étude(31) les incidences de cette pathologie sur les 2 années suivantes. Les résultats obtenus sont reportés dans ce tableau ci-dessous :

| *Régime* | Végétalien | Pesco-végétarien | Lacto-ovo-végétarien | Flexitarien | Omnivore |
|---|---|---|---|---|---|
| *Prévalence DT2* | 2,9 % | 4,8 % | 3,2 % | 6,1 % | 7,6 % |
| *Incidence sur 2ans* | 0,54 % | 1,29 % | 1,08 % | 0,92 % | 2,12 % |

La prévalence du DT2 augmente progressivement chez les végétaliens, les lacto-ovo-végétariens, les pesco-végétariens, les flexitariens et les omnivores. Cette augmentation était concomitante à une augmentation de l'IMC moyen dans les groupes alimentaires respectifs. Il semble que tous les régimes végétariens réduisent l'incidence du diabète, surtout le végétalien avec l'incidence la moins élevée de toutes.

Tonstad et al ont terminé leur étude en ajustant leurs résultats avec des paramètres importants : l'origine ethnique noire était associée à une augmentation de l'incidence du diabète, tout comme l'âge, le sexe masculin et l'IMC, tandis qu'un revenu plus élevé et plus de sommeil étaient associés à une incidence plus faible. Le modèle final de leur étude permet d'affirmer la conclusion suivante : les régimes végétaliens, lacto-ovo-végétariens et flexitariens ont été associés à une incidence plus faible de diabète. Les régimes pesco-végétariens, eux, n'ont pas obtenu de résultats significatifs. Les effets sur le diabète peuvent être très variables selon les différents poissons, mollusques ou fruits de mer consommés, ainsi que selon leur façon d'être cuisinés.

### *3.2.4 Hypertension*

L'hypertension artérielle (HTA), est la maladie chronique la plus fréquente en France. Son incidence augmente avec l'âge : elle concerne 10% des 18-34 ans contre plus de 65% après 65 ans. En effet, la vieillesse induit une perte d'élasticité des artères ce qui constitue un facteur de risque non modifiable. L'INSERM(32) considère qu'un adulte sur trois est atteint, mais que la moitié ne le sait pas. C'est la première cause évitable d'AVC. Comme son nom l'indique, on parle d'HTA lorsque la pression artérielle d'un patient au repos est trop élevée. Soit lorsque la pression systolique (pendant la contraction cardiaque) est supérieure à 140 mmHg, et/ou que la pression diastolique (pendant la relaxation cardiaque) est supérieure à 90 mmHg.

Pettersen et al(33) ont choisi 500 sujets de la cohorte AHS-2 afin d'étudier le lien entre régimes végétariens et hypertension. Toutes catégories confondues (traitées pour HTA ou non), les personnes ayant un régime végétarien ont eu des valeurs d'hypertension estimées inférieures aux non-végétariens. Les végétaliens ont obtenu la plus faible prévalence, suivis des lacto-ovo-végétariens, puis des flexitariens.

Ils ont également remarqué que les rapports de cotes diminuaient fortement lorsque l'IMC a été ajouté au modèle. Cela suggère que l'effet du régime alimentaire sur la pression artérielle est en partie médié par les effets alimentaires sur l'IMC.

Un IMC élevé correspondant à un surpoids ou à une obésité est un facteur de risque de développer une hypertension dit « modifiable ». Il en existe d'autres, comme le diabète, la carence en potassium, la sédentarité, l'alcool, l'hypercholestérolémie, l'excès consommation de sel, le tabac et une alimentation déséquilibrée.(32) La plupart d'entre eux sont diminués par l'adoption d'un régime végétarien :

→ Nous avons déjà abordé l'obésité, le diabète de type 2, ainsi que le l'hypercholestérolémie qui sont tous les trois moins fréquents chez les personnes ayant un régime végétarien.

→ Dans une autre étude de N. Rizzo(34), on note une fine diminution de la natrémie par rapport aux non-végétariens dans les régimes végétalien et pesco-végétarien. A l'inverse, la natrémie semble être plus élevée chez les flexitariens et les ovo-lacto-végétariens. Pour le potassium, la kaliémie semble augmenter dans l'alimentation de tous les sujets végétariens, et ce d'autant plus pour les végétaliens. En effet, les légumineuses, légumes, fruits et fruits secs sont très riches en potassium.(35)

→ Le tableau des caractéristiques de la cohorte AHS-2(25) a relevé un plus grand nombre de fumeurs ainsi qu'une plus grande consommation d'alcool chez les mangeurs de viande, suivi par les flexitariens et pesco-végétariens. Les végétaliens ont obtenu le plus faible pourcentage. L'activité sportive, elle, reste inchangée.

Compte tenu de ces nombreux paramètres influençant l'hypertension artérielle il semble difficile de conclure sur une relation directe entre l'hypertension et ces régimes alimentaires. Néanmoins, ils semblent avoir un impact positif par l'intermédiaire des facteurs présentés.

### *3.2.5 Cancers*

Les facteurs alimentaires seraient à l'origine d'au moins 30% de tous les cancers dans les pays occidentaux. Le réseau NACRe(36) a listé 10 facteurs nutritionnels pertinents en France dans le risque de cancer, en s'appuyant sur des niveaux de preuves scientifiques convaincantes ou probables :

| 5 facteurs cancérigènes | 5 facteurs protecteurs |
|---|---|
| - Alcool<br>- Surpoids et obésité<br>- Viandes rouges et charcuteries<br>- Aliments conservés par le sel<br>- Compléments alimentaires à base de bêta-carotène | - Activité physique<br>- Fruits et légumes<br>- Fibres alimentaires<br>- Produits laitiers<br>- Allaitement |

Tantamango-Bartley et al(37) ont travaillé sur l'impact des régimes végétariens dans l'incidence du cancer. Parmi les 69 120 individus de l'AHS-2 inclus dans l'analyse, ils dénombrent une incidence de 2 939 cancers sur une moyenne de 4,14 ans. L'âge moyen était de 59 ans, avec une proportion plus élevée d'hommes. Les cas avaient également tendance à avoir un IMC plus élevé, moins d'éducation, moins d'activité physique. Ils avaient une consommation légèrement moins fréquente d'alcool, mais avaient généralement des antécédents de tabagisme.

Ils concluent ainsi que le régime végétalien semble conférer un risque plus faible de cancer global. Deux résultats significatifs ont été obtenus. D'une part, une diminution significative du risque de cancers spécifiques aux femmes chez les végétaliens par rapport aux non-végétariens. D'autre part, une diminution significative du risque de cancers gastro-intestinaux chez les lacto-ovo-végétariens, toujours par rapport aux non-végétariens.

On peut observer que selon le réseau NACRe(36), tous les régimes végétariens respectent une partie de ces recommandations. Comme vu précédemment, ils diminuent le surpoids et l'obésité, ils excluent les viandes rouges et charcuteries, et réduisent probablement les apports en sel. Du côté des facteurs protecteurs, la consommation de fruits et légumes est considérablement augmentée ainsi que celle de fibres. Tous ces paramètres sont d'autant plus vrais pour les végétaliens, mais ces derniers ne consomment aucun produit laitier or ils sont considérés comme protecteurs quand ils sont consommés 2 fois par jours.

Leur classification des facteurs nutritionnels en fonction des cancers spécifiques appuie les résultats significatifs de Tantamango-Bartley et al :

→Diminution du surpoids et de l'obésité : réduit le risque de nombreux cancers, dont les cancers du côlon-rectum, de l'endomètre, de l'œsophage, de l'ovaire, du sein (après la ménopause), de la bouche, pharynx et larynx, ainsi que de l'estomac.

→Diminution/exclusion de la viandes rouges et de la charcuterie : diminue le risque du cancer du côlon-rectum.

→Augmentation des fruits et légumes : protecteur vis-à-vis des cancers des voies aérodigestives dans leur ensemble (bouche, pharynx, larynx, nasopharynx, œsophage, poumon, estomac, côlon-rectum).

→Augmentation des aliments contenant des fibres et grains entiers : diminue le risque du cancer du côlon-rectum.

→Les produits laitiers qui sont, entre autres, consommés par les ovo-lacto-végétariens protègent également du cancer du côlon-rectum.

Pour finir, les végétaliens consomment également de grandes quantités de soja ou d'aliments à base de soja. Les aliments à base de soja sont riches en phytoestrogènes que certains spécialistes supposent réducteurs du risque de cancer du sein mais sans résultats significatifs.(38)

Pour conclure sur les bénéfices, ces résultats montrent un bon nombre d'avantages pour la santé des régimes végétariens : diminution du surpoids, de l'obésité, de l'hypertension, du syndrome métabolique, du diabète sucré, possible réduction des taux de certains cancers chez certains végétariens, et diminution de la mortalité toutes causes confondues.

Ces résultats sont néanmoins à prendre avec précaution, les associations présentées ne sont pas toujours liées à une réduction de la consommation de produits d'origine animale. Elles peuvent également résulter d'une augmentation des composantes nutritionnelles liées aux aliments végétaux, comme l'augmentation de l'apport en fibres. De plus, des différences dans l'apport de nutriments spécifiques peuvent être à l'origine de certains de ces bénéfices : comme par exemple les apports plus élevés en potassium, qui est considéré comme un micronutriment important pour la prévention de l'hypertension, ou une consommation accrue de soja qui peut être prise en compte dans la réduction du risque de cancers propres aux femmes des végétaliens.

Après avoir traité les bénéfices de ces régimes, il convient maintenant d'en étudier les risques.

## 4. Carences et risques généraux identifiés

Nous avons vu que le régime des personnes véganes peut diminuer les risques cardiovasculaires, l'hypertension, l'hyperlipidémie, l'incidence de l'obésité, de diabète de type 2 et de cancer. Néanmoins, les auteurs d'une étude publiée dans le *Journal of the American Osteopathic Association* (JAOA)(39) ont travaillé sur certaines carences induites par le régime végétalien. Selon eux, les végétaliens peuvent être exposés à un risque accru de carences en vitamine B12, en fer, en calcium, en vitamine D, en acides gras oméga-3 et en protéines. Nous allons voir quelles conséquences cela pourrait avoir sur la santé des végétaliens à long terme.

### 4.1 Vitamine B12 ou Cobalamine

La vitamine B12 est un micronutriment. Ces derniers sont représentés par les vitamines et les minéraux. Ils n'ont pas de valeur énergétique, ils sont présents en petites quantités dans l'organisme mais sont indispensables à son bon fonctionnement. Certains sont apportés par l'alimentation (apports exogènes), d'autres synthétisés par le corps (apports endogènes).

La vitamine B12 est une coenzyme intervenant dans bons nombres de mécanismes biochimiques essentiels au bon fonctionnement du cerveau, du système nerveux et de la fonction sanguine. Elle doit son activité à son ion cobalt ($Co^{+}$), au centre de son noyau corrine. Elle est exclusivement synthétisée par les bactéries présentes dans les aliments d'origine animale. Les végétaliens stricts n'en n'ont aucun apport.(39)(40)

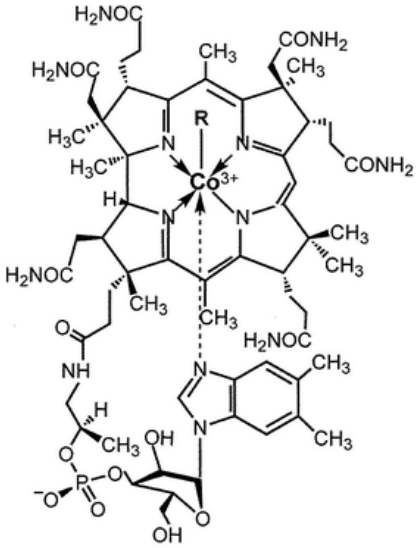



*Figure 5 : Structure chimique de la cobalamine ou vitamine B12*

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en vitamine B12 | 4 µg/j (AS) | 4 µg/j (AS) | 4,5 µg/j (AS) | 5 µg/j (AS) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

L'AS, ou apport satisfaisant, correspond à l'apport quotidien moyen d'une population ou d'un sous-groupe pour lequel le statut nutritionnel est jugé satisfaisant.

### *4.1.1 Rôles de la vitamine B12*

Dans la nature, on retrouve la vitamine soit sous forme d'adénosylcobalamine, soit sous forme de méthylcobalamine. De nombreux rôles leur sont attribués dont les suivants(42) :

- Rôle dans le métabolisme énergétique des mitochondries :

L'adénosylcobalamine tient son rôle dans le métabolisme énergétique au sein des mitochondries. Sous cette forme, la vitamine B12 agit comme une coenzyme afin de catalyser par exemple la réaction de la méthylmalonylCoA mutase, une enzyme mitochondriale de la famille des isomérases, capable d'interconvertir le méthylmalonylCoA et le succinylCoA. Le succinylCoA est un métabolite indispensable au cycle de Krebs, un processus métabolique complexe permettant la production d'énergie au niveau cellulaire.

- Rôle dans la conversion de l'homocystéine en méthionine :

La méthionine synthase est une méthyle transférase. Elle transfert le groupement méthyle de la méthylcobalamine (son cofacteur) à l'homocystéine, qui devient alors une méthionine. L'homocystéine est un facteur de risque important de maladies cardiovasculaires et de thromboses.(43)

- Rôle dans la synthèse d'ADN, en association avec la vitamine B9 :

Pour retrouver son groupement méthyle et redevenir active, la cobalamine récupère celui du méthyltétrahydrofolate (ou MethylTHF) formant alors le tétrahydrofolate (THF) : la forme active de l'acide folique, ou vitamine B9. Ainsi, les rôles des vitamines B9 et B12 sont très étroitement liés par leurs activations réciproques. La forme active de l'acide folique est impliquée dans la synthèse des bases nucléiques constituant l'ADN. La vitamine B12 est donc indirectement essentielle au cycle cellulaire des cellules à division rapide comme par exemple les cellules sanguines ou l'épithélium digestif.

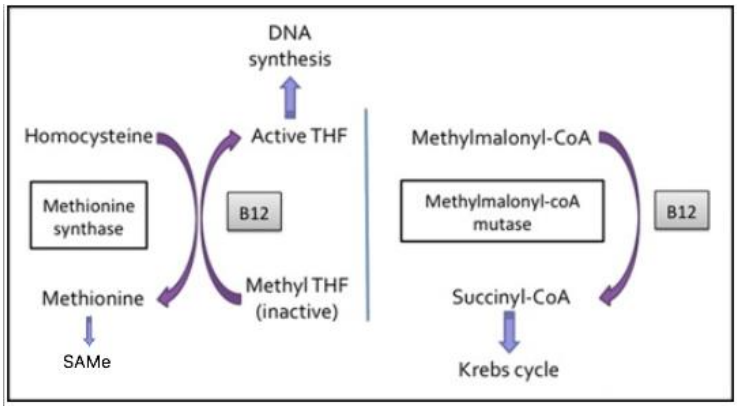



*Figure 6 : Réactions biochimiques liées à la vitamine B12 (44)*

- Rôles des métabolites SAMe

La S-adénosylméthionine (SAMe) est un métabolite obtenu à partir de la méthionine et d'une molécule d'ATP. Elle est impliquée dans de nombreuses réactions biochimiques de transfert de méthyle, notamment les suivantes :

→Synthèse de neuromédiateurs(45) (méthylation de neurotransmetteurs monoamines : sérotonine en mélatonine, noradrénaline en adrénaline)

→ Régulation des gènes (méthylation de l'ADN)

→ Maintien des gaines de myéline (méthylation des protéines stabilisatrices)

### 4.1.2 Sources alimentaires de vitamine B12

La vitamine B12 est la seule vitamine qui est complètement absente dans les fruits et légumes. Les sources animales les plus riches sont les ruminants. En effet, la B12 est produite par des bactéries anaérobies composant la flore de leur premier estomac : le rumen. La vitamine B12 est ensuite absorbée par leur tractus gastro-intestinal pour être transportée principalement vers le foie, les muscles et le lait.(46) Parmi les différentes sources, on trouve :

- Toutes les viandes, notamment les abats
- Les fruits de mer (huîtres, moules, bulots)
- Le poisson (anchois, sardines, maquereaux, thon)
- Certaines algues (ao-nori, nori, dulse, laitue de mer)
- Le fromage (comté, emmental, fromage de brebis)
- Les œufs et le lait en moindre quantité

*Exemples de teneurs d'aliments en vitamine B12(35)*

| *Aliments* | *Teneur pour 100g* |
|---|---|
| *Foie d'agneau cru* | *95,8 µg* |
| *Foie d'agneau cuit* | *60 µg* |
| *Rognons de bœuf cuits* | *26 µg* |
| *Hampe de bœuf braisée* | *4,6 µg* |
| *Côte d'agneau grillée* | *2,8 µg* |
| *Steak haché de bœuf* | *2,3 µg* |

| | |
|---|---|
| *Palourdes bouillies* | *39,5 µg* |
| *Ao-nori séchée* | *30,6 µg* |
| *Huîtres crues* | *28,6 µg* |
| *Sardines à l'huile* | *13,7 µg* |
| *Comté* | *2,59 µg* |
| *Jaune d'œuf cuit* | *2,43 µg* |
| *Lait entier* | *0,24 µg* |

La vitamine B12 est sensible à la chaleur, il faut donc faire attention à la cuisson. De plus, elle a besoin d'être associée au facteur intrinsèque (Fi), une glycoprotéine produite dans l'estomac, pour être assimilée. En effet, ce n'est que sous forme de complexe Fi-B12 que la vitamine va pouvoir être amenée à son récepteur spécifique dans les muqueuses intestinales, être internalisée et passer dans la circulation sanguine. Donc même si l'on ingère de fortes quantités de vitamine B12, la présence limitée de ce facteur intrinsèque rend inutile tout apport supérieur à 2 µg par repas.(47)

### *4.1.3 Carence en vitamine B12*

Les carences sont rares car l'organisme stocke la vitamine B12 pendant plusieurs années. Elle peut donc avoir été stockée à une époque durant laquelle l'individu avait un régime alimentaire non végétalien strict. Néanmoins certaines maladies ou un régime végétalien peuvent en être la cause. Du fait de ses nombreux rôles, les symptômes en cas de carence sont multiples et difficiles à analyser. De plus, ils sont proches des symptômes d'une carence en folates car sans vitamine B12, ces derniers restent sous forme inactive.

Impact sur les cellules à multiplication rapide → Lié au rôle dans la synthèse d'ADN

- Anémie mégaloblastique macrocytaire(48) : L'anomalie de synthèse d'ADN aboutit à une hématopoïèse inefficace. Les mégaloblastes, précurseurs des globules rouges, ont une maturité cytoplasmique plus importante que la maturité nucléaire. Les globules rouges sont de ce fait plus gros, de forme ovale (macro-ovalocyte), et ont une durée de vie très courte. S'installent alors asthénie, pâleur, altération de la concentration et de la force physique.
- Atteinte de l'épithélium digestif (troubles intestinaux, inflammation).

Troubles nerveux → Lié au rôle dans la myélinisation

- Paresthésies, troubles de coordination, de l'équilibre, douleurs.

Troubles cognitifs → Lié au rôle dans la synthèse de neurotransmetteurs

- Perte de mémoire, dépression, psychose.

Troubles cardiovasculaires → Lié au rôle dans la régulation de l'homocystéine

- Une hyperhomocystéinémie serait néfaste principalement par son action pro-oxydante, favorisant la production d'anions superoxyde $O_2^{-}$• par la NO-synthase au détriment du NO vasodilatateur au niveau endothélial. De plus, ces anions favoriseraient la formation de LDL oxydés pro-athérogènes.

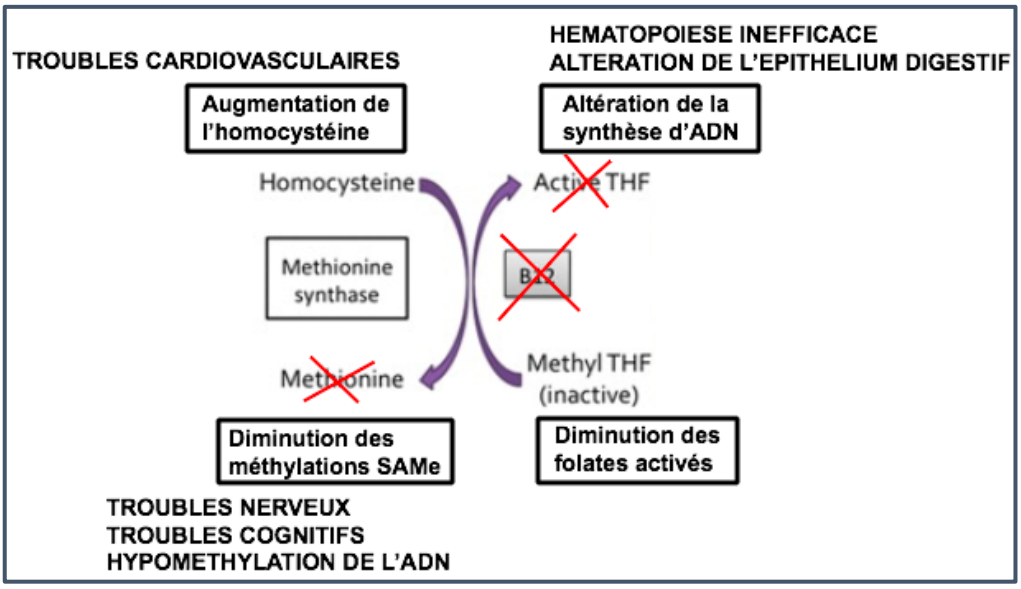



*Figure 7 : Schéma récapitulatif d'une carence en vitamine B12 (44)*

<u>Données chez les végétariens et les végétaliens :</u>

La prévalence des carences en vitamine B12 chez les végétariens et végétaliens est élevée. Néanmoins sa concentration sérique totale seule ne reflète pas de manière fiable le statut en vitamine B12 d'un individu.

Une étude espagnole(49) de 2019 a observé les taux sériques de B12 de 103 ovo-lacto-végétariens et végétaliens. Les résultats révèlent une très faible prévalence de carences. Cependant, ils ont détecté un taux d'acide méthylmalonique élevé chez 10% des sujets, ainsi qu'une hyperhomocystéinémie chez 30% d'entre eux. Aucun ne présentait de signes cliniques. Des suppléments en B12 avaient été consommés par 72,8% d'entre eux.

Une étude en Inde(50) de 2018 a mesuré les taux de vitamine B12 chez 119 végétariens en bonne santé, ne prenant pas de compléments alimentaires. La moitié était déficiente en B12 sérique. Aussi, 70% des hommes et 50% des femmes avaient de faibles concentrations plasmatiques d'holotranscobalamine (holo-TC), et 92% des hommes ainsi que la moitié des femmes souffraient d'hyperhomocystéinémie. Aucun n'a présenté de signes cliniques.

L'holo-TC est une fraction bioactive de la B12, liée à sa protéine de transport, favorisant son absorption. Sa concentration circulante reflète l'apport en B12, tandis que l'homocystéine et l'acide méthylmalonique indiquent sa capacité métabolique. Ces résultats montrent les limites de la vitamine B12 sérique mesurée seule et la nécessité d'utiliser les marqueurs fonctionnels, tels que l'holo-TC, l'homocystéine et l'acide méthylmalonique, afin de détecter au plus tôt l'installation d'une carence.

## 4.2 Fer

Le fer est un minéral indispensable à l'organisme. On en distingue deux formes :
→ Le fer « héminique » est incorporé à l'hémoglobine (Hb) des hématies pour fixer et transporter le dioxygène ($O_2$) dans le sang. On le retrouve aussi dans la myoglobine des muscles qui stocke l'$O_2$. Il représente environ 70% du fer total.
→ Le fer « non héminique » est un fer de réserve, il représente les 30% restants. La protéine permettant le stockage du fer est la ferritine, au niveau du foie et de la rate.(48)(51)

La protéine en charge du transport du fer s'appelle la transferrine. Chaque transferrine peut fixer 2 atomes de fer. Le fer peut ainsi rejoindre son lieu de réserve (rate, foie, muscle) ou la moelle osseuse pour l'hématopoïèse.

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en fer | 11 mg/j (RNP) | 11 à 16 mg/j selon les pertes menstruels | 16 mg/j | 16 mg/j |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

La RNP, ou référence nutritionnelle pour la population, est l'apport quotidien qui couvre le besoin de 97,5 % de la population considérée selon des données expérimentales. Elle était appelée ANC (apport nutritionnel conseillé) jusqu'en 2016.

Les apports nutritionnels recommandés peuvent être variables d'une femme à l'autre en fonction de ses menstruations, car ces saignements périodiques représentent une perte plus ou moins importante de fer. Pour une femme ayant des pertes menstruelles faibles à normales il est donc recommandé d'apporter 11 mg de fer par jour, contre 16 mg pour une femme ayant des règles abondantes.(52)

### *4.2.1 Rôles du fer*

- Rôle dans les échanges gazeux :

Le fer a un rôle prédominant dans le transport sanguin de l'oxygène inspiré par nos poumons, et donc dans la respiration cellulaire. Les globules rouges sont composés en quasi-totalité par l'hémoglobine, une protéine composée de 4 sous-unités contenant chacune une molécule d'hème. L'hème est composé d'un noyau porphyre avec au centre un atome de fer ferreux ($Fe^{2+}$), ce qui lui confère la capacité de fixer de façon réversible une molécule d'$O_2$. Chaque hématie peut donc fixer et transporter au total 4 molécules d'$O_2$. L'oxygène pourra ainsi diffuser dans tous nos tissus, notamment au niveau des capillaires sanguins, afin d'oxygéner chaque cellule

de notre corps. Elle facilite également le retour d'une partie du $CO_2$ vers les poumons afin qu'il soit expiré.

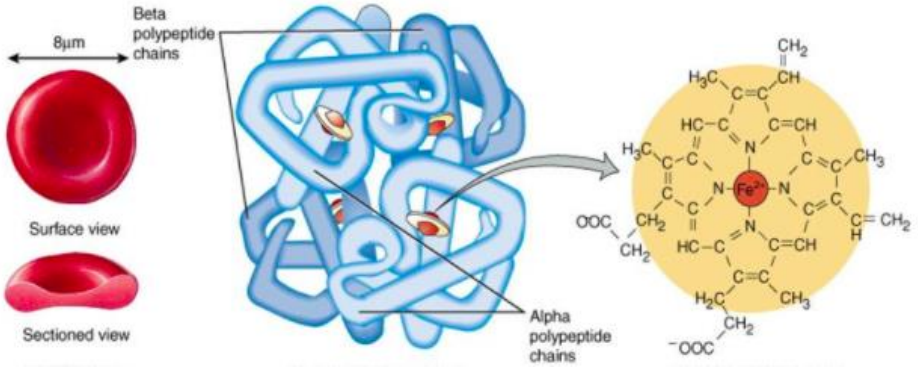



*Figure 8 : Structure de l'hème au sein de l'hémoglobine des hématies (53)*

- <u>Rôle de stockage de l'oxygène par les muscles</u> :

Le fer ferreux fait partie également de la myoglobine. Sa structure est proche de celle de l'hémoglobine, mais ne dispose que d'une sous-unité et d'une molécule d'hème. Elle garde donc cette capacité à fixer l'oxygène, mais dans le but de fournir un stock immédiatement disponible pour les muscles en cas d'effort intense.

L'hème fait aussi partie de la structure de certaines enzymes de la respiration, synthèse d'ADN ou métabolisme, comme par exemple les cytochromes P450.

### 4.2.2 Sources alimentaires de fer

Le fer héminique provient exclusivement de sources animales :

- Viande, abats
- Poisson, fruits de mer

Le fer non héminique provient majoritairement de sources végétales mais pas seulement :

- Produits céréaliers
- Fruits à coque, fruits et légumes
- Œufs et produits laitiers

*Exemple de teneurs d'aliments en fer(35)*

| *Sources de fer héminique* | *Teneur pour 100g* |
|---|---|
| *Boudin noir poêlé* | *22,8 mg* |
| *Moules crues* | *10,9 mg* |
| *Palourdes bouillies* | *9,67 mg* |
| *Magret de canard* | *4,8 mg* |
| *Onglet de bœuf grillé* | *4 mg* |
| *Sardines à l'huile* | *3,3 mg* |
| *Steak haché de bœuf* | *2,83 mg* |
| *Escalope de poulet panée* | *1,6 mg* |

| *Source de fer non héminique /100g* | |
|---|---|
| *Graines de soja* | *15,7 mg* |
| *Graines de lin* | *10,2 mg* |
| *Tomates séchées* | *9,09 mg* |
| *Haricots blancs* | *7,97 mg* |
| *Lentilles sèches* | *6,51 mg* |
| *Amandes* | *3 mg* |
| *Œuf au plat* | *2,6 mg* |
| *Fromage de chèvre* | *1,88 mg* |

Les sources végétales contiennent globalement plus de fer que les sources animales, les végétaliens paraissent donc avoir des apports en fer supérieurs aux omnivores. Néanmoins, les quantités absorbées sont bien différentes de celles ingérées. L'absorption du fer végétal n'est que de 5%, et celle du fer héminique est d'environ 20%, du fait de l'hème des viandes.(54) Cette absorption du fer non héminique peut varier : elle est augmentée quand il est consommé en association avec de la vitamine C (présente par exemple dans les fruits), et diminuée avec la prise rapprochée de thé ou de café.

### *4.2.3 Carence en fer*

Appelée aussi carence martiale, c'est l'une des carences nutritionnelles les plus courantes dans le monde. Elle est plus fréquente chez les femmes, chez les jeunes et chez les végétaliennes. Les signes sont discrets lors d'une carence modérée :

Impact sur l'hématopoïèse → Lié au rôle dans la synthèse de l'hème

- Anémie ferriprive(55) : Suite à une longue période d'épuisement des réserves ferriques. L'érythropoïèse est altérée car il n'y a plus le fer nécessaire à la synthèse de l'Hb. L'oxygénation des tissus est diminuée. Les symptômes de l'anémie sont les symptômes généraux d'une carence en fer : faiblesse générale, fatigue physique et intellectuelle, dyspnée, vertiges, pâleur.

<u>Données chez les végétariens et les végétaliens</u>

Pour déterminer le statut en fer d'un patient, la HAS recommande de s'appuyer sur le taux de ferritine, la protéine qui stocke le fer, qui diminue en cas de carence.

Pawlak et al(56) ont étudié le statut ferrique des adultes végétariens à l'aide de taux de ferritine selon les régimes évaluées dans 10 études différentes, puis de taux d'hémoglobine à partir de 8 études. Ils concluent que les végétariens sont plus sujets à un déficit en fer car leur taux de ferritine étaient globalement inférieurs à ceux des non-végétariens. Aussi, les femmes végétariennes présentaient une prévalence d'anémie considérablement plus élevée jusqu'à la ménopause. Conformément à la ferritine, les participantes végétariennes avaient des taux d'hémoglobine inférieurs à la normale, et plus faibles que les participants masculins.

## 4.3 Calcium

Le calcium est l'élément minéral le plus abondant dans l'organisme. Il agit au niveau des tissus osseux et de l'équilibre électrolytique corporel.(39)(57)

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en calcium avant 25 ans | 1000 mg/j | 1000 mg/j | 1000 mg/j | 1000 mg/j |
| Apports en calcium après 25 ans | 950 mg/j | 950 mg/j | 950 mg/j | 950 mg/j |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Les besoins en calcium évoluent beaucoup chez les jeunes pour leur croissance. Aujourd'hui les RNP se situent entre 200 et 280 mg pour le nourrisson, à 450 mg de 1 à 3 ans, à 800 mg chez l'enfant de 4 à 10 ans, et à 1150 mg de 11 à 17 ans. Ces références nutritionnelles ont été complètement réévaluées en 2021.

### *4.3.1 Rôles du calcium*

- Rôle de minéralisation des tissus osseux(58) :

99% du calcium participe à la formation, la croissance et la solidité des os et des dents. Les tissus osseux se composent de 50 à 60% de phase minérale, représentée en majorité par des cristaux d'hydroxyapatite formés à partir de calcium et de phosphate ($PO_4$). Ces cristaux sont responsables de la rigidité et de la résistance des os et de l'émail. Les ostéoblastes et les chondroblastes sont les cellules en charge de cette minéralisation osseuse, par leurs enzymes phosphatases alcalines.

Le 1% restant est sous forme ionisée ($Ca^{2+}$), qui est sa forme active. Le calcium sert ici de second messager intervenant dans de multiples cascades de régulation comme pour la coagulation sanguine, la contraction musculaire, la conduction nerveuse ou la libération d'hormones. Nous citerons de deux d'entre elles :

- Rôle dans la contraction musculaire(59) :

Initialement, l'acétylcholine déclenche un potentiel d'action qui progresse jusqu'au réticulum sarcoplasmique des myocytes où est stocké le calcium. Il est alors libéré dans le sarcoplasme (cytoplasme du myocyte), déclenchant ainsi la contraction, avec la formation du complexe actine-myosine.

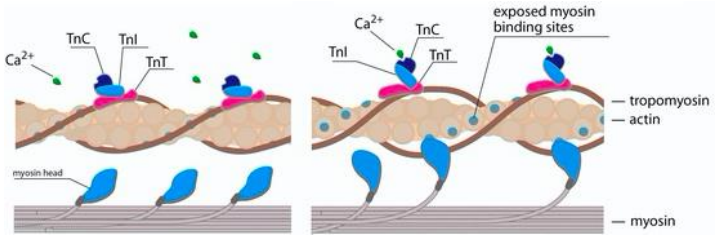



*Figure 9 : Formation du complexe actine-myosine du muscle strié squelettique (59)*

- Rôle dans la conduction nerveuse(60) :

En arrivant au terminal présynaptique, un potentiel d'action ouvre les canaux $Ca^{2+}$ voltage-dépendants et augmente la concentration en $Ca^{2+}$. L'augmentation présynaptique du calcium stimule l'interaction de la synaptotagmine avec les autres protéines du complexe SNARE, complexe responsable de la fusion membranaire des vésicules synaptiques contenant les neurotransmetteurs. Le calcium déclenche la fusion, l'exocytose et la libération des neurotransmetteurs dans la fente synaptique.

La régulation phosphocalcique est principalement médiée par la PTH (hormone parathyroïdienne), hypercalcémiante et hypophosphatémiante, et le calcitriol (vitamine D active), hypercalcémiant et hyperphosphatémiant.(61)

### 4.3.2 Sources alimentaires de calcium

Le tissu osseux se renouvelle constamment, nécessitant une alimentation riche en calcium. Une grande partie du calcium est excrétée : sur une ingestion de 1000mg par jour et de 200mg sécrétés en plus par la bile ou autres sécrétions digestives, soit sur 1200mg, il y a seulement 200 à 400mg de calcium absorbé (selon la PTH et la vitamine D active). Les 800 à 1000mg restants sont excrétés dans les selles. L'excrétion rénale, elle, représente plus ou moins 200 mg par jour selon les taux de PTH circulants.(61)

On en trouve dans différents aliments :

- Produits laitiers essentiellement
- Certains légumes-feuilles et choux
- Fruits secs
- Eaux minérales

*Exemples de teneurs d'aliments en calcium(35)*

| *Sources animales* | *Teneur pour 100g* |
|---|---|
| *Parmesan* | *1160 mg* |
| *Gruyère* | *1090 mg* |
| *Comté* | *993 mg* |
| *Fromage de chèvre* | *895 mg* |
| *Sardines à l'huile* | *798 mg* |
| *Camembert* | *449 mg* |
| *Œuf à la coque* | *150 mg* |
| *Fromage blanc nature* | *134 mg* |
| *Soupe de poisson* | *130 mg* |
| *Lait entier* | *120 mg* |

| *Sources végétales* | *Teneur pour 100g* |
|---|---|
| *Ao-nori* | *1619 mg* |
| *Fenouil* | *1200 mg* |
| *Quatre épices* | *661 mg* |
| *Amandes grillées* | *268 mg* |
| *Graines de lin* | *228 mg* |
| *Chou frisé* | *185 mg* |
| *Haricots blancs secs* | *183 mg* |
| *Escalope végétale (soja)* | *160 mg* |
| *Roquette crue* | *160 mg* |
| *Épinards cuits* | *140 mg* |

*+ Eaux minérales : St-Antonin (56,8 mg), Hépar (54,9 mg), Contrex (46,8 mg), Vittel (24 mg) pour 100g soit environ 100mL*

Les différences de teneurs en calcium selon les fromages se traduit par la texture de la pâte : plus la pâte est dure, plus le fromage est riche en calcium.

Pendant nos 20 premières années, la formation et la croissance osseuse est plus importante que la dégradation. Puis à partir de 30 ans la balance s'inverse lentement, il s'en suit une perte osseuse physiologique qui deviendra plus importante à partir de 50 ans chez la femme et 60 ans chez l'homme. Les apports recommandés en calcium seront donc importants toute notre vie, et différents selon l'âge.

### *4.3.3 Carence en calcium*

La calcémie est très finement régulée par la PTH et la vitamine D active. Lorsque les apports en calcium sont diminués, elles se chargent d'augmenter son absorption intestinale et de diminuer son élimination rénale. Ainsi, une carence en calcium est bien souvent liée à une carence en vitamine D, et n'est visible que tardivement, lorsque surviennent des modifications au niveau de l'os (mauvaise constitution osseuse chez le jeune, décalcification chez l'adulte et la personne âgée) :

Troubles osseux → Lié à son rôle de minéralisation des tissus

- Douleurs, déformations osseuses (rachitisme chez l'enfant, ostéomalacie chez l'adulte) : La diminution du calcium et/ou phosphate dans l'environnement des chondrocytes et ostéoblastes présents dans la matrice squelettique en formation engendre une baisse de produit phosphocalcique.
- Ostéoporose précoce ?

Il convient de considérer son rôle dans les troubles osseux avec précaution, notamment pour l'ostéoporose. Reid et al(62) constatent en 2015 que la plupart des études montrent peu de preuves d'une relation entre apport calcique et densité osseuse. Les données du groupe placebo de l'étude d'Auckland Calcium montrent qu'il n'y a pas de relation entre apport alimentaire en calcium et taux de perte osseuse sur 5 ans chez les femmes âgées en bonne santé avec des apports variant de 400 à 1500mg par jour. Ils ne constatent qu'une augmentation de la DMO (densité minérale osseuse) de 1 à 1,5% à partir d'une supplémentation de 1200mg de calcium par jour, en plus de l'alimentation(63).

Troubles musculaires → Lié à son rôle dans la contraction

- Douleurs, perte du tonus musculaire, tétanies : le potentiel d'action arrive aux fibres musculaires qui ne peuvent plus se contracter sans calcium.

Troubles neurologiques → Lié à son rôle dans la libération des neurotransmetteurs

- Convulsions : les influx nerveux sont bloqués, impossibilité de faire circuler les neurotransmetteurs provoquant un dysfonctionnement cérébral général.

Données chez les végétariens et les végétaliens

Aucune étude n'a démontré de lien concluant entre le régime végétalien et un risque accru de fracture ou d'ostéoporose. L'étude de Rizzo et al(34) a recueilli des apports en calcium plus faibles chez les végétaliens, mais semblant suffisants. Par ailleurs, ce résultat n'était pas significatif. Enfin, les déficits en calcium sont majoritairement la conséquence d'un déficit en vitamine D.

## 4.4 Vitamine D

La vitamine D est essentielle à l'absorption de certains minéraux comme le calcium et le phosphate. Il en existe plusieurs : la vitamine D2 ou ergocalciférol, produite par les végétaux, et la vitamine D3 ou cholécalciférol, produite par les animaux. Elles seront toutes les deux métabolisées chez l'Homme en 1,25-dihydroxycholecalciferol ou calcitriol qui sera le métabolite actif, régulé par la PTH. On peut donc les appeler communément « vitamine D ».(64)

Une grande partie de la vitamine D vient d'une production endogène, au niveau de l'épiderme lors de l'exposition solaire. Les rayons UVB réagissent avec le 7-déhydrocholestérol (provitamine D cutanée) pour produire la pré-vitamine D3, qui est isomérisée en cholécalciférol (vitamine D3). A partir de là, les vitamines D3 issues de l'alimentation et celles issues de l'exposition solaire sont métabolisées de la même façon. Leur métabolisation est menée par des cytochromes P (CYP) dans les cellules hépatiques et rénales. La première hydroxylation a lieu dans le foie, elle forme ainsi une réserve de vitamine D3 dont la demi-vie est de 2 à 3 semaines. La deuxième hydroxylation au niveau du rein est activatrice, elle est régulée par la PTH lorsque l'organisme a besoin de sa forme activée dont la demi-vie n'est que de 4 heures.(65)

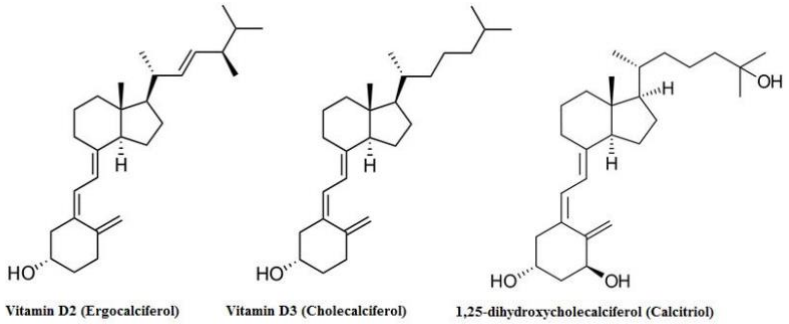



*Figure 10 : Structures chimiques des vitamines D et de leur métabolite actif*

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en vitamine D | 15 µg/j (AS) | 15 µg/j (AS) | 15 µg/j (AS) | 15 µg/j (AS) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

La RNP peut varier selon l'exposition solaire, entre 5 et 15µg par jour.(66)

### *4.4.1 Rôles de la vitamine D*

- Rôle dans l'absorption du calcium et du phosphate(65) :

Le principal rôle de la vitamine D est d'augmenter l'absorption du calcium et du phosphate par l'intestin, et de diminuer leur élimination au niveau du rein.

→ Au niveau intestinal, elle augmente la synthèse du transporteur CaT1 sur la bordure en brosse des entérocytes, qui est le mode d'action majeur d'absorption du calcium alimentaire. Puis elle augmente la synthèse de la calbindine qui transporte le calcium entre les entérocytes et le plasma, entraînant la diffusion passive du phosphate.

→ Au niveau rénal, elle augmente la réabsorption tubulaire du calcium par action directe sur le canal calcique ECaC. Son effet sur la réabsorption tubulaire des phosphates est lié à l'inhibition de la PTH induite par l'hypercalcémie créée.

Les rôles qui en découlent sont donc étroitement liés à ceux du calcium :

- Rôle de minéralisation du tissu osseux(65) :

D'une part, par l'augmentation de l'absorption du calcium et du phosphate qui forment la phase minérale. D'autre part, en activant la résorption osseuse en favorisant la différenciation et l'activation des cellules souches de l'os en ostéoclastes.

- Rôle dans la contraction musculaire : par l'intermédiaire du calcium
- Rôle dans la conduction nerveuse : par l'intermédiaire du calcium

Hormis la régulation phosphocalcique :

- Rôles dans le système immunitaire(67) :

La vitamine D possède des récepteurs nucléaires VDR lui permettant de réguler la transcription de gènes. Ici, la vitamine D agit comme modulateur de la croissance, du statut de différenciation et de la fonction de diverses cellules, y compris les cellules du système immunitaire, à la fois inné et adaptatif.

→ La réponse immunitaire innée est améliorée par la stimulation de la destruction des agents pathogènes par les macrophages, et l'augmentation de la production de peptides antimicrobiens comme la cathélicidine.

→ Au niveau de la réponse adaptative, elle empêche les réactions disproportionnées du système immunitaire en stimulant la différenciation des lymphocyte T régulateurs. Elle régule ainsi les réactions inflammatoires excessives et limite l'apparition de pathologies auto-immunes.

### 4.4.2 Sources alimentaires de vitamine D

La vitamine D est liposoluble, elle est donc principalement présente dans les aliments contenant des matières grasses :

- Poissons gras (hareng, maquereau, sardine, saumon etc.)
- Huile de foie de morue
- Produits laitiers enrichis en vitamine D
- Céréales, champignons

*Exemples de teneurs d'aliments en vitamine D(35)*

| Sources animales | Teneur pour 100g |
|---|---|
| Huile de foie de morue | 250 µg |
| Foie de morue | 54,3 µg |
| Chinchard cru | 48,5 µg |
| Œufs de cabillaud fumés | 27,2 µg |
| Hareng fumé | 22 µg |
| Maquereau frit | 12,3 µg |
| Sardines grillées | 12,3 µg |
| Saumon vapeur | 8,7 µg |
| Graisse de canard | 4,8 µg |

| Sources végétales | Teneur pour 100g |
|---|---|
| Cacahuètes | 10,3 µg |
| Margarine végétale | 7,5 µg |
| Chanterelle, crue | 5,3 µg |
| Girolle crue | 5,3 µg |
| Morille crue | 5,1 µg |
| Blé soufflé enrichis | 4,2 µg |
| Céréales enrichies | 2,8 µg |
| Sauce vinaigrette | 1,8 µg |
| Laitue de mer | 1,31 µg |

La source la plus importante reste la peau, qui a une grande capacité à produire de la vitamine D3 lors de l'exposition au soleil. Elle sera en partie destinée aux réserves pour les saisons hivernales, au niveau du foie et des tissus adipeux. Les carences sont donc principalement dues à un manque d'exposition.

### 4.4.3 Carence en vitamine D

Les symptômes d'une carence en vitamine D sont principalement similaires à ceux de la carence en calcium pour les répercussions osseuses :

Troubles osseux → Lié à son rôle dans la minéralisation des tissus

- Douleurs, déformations osseuses (rachitisme chez l'enfant, ostéomalacie chez l'adulte) : La baisse d'absorption du calcium et du phosphate engendre une baisse de produit phosphocalcique du niveau des tissus osseux.
- Ostéoporose précoce : Contrairement au calcium, des études prouvent que le statut de la vitamine D est lié à la DMO, et à la prévalence de l'ostéoporose.(68)

Troubles musculaires → Lié au rôle du calcium dans la contraction

- Douleurs, perte du tonus musculaire, tétanies.

Troubles neurologiques → Lié au rôle du calcium dans la transmission nerveuse

- Convulsions.

Autres symptômes, sans rapport avec le calcium :

Troubles immunologiques → Lié à son rôle immunomodulateur

- Augmentation du risque d'infections, augmentation de l'auto-immunité.

Comme pour le calcium, certains âges sont plus à risque de développer une carence. Sont surtout concernés les jeunes enfants en pleine croissance, et les personnes âgées qui ont une perte osseuse importante. De plus, l'absorption ou la synthèse de la vitamine D diminuent avec l'âge. Il est important de surveiller et d'informer les personnes âgées qui ne s'exposent pas au soleil.

Données chez les végétariens et les végétaliens

Les facteurs les plus important concernant les variations du taux de vitamine D active sont le degré de pigmentation de la peau (les peaux noires synthétisent moins de vitamine D que les peaux blanches), et la quantité ainsi que l'intensité de l'exposition au soleil, largement devant le régime alimentaire.(69) Mais bien que la majeure partie soit synthétisée par la peau, Rizzo et al(34) ont observé une baisse significative de vitamine D uniquement chez les végétaliens stricts. Les végétaliens doivent donc s'assurer que leurs apports soient suffisants.

## 4.5 Acides gras oméga-3

Les acides gras oméga-3 font partie de la classe des lipides. Ils sont au nombre de 3 : ALA (acide alpha-linolénique), EPA (acide eicosapentaénoïque) et DHA (acide docosahexaénoïque). Le précurseur ALA est apporté uniquement par l'alimentation, il est dit essentiel car le corps ne sait pas le synthétiser lui-même. A partir de ce précurseur se forme l'EPA, puis le DHA.(70)

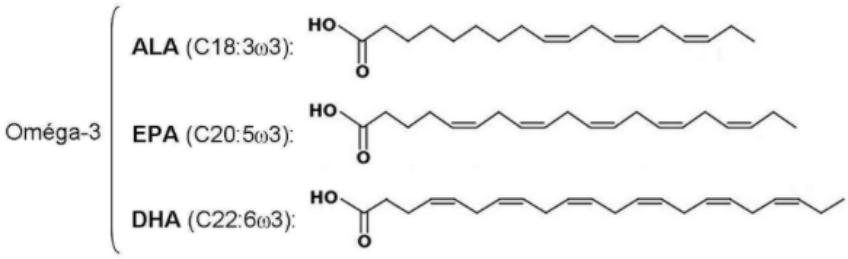



*Figure 11 : Structures chimiques des acides gras oméga-3*

On les appelle acides gras polyinsaturés (AGPI) du fait de leurs doubles liaisons. Il existe aussi les AGPI oméga-6 dont l'acide linoléique (LA), qui ne sont pas un problème dans le régime végétalien puisqu'ils sont retrouvés en grandes quantités dans les huiles végétales.

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en ALA | 1% de l'AE | 1% de l'AE | 1% de l'AE | 1% de l'AE |
| Apports en EPA+DHA | 500 mg/j (AS) | 500 mg/j (AS) | 500 mg/j (RNP) | 500 mg/j (RNP) |
| Sources | Anses 2016(71) | Anses 2016(71) | Efsa 2017(72) | Efsa 2017(72) |

Pour les apports en ALA, 1% de l'AE représente un apport quotidien de 2,2 g pour une consommation moyenne de 2000 kcal par jour.

Les références nutritionnelles pour les macronutriments énergétiques s'expriment en pourcentage de l'apport énergétique total (AET) comprenant les lipides, les glucides et les protéines. L'ANC en lipides totaux est compris entre 35 et 40% de l'AE pour un adulte consommant 2000 kcal.(73)

### *4.5.1 Rôles des oméga-3*

ALA (acide alpha-linoléique) :

- Rôle de précurseur des DHA et EPA :

L'ALA ingéré est métabolisé dans les hépatocytes du foie en EPA, en passant de 18 à 20 carbones, puis en DHA à 22 carbones, par l'action d'enzymes élongases. Cependant, l'ALA est un lipide très sensible à la β-oxydation du fait de ces nombreuses doubles liaisons. Cette réaction apporte de l'énergie cellulaire. La quantité disponible en ALA pour être convertie en EPA ou DHA est donc faible.

Le taux de conversion d'ALA en EPA dans le foie a été estimé à environ 21% chez les jeunes femmes en âge de procréer contre 8% chez les jeunes hommes. Le taux de conversion d'ALA en DHA lui, à 9,2% chez ces femmes contre seulement 0 à 4% chez ces hommes.(74)

EPA (acide eicosapentaénoïque) :

L'acide arachidonique (AA), à partir des phospholipides membranaires par des phospholipases, génère des médiateurs appelés les eicosanoïdes. Cette famille comprend les leucotriènes, les prostaglandines, les thromboxanes, et des médiateurs anti-inflammatoires pour la phase d'arrêt : les lipoxines.

Une alimentation riche en EPA entraîne le remplacement partiel de l'AA des membranes cellulaires par celui-ci, ce qui lui permet de réguler certains mécanismes des eicosanoïdes, des molécules importantes dans l'inflammation, la coagulation, et la vasomotricité.

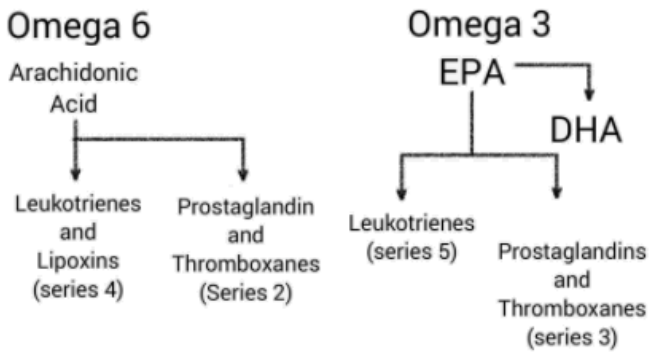



*Figure 12 : Métabolismes de l'acide arachidonique et de l'EPA*

- <u>Rôle dans l'inflammation(75)</u> :

Les leucotriènes de série 4 sont formés à partir de l'AA par l'action d'une lipoxygénase, ils sont pro-inflammatoires et activateurs de leucocytes. Les prostaglandines de série 2 sont formées à partir de l'AA par une cyclo-oxygénase et sont également pro-inflammatoires. Les oméga-6 sont donc pro-inflammatoires.

Les AGPI oméga-3 sont aussi les substrats de ces enzymes, mais favorisent la formation de leucotriènes de série 5 et de prostaglandine de série 3, qui sont biologiquement moins actives. Les oméga-3 ont donc une action anti-inflammatoire.

Enfin, les lipoxines (également dérivées des oméga-6) prennent rapidement la place des médiateurs de l'inflammation pour amorcer la fin de la séquence inflammatoire. En parallèle, l'EPA et le DHA produisent des médiateurs essentiels à la fin de la réaction inflammatoire comme la résolvine, la protectine, la neuroprotectine.

- <u>Rôle dans l'agrégation plaquettaire(75)</u> :

Certaines prostaglandines de série 2 issues de l'AA forment le thromboxane de série 2 sous l'action de la thromboxane synthase. Il possède des propriétés agrégantes et vasoconstrictrices. A l'inverse, le thromboxane de série 3 issu de l'EPA est antiagrégant plaquettaire et vasodilatateur. Les oméga-3 semblent donc avoir la capacité de fluidifier le sang (à leur mesure), et de diminuer la pression artérielle.

- <u>Rôle dans la protection cardiovasculaire</u> ?

Selon certaines études, un apport suffisant en oméga-3 semble avoir un effet bénéfique sur la pression artérielle(76)et l'athérosclérose(77). Ils seraient AUSSI capables de réduire le risque d'évènements cardiovasculaires(78). Les mécanismes physiologiques sont encore incertains :

→Athérosclérose : l'EPA influencerait les fonctions vasculaires liées à l'athérosclérose comme l'amélioration de la vasodilatation, la stabilisation des membranes endothéliales par les EPA des phospholipides membranaires et la réduction de l'inflammation associées au risque de formation de caillots (en lésant des artères).

Aussi, à fortes doses (>3g par jour), ils diminueraient la triglycéridémie(79) : l'absorption d'oméga-3 augmenterait l'oxydation des lipides dans le foie, notamment ceux des acides gras libres nécessaires à la synthèse des VLDL (lipoprotéines de transport). La baisse des VLDL diminue le transport des triglycérides vers les tissus périphériques et augmenterait son élimination.

DHA (acide docosahexaénoïque) :

Toutes les membranes de nos cellules contiennent des acides gras. Plus ils sont insaturés, plus les bicouches lipidiques sont fluides, et plus faciles sont les échanges membraneux. La fluidité est due aux « coudes » moléculaires introduits par chaque double liaison dans les chaînes latérales aliphatiques.

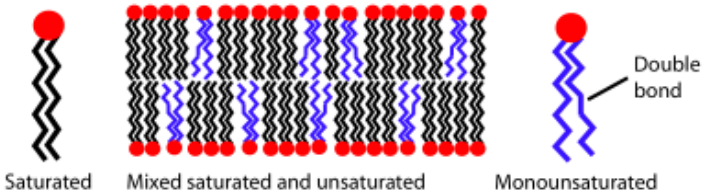



*Figure 13 : Phospholipides et fluidité membranaire (80)*

- <u>Rôle dans le fonctionnement du cerveau et du système nerveux(81)</u> :

Les phospholipides à chaînes polyinsaturées sont très abondants dans les synapses et vésicules synaptiques, notamment ceux incorporant les DHA. Ainsi, la membrane plasmique se déforme, se coupe plus facilement, et le taux d'endocytose est accéléré (en particulier avec peu de cholestérol). Au niveau des neurones, les vésicules synaptiques transportent les neurotransmetteurs vers la synapse, puis se reforment rapidement pour recycler le neurotransmetteur. Dans le cerveau, ces lipides stimuleraient donc les fonctions cognitives.

- <u>Rôle dans le fonctionnement de la rétine et de la vue(81)</u> :

Les phospholipides à chaînes polyinsaturées sont également très abondants dans la composition lipidique de la membrane des disques photorécepteurs. Ils facilitent le changement de conformation de la rhodopsine impliquée dans la vision nocturne. Ces mécanismes sont en cours d'exploration et restent encore peu clairs.

### *4.5.2 Sources alimentaires d'oméga-3*

Les sources végétales sont plus riches en oméga-3 et contiennent de l'ALA :

- Noix, graines
- Huiles végétales (colza, soja, lin etc.)

Les poissons gras, sont également riches en oméga-3, mais en EPA et DHA :

- Saumon, maquereau, hareng, sardine, anchois etc.

Enfin, les sources animales terrestres sont moins riches mais plus consommées en France, donc elles apportent la majorité des apports chez les omnivores :

- Viandes
- Œufs
- Produits laitiers

*Exemples de teneurs d'aliments en ALA, d'EPA et de DHA pour 100g(35)*

| ALA | Teneur |
|---|---|
| Graines de chia | 17,8 g |
| Graines de lin | 16,7 g |
| Huile de noix | 11,9 g |
| Huile de colza | 7,54 g |
| Noix séchées | 7,5 g |
| Huile de soja | 6,89 g |
| Mayonnaise | 4,8 g |
| Margarine | 4,55 g |
| Sauce tartare | 4,53 g |
| Sauce béarnaise | 3,7 g |
| Beurre 80% MG | 0,45 g |

| EPA | Teneur |
|---|---|
| Huile de saumon | 13 g |
| Huile de foie de morue | 8,94 g |
| Foie de morue | 6,41 g |
| Hareng fumé | 2,98 g |
| Maquereau moutarde | 2,87 g |
| Sardines à l'huile | 1,24 g |
| Saumon grillé | 0,78 g |
| Rillettes de saumon | 0,78 g |
| Anchois crus | 0,48 g |
| Thon cru | 0,34 g |
| Jambon fumé | 0,07 g |

| DHA | Teneur |
|---|---|
| Huile de saumon | 18,2 g |
| Huile de foie de morue | 10,9 g |
| Foie de morue | 4,76 g |
| Maquereau fumé | 2,45 g |
| Sardines à l'huile | 1,69 g |
| Maquereau moutarde | 1,63 g |
| Saumon grillé | 1,5 g |
| Hareng grillé | 1,2 g |
| Thon cru | 1,08 g |
| Anchois crus | 0,93 g |
| Jaune d'œuf | 0,25 g |

Il est important de noter que les huiles végétales n'apportent pas d'ALA lorsqu'elles sont utilisées en friture car ce dernier est sensible à la chaleur. Ces huiles doivent donc être cuisinées en assaisonnement.

### 4.5.3 Carence en oméga-3

Les symptômes d'une carence en oméga-3 n'ont pas encore été totalement élucidés par les chercheurs. Bien que l'EPA ait majoritairement un rôle dans l'inflammation et le DHA dans le fonctionnement du cerveau, il n'y a pas de symptômes distincts pour une carence en ALA, EPA ou DHA. Leurs structures sont très proches et leurs propriétés le sont aussi. Certaines études ont relevé des troubles pouvant être associés à un déficit en oméga-3 :

Troubles cognitifs(82) : au niveau des synapses, augmentation des eicosanoïdes pro-inflammatoires, diminution de la fluidité membranaire et de la neurotransmission :

- Anxiété, dépression, pertes de mémoire

Troubles cardiovasculaires :

- Hypertension artérielle(76), augmentation des triglycérides(73)
- Augmentation du risque d'infarctus : au niveau du myocarde, perte de fluidité membranaire et augmentation des facteurs agrégants et inflammatoires(83)
- Augmentation de l'athérosclérose, de la mortalité par maladie coronarienne(84)

Selon le Vidal(85), les aliments et compléments alimentaires contenant des acides gras oméga-3 (EPA et DHA) peuvent prétendre à :

→ *« Contribuer au maintien des fonctions normales du cerveau et d'une vision normale si et seulement s'ils contiennent au moins 40mg de DHA pour 100g et 100kcal de produit, et si la personne en ingère au moins 250mg par jour. »*

→ *« Contribuer à maintenir une pression sanguine normale chez les adultes, à condition d'apporter au moins 3g de DHA et EPA par jour, sans dépasser 5g par jour. »*

→ *« Contribuer à maintenir des taux de triglycérides normaux chez les adultes, à condition d'apporter au moins 2g de DHA et d'EPA par jour (ou 2g de DHA), sans dépasser 5g par jour. »*

A l'inverse, ils ne peuvent prétendre à contribuer aux fonctions intellectuelles normales, à l'humeur positive, et à améliorer la mémoire.

<u>Données chez les végétariens et les végétaliens</u>

Les personnes végétaliennes sont tout à fait aptes à consommer des aliments riches en ALA puisqu'ils sont de sources végétales, néanmoins la conversion d'ALA en EPA et DHA est faible. Ils doivent aussi être apportés par l'alimentation pour que les apports soient suffisants, d'où le risque de carence.

De plus, il existe une compétition entre les oméga-6 et les oméga-3 vis-à-vis des enzymes du métabolisme des AGPI. Des apports élevés en LA chez les végétaliens sont susceptibles de limiter la conversion de l'ALA en EPA et DHA. Ainsi, le rapport oméga 6/oméga 3 adapté se trouve autour de 4/1. Burns-Whitmore et al(86) ont travaillé sur cette compétition et suggèrent des recommandations distinctes pour les végétaliens adultes, s'élevant entre 2,2 et 4,4g par jour d'ALA.

Jusqu'à maintenant, aucune étude n'a révélé de troubles spécifiques chez les personnes suivant un régime végétalien avec un faible apport en acides oméga-3.

Les végétaliens concernés peuvent augmenter leur consommation d'aliments contenant de l'ALA, et les professionnels de la santé peuvent informer les patients que des suppléments de DHA à base de plantes (comme ceux dérivés des algues) sont disponibles.(39)

## 4.6 Protéines

Les protéines sont formées par plusieurs unités : les acides aminés, reliés entre eux par des liaisons peptidiques. Ils forment ainsi des chaînes linéaires qui constituent la structure primaire de la protéine. Ils s'organisent ensuite en feuillet plissé ou en hélice alpha pour la structure secondaire, puis se replie sur eux même pour former la structure tertiaire. Enfin, plusieurs chaîne d'acides aminés s'allient pour former la structure quaternaire de la protéine.(39)(87)

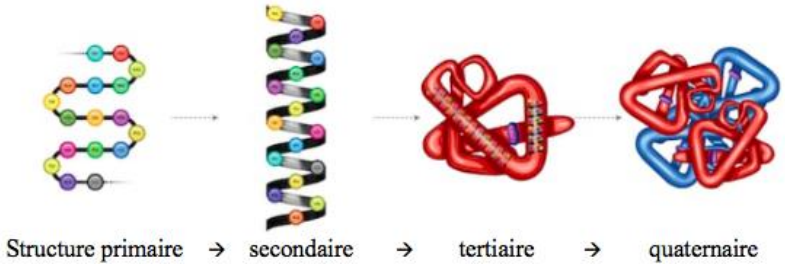



*Figure 14 : Exemple des étapes d'organisation d'une protéine dans l'espace, avec les structures primaire, secondaire (en hélice), tertiaire et quaternaire (88)*

L'Homme utilise 20 acides aminés protéogènes pour former ses protéines, et seulement 11 sont synthétisés par l'organisme[1]. Les 9 autres acides aminés sont dits « essentiels »[2], ils doivent impérativement être apportés par l'alimentation.

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en protéines | 10 à 20% de l'AE | 10 à 20% de l'AE | 12 à 20% de l'AE à partir du 3ème trimestre | 12 à 20% de l'AE |
| Sources | Anses 2016(71) | Anses 2016(71) | Anses 2016(71) | Anses 2016(71) |

Plus précisément, 10% de l'AE correspond à un apport quotidien en protéines de 0,8g/kg selon le poids de l'individu. Cette valeur ne fait pas tout, car avoir un apport suffisant en protéines ne garantit pas un apport suffisant en acides aminés essentiels, or chaque acide aminé a son importance. Les acides aminés présents dans les aliments diffèrent selon les sources (viandes, produits laitiers, végétaux). Il est donc judicieux de détailler les recommandations d'apport pour ces acides aminés.

Apports recommandés en acides aminés essentiels pour un adulte de 70 kg en bonne santé de moins de 60 ans(89) :

| Acide aminés | mg/kg/j | Pour 70 kg |
|---|---|---|
| Histidine (His) | 10 | 0,7 g |
| Isoleucine (Ile) | 20 | 1,4 g |
| Leucine (Leu) | 39 | 2,73 g |
| Lysine (Lys) | 30 | 2,1 g |

| | | |
|---|---|---|
| Méthionine (Met) *+ Cystéine (Cys)* | 15 | 1,05 g |
| Phénylalanine (Phe) *+ Tyrosine (Tyr)* | 25 | 1,75 g |
| Thréonine (Thr) | 15 | 1,05 g |
| Tryptophane (Trp) | 4 | 0,28 g |
| Valine (Val) | 26 | 1,82 g |

[1] Acides aminés « non essentiels » : Alanine, Arginine, Asparagine, Aspartate, Cystéine, Glutamate, Glutamine, Glycine, Proline, Sérine, Tyrosine

[2] Acides aminés « essentiels » : Histidine (chez le nourrisson), Isoleucine, Leucine, Lysine, Méthionine, Phénylalanine, Thréonine, Tryptophane, Valine

Une grande partie des protéines sont recyclées. Le besoin nutritionnel en acides aminés est surtout lié aux pertes. Ils sont principalement éliminés par voie oxydative fournissant ainsi de l'énergie aux cellules, et en formant du $CO_2$ (dans l'air expiré), du $NH_4^+$et de l'urée (dans les urines). Dans une moindre mesure, d'autres pertes ont lieu par les cheveux, la desquamation ou les intestins.(90)

### *4.6.1 Rôle des protéines*

Par leur diversité, les protéines ont énormément de rôles physiologiques :

- Rôles structuraux : dans l'architecture cellulaire et le renouvellement des différents tissus (musculaire, osseux, épidermique, phanères, des organes).
- Rôles fonctionnels : dans tous les mécanismes physiologiques. Les anticorps, l'hémoglobine, les enzymes, les récepteurs, et même certaines hormones sont des protéines.

La fraction d'acides aminés sous forme libre dans l'organisme est faible. Leur fonction principale est de synthétiser et renouveler les protéines corporelles. Chez un homme adulte en bonne santé de 70kg, les protéines représentent 10 à 12kg. Environ 40% des protéines sont localisées dans le muscle squelettique, 15% dans les tissus structuraux tels que la peau, l'os et le sang, et 10% dans les tissus viscéraux. Près de la moitié de l'organisme se résume en quatre protéines : la myosine, l'actine (dans les muscles), le collagène (structure des tissus) et l'hémoglobine (transport de l'oxygène).(90) Parmi les rôles propres des acides aminés essentiels, nous pouvons citer :

Acides aminés à chaîne ramifiée et renouvellement musculaire

Les acides aminés à chaîne ramifiée (leucine, valine, isoleucine) semblent jouer un rôle fondamental dans la modulation de la synthèse et la dégradation des protéines musculaires. Parmi eux, la leucine est l'acide aminé le plus efficace pour stimuler la synthèse des protéines et inhiber la protéolyse musculaire. (90)

Bien que les acides aminés fournissent un plus faible pourcentage d'énergie, l'oxydation de la leucine au niveau musculaire paraît également être une source de carburant alternative pendant un effort, notamment chez les hommes. En effet, les femmes puisent plutôt leur énergie dans l'oxydation des lipides, qui fournit plus d'énergie que l'oxydation des glucides, plus utilisée par les hommes.(91)

Histidine et protéines contractiles

La 3-MH est dérivé de l'histidine dont certains résidus sont méthylés après incorporation dans les protéines contractiles actine et myosine. Son niveau d'excrétion dans les urines est un bon reflet de la dégradation des protéines contractiles lors d'un exercice physique intense car elles ne peuvent pas être réutilisées.(90)

Acides aminés soufrés et mécanismes de régulation

La méthionine et la cystéine sont des acides aminés soufrés intervenant dans de nombreuses fonctions vitales. Bien que la cystéine ne soit pas un acide aminé essentiel, elle est liée à la méthionine car cette dernière est un de ses précurseurs.

La méthionine, au travers des SAMe comme vu précédemment *(page 19)*, est un élément indispensable des réactions de méthylation dans l'organisme.

La cystéine se lie avec le glutamate et la glycine pour former le glutathion, un peptide ubiquitaire central dans le fonctionnement cellulaire. En particulier par son rôle antioxydant, il lutte contre radicaux libres nocifs en excès. Dans les situations de stress oxydant (tabagisme, vieillissement), le besoin en glutathion réduit est accru.(90)

Acides aminés et neurotransmetteurs

Certains acides aminés sont précurseurs de neurotransmetteurs. Le tryptophane est le précurseur de la sérotonine. La phénylalanine est un précurseur de la tyrosine, qui fait partie de la synthèse de la dopamine. Dans les acides aminés non essentiels, le glutamate à lui seul est un neurotransmetteur excitateur, ainsi que le précurseur du GABA.(90)

### *4.6.2 Sources alimentaires de protéines*

Il existe de multiples protéines différentes. Pour appréhender la qualité protéique que nos aliments nous apportent, il convient de regarder leur composition en acides aminés. Les protéines constituent notamment une réserve d'azote, un élément indispensable à l'organisme.

Les protéines des sources animales sont plus riches en acides aminés essentiels, ces sources sont nombreuses :

- Viande
- Poisson (thon, maquereau, saumon, sardine)
- Œufs
- Lait et produits laitiers (fromages, yaourts, fromages blancs)

Les protéines d'origine végétale sont plus limitées pour l'apport d'acides aminés essentiels, il faut avoir une alimentation variée si les végétaux en sont la seule source :

- Céréales (riz, blé, maïs, quinoa)
- Graines légumineuses (lentilles, fèves, pois) et dérivés (tofu, pois chiche)
- Graines oléagineuses (noix, cacahuètes, amandes, pistaches)

*Exemples de teneurs d'aliments en acides aminés essentiels pour 100g(92) :*

| | *Steak de bœuf cuit, sans gras* | *Poulet rôti* | *Thon blanc en conserve* | *Œuf entier* | *Parmesan* | *Maïs* | *Lentilles bouillies* | *Tofu frit* | *Amandes* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Protéines* | *27,96 g* | *16,57 g* | *26,53 g* | *12,4 g* | *35,75 g* | *9,42 g* | *9,02 g* | *18,82 g* | *21,15 g* |
| *Trp* | *0,184 g* | *0,082 g* | *0,297 g* | *0,166 g* | *0,482 g* | *0,067 g* | *0,081 g* | *0,268 g* | *0,211 g* |
| *Thr* | *1,117 g* | *0,525 g* | *1,163 g* | *0,594 g* | *1,317 g* | *0,354 g* | *0,323 g* | *0,701 g* | *0,601 g* |
| *Ile* | *1,272 g* | *0,469 g* | *1,223 g* | *0,616 g* | *1,894 g* | *0,337 g* | *0,39 g* | *0,852 g* | *0,751 g* |
| *Leu* | *2,224 g* | *0,913 g* | *2,156 g* | *1,05 g* | *3,452 g* | *1,155 g* | *0,654 g* | *1,306 g* | *1,473 g* |
| *Lys* | *2,363 g* | *0,947 g* | *2,437 g* | *0,832 g* | *3,306 g* | *0,265 g* | *0,63 g* | *1,131 g* | *0,568 g* |
| *Met*<br>*Cys* | *0,728 g*<br>*0,361 g* | *0,28 g*<br>*0,138 g* | *0,785 g*<br>*0,284 g* | *0,418 g*<br>*0,385 g* | *0,958 g*<br>*0,235 g* | *0,197 g*<br>*0,17 g* | *0,077 g*<br>*0,118 g* | *0,22 g*<br>*0,238 g* | *0,157 g*<br>*0,215 g* |
| *Phe*<br>*Tyr* | *1,104 g*<br>*0,891 g* | *0,504 g*<br>*0,392 g* | *1,036 g*<br>*0,896 g* | *0,66 g*<br>*0,512 g* | *1,922 g*<br>*1,995 g* | *0,463 g*<br>*0,383 g* | *0,445 g*<br>*0,241 g* | *0,837 g*<br>*0,575 g* | *1,132 g*<br>*0,45 g* |
| *Val* | *1,387 g* | *0,59 g* | *1,367 g* | *0,734 g* | *2,445 g* | *0,477 g* | *0,448 g* | *0,867 g* | *0,855 g* |
| *His* | *0,892 g* | *0,34 g* | *0,781 g* | *0,283 g* | *1,384 g* | *0,287 g* | *0,254 g* | *0,499 g* | *0,539 g* |

Ce tableau traite d'aliments considérés comme riches en protéines dans leur catégorie (végétale ou animale). Il apparaît clairement que les apports en acides aminés essentiels ne sont pas les mêmes. Chez les végétaux, il faut souvent multiplier les sources afin qu'elles se complètent entre elles alors que pour certains aliments d'origine animale une part quotidienne suffit.

Les protéines végétales peuvent présenter un caractère limitant pour un acide aminé, c'est-à-dire qu'il ne sera présent qu'en très petite quantité. Par exemple, la lysine pour les céréales et les acides aminés soufrés pour les légumineuses. Des associations comme riz et soja permettent d'équilibrer l'apport en lysine, faible dans le riz mais élevé dans le soja, et l'apport d'acides aminés soufrés, faibles dans le soja mais élevés dans le riz.(90)

### *4.6.3 Carence en protéines*

L'organisme n'a pas de réserves propres en acides aminés autres que les protéines structurales et fonctionnelles. En cas de besoin, c'est la lyse de protéines plasmatiques comme l'albumine, l'hémoglobine, ou de protéines d'organes comme les muscles ou le foie, qui assure l'apport de composés azotés.(90)

Dans les pays développés comme en France, les carences en protéines sont principalement induites par la vieillesse (sarcopénie), ou dues à un hypercatabolisme lié à une agression aigue (infection, plaie, opération) ou à une maladie chronique (cancer, maladie inflammatoire). Une carence s'installe lorsque les apports deviennent inférieurs aux besoins, et que l'anabolisme devient inférieur au catabolisme. On parle de dénutrition.(93)

Une carence protéique sévère, aussi connue sous le nom de kwashiorkor, s'accompagne des symptômes suivants :

- Perte de poids rapide et faiblesse musculaire(94) :

Pour fournir de l'énergie le corps utilise le tissu adipeux et les protéines. Celles des muscles, du foie et des intestins sont les plus concernés et leur poids diminue.

La fonte musculaire dégrade les myofibrilles responsables de la force musculaire. Cela résulte de la dégradation excessive des protéines parallèlement à une réduction de leur synthèse. Les acides aminés nécessaires au renouvellement protéique étant insuffisants, l'organisme utilise les protéines musculaires comme réserve en augmentant la protéolyse.

- Hypoalbuminémie et œdèmes(95) :

De trop faibles apports protéiques affectent la synthèse de l'albumine dans le foie. Cette protéine plasmatique assure le transport de nombreux nutriments dans tous les tissus l'organisme (lipides, acides aminés, minéraux etc).

C'est aussi la principale protéine responsable du maintien de la pression osmotique qui réparti les liquides corporels entre les vaisseaux et les différents tissus. Une hypoalbuminémie diminue la pression oncotique (car l'eau n'est plus attirée par ces protéines plasmatiques), les liquides auront alors tendance à diffuser vers les tissus périphériques, favorisant l'apparition d'œdèmes.

La restriction protéique peut induire des perturbations cellulaires. En particulier dans les tissus à fort renouvellement cellulaire et protéique, comme le système hématopoïétique. De nombreux processus de développement et de maturation des cellules hématopoïétiques dans la moelle osseuse sont impactés, provoquant notamment une anémie et une leucopénie.

- Anémie normocytaire normochrome(96) :

L'érythropoïèse est inefficace car le déficit protéique induit un arrêt des cycles cellulaires au niveau des cellules progénitrices érythroïdes. Cette anémie est normocytaire et normochromique, c'est-à-dire qu'elle n'altère pas la taille des érythrocytes ni l'hémoglobine, seulement le nombre de globules rouges. Les symptômes sont donc asthénie, pâleur, essoufflement, fatigue physique et psychique.

- Leucopénie et augmentation des infections(96) :

L'altération de la leucopoïèse se caractérise par une leucopénie, avec diminution du nombre de leucocytes (c'est-à-dire granulocytes, monocytes et lymphocytes), ou par l'altération de facteurs de différenciation, compromettant une réponse immunitaire rapide et adaptée. L'individu immunodéprimé est alors prédisposé aux infections. De plus, le manque de protéines perturbe de nombreuses fonctions des macrophages et des lymphocytes restants, comme la phagocytose, la sécrétion d'anticorps ou la production de cytokines pro-inflammatoires.

- Difficultés de rétablissement(97) :

Dans un cadre pathologique, une malnutrition augmente les risques de complications car l'organisme n'est plus en mesure de se défendre et ni se régénérer correctement. Elle prolongera le temps d'hospitalisation d'une personne hospitalisée car le rétablissement général sera plus difficile.

Une diminution de la synthèse protéique empêche les tissus de se régénérer de façon efficace, entraînant une augmentation du temps de cicatrisation des tissus en cas de plaies, escarres, fractures ou suite d'opération.

Enfin, il est fondamental d'apporter des glucides en parallèle d'un apport protéique, et ce d'autant plus chez les sujets âgés ou dénutris. L'insuline stimule la synthèse protéique et inhibe la protéolyse au même titre que l'apport des acides aminés. De plus, l'énergie apportée par les glucides est nécessaire à l'anabolisme protéique. Si l'apport énergétique en glucide est insuffisant, le renouvellement protéique sera inefficace.(93)

<u>Données chez les végétariens et les végétaliens</u>

A ce jour, aucune étude n'a montré que les végétaliens stricts deviennent déficients en acides aminés essentiels. Il conviendra quand même d'informer les végétaliens que pour obtenir un apport adéquat en acides aminés essentiels et en protéines, il faudra varier les sources végétales qui composent leur alimentation.

Pour terminer cette première partie, nous conclurons qu'un régime végétalien chez l'adulte en bonne santé paraît tout à fait compatible avec les apports quotidiens recommandés par les organismes de santé en France, avec même certains bénéfices non négligeables sur la santé. Ce régime semble pouvoir apporter tous les nutriments nécessaires au maintien des fonctions physiologiques humaines, à condition d'avoir une alimentation variée et équilibrée, une exposition solaire suffisante, et certaines connaissances concernant les teneurs de nos différents aliments. Une exception se présente néanmoins pour la vitamine B12 qui n'est présente que dans les aliments provenant de sources animales, et nécessitera une supplémentation sur avis médical. L'apport en fer devra être surveillé notamment chez les jeunes femmes plus susceptibles de développer une carence.

Il convient maintenant d'aborder la seconde partie, qui étudiera les besoins nutritionnels chez la femme enceinte, le rôle de certains nutriments, ainsi que les impacts positifs et négatifs d'un régime végétalien chez la femme enceinte.

# Partie 2 : Impact du régime végétalien sur une femme enceinte

# 1. La conception

Avant d'aborder la grossesse, il est fondamental de commencer par la conception sans laquelle la période de gestation ne peut démarrer. Pour aborder cette première étape, il sera essentiel de parler du statut nutritionnel de la future maman, mais également du futur père car ils ont tous les deux leur rôle dans la conception.

## 1.1 Fertilité et alimentation chez l'homme

Beaucoup de paramètres concernant l'hygiène de vie peuvent influer sur la fertilité masculine. Parmi eux, les habitudes alimentaires sont loin d'être négligeables même si ce n'est pas l'homme qui portera l'enfant à naître. Leniaud L et Lévy R ont rédigé une revue de littérature, « *Nutrition et infertilité masculine* » (98), dans laquelle sont repris les points importants ci-dessous.

### *1.1.1 Indice de masse corporelle*

A partir d'un IMC supérieur à 20, on observe une augmentation linéaire du risque d'infertilité avec un plateau à partir d'un IMC à 32,5. Les causes de cette augmentation avec l'obésité seraient majoritairement liées à des modifications au niveau des spermatozoïdes et au niveau hormonal.

→ Les atteintes au niveau hormonal impliquent l'aromatase, l'enzyme convertissant les stéroïdes C19 (hormones masculines responsables de la spermatogénèse), en œstrogène C18 (hormones féminines). Cette aromatase est présente dans les tissus adipeux c'est-à-dire les graisses : plus l'IMC est élevé, plus il y a d'aromatases aboutissant à une baisse de testostérone. La spermatogénèse, la quantité et les paramètres spermatiques sont de ce fait impactés.

→ Les atteintes spermatiques sont les suivantes : diminution de la concentration en spermatozoïdes, diminution du nombre de spermatozoïdes mobiles, augmentation des formes atypiques et de la fragmentation de l'ADN des spermatozoïdes.(98)

Comme nous l'avons vu précédemment, le régime végétalien peut favoriser une baisse de l'IMC. Ce régime peut donc être bénéfique à la fertilité masculine en limitant la prise de poids des hommes.

### *1.1.2 Acides gras polyinsaturés*

Les acides gras polyinsaturés sont très présents dans la membrane des spermatozoïdes pour sa fluidité, et donc leur mobilité. Cette mobilité est indispensable à la fusion des membranes de la tête du spermatozoïde et de l'ovocyte.

Un lien a été mis en évidence entre un manque d'apports en oméga 3 et une diminution de la mobilité des spermatozoïdes, notamment avec un manque en DHA.

Il faut cependant faire attention, les hommes infertiles sont susceptibles de présenter un déséquilibre entre une surcharge oxydative et une moindre capacité antioxydante. L'excès d'AGPI pourrait donc accroître le stress oxydatif présent dans l'infertilité masculine par leur nombre élevé de double liaison.(98)

Il convient donc d'avoir un apport raisonnable en DHA pour ne pas être en carence ni en excès car les deux cas pourraient impacter la mobilité des spermatozoïdes. Les hommes végétaliens doivent avoir une alimentation riche en huiles végétales, graines et noix afin d'avoir des apports suffisants en oméga 3. D'autres part, ils ne risquent pas l'excès car ils ne mangent pas de poisson.

### *1.1.3 Alimentation riche en antioxydants*

Les radicaux libres sont des molécules instables cherchant à se lier à d'autres molécules, comme nos lipides membranaires, responsables du vieillissement cellulaire. Ils sont appelés espèces réactives de l'oxygène (ERO), ou *ROS* en anglais, et incluent les radicaux hydroxyles HO•, l'anion superoxide $O_2^{-}$•, ou le peroxyde d'hydrogène $H_20_2$. Ils sont produits lors de processus physiologiques normaux.

Lorsqu'il y a plus de facteurs pro que d'antioxydants, les ERO altèrent le pouvoir fécondant des spermatozoïdes par peroxydation des lipides membranaires diminuant ainsi la fluidité membranaire et donc leur mobilité. Ils lèsent aussi l'ADN. Les mutations de l'ADN des spermatozoïdes sont réparées par l'ovocyte dès la fécondation, avant l'activation du génome embryonnaire pour empêcher la transmission. Néanmoins ce mécanisme est insuffisant si la femme est âgée ou si les lésions sont trop importantes.

#### 1.1.3.1 Vitamines C et E

Le régime végétalien est souvent considéré riche en antioxydants. Dans le liquide séminal, on trouve la vitamine C (acide ascorbique) et la vitamine E ($\alpha$-tocophérol) abondamment présentes dans les végétaux : fruits, légumes, huiles, céréales. La vitamine E liposoluble se fixe aux membranes et séquestre les ERO empêchant la peroxydation lipidique. La vitamine C hydrosoluble se trouve dans le cytosol et le fluide extracellulaire, où elle capte directement les ERO.(98)

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| Apports | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| en vitamine C | 110 mg/j (RNP) | 110 mg/j (RNP) | 120 mg/j (RNP) | 170 mg/j (RNP) |
| en vitamine E | 10 mg/j (AS) | 9 mg/j (AS) | 9 mg/j (AS) | 9 mg/j (AS) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

*Exemples de teneurs d'aliments en vitamine C et E pour 100g(35)*

| *Vitamine C* | *Teneur* |
|---|---|
| *Guacamole* | *359 mg* |
| *Goyave* | *228 mg* |
| *Poivron rouge cru* | *159 mg* |
| *Chou frisé* | *145 mg* |
| *Zeste de citron* | *129 mg* |
| *Brocoli* | *106 mg* |
| *Tomate* | *102 mg* |
| *Kiwi* | *92,7 mg* |
| *Poivron rouge cuit* | *81 mg* |
| *Fraise* | *67,4 mg* |
| *Orange* | *57 mg* |
| *Jambon cuit supérieur* | *18,1 mg* |

| *Vitamine E* | *Teneur* |
|---|---|
| *Huile de tournesol* | *58,3 mg* |
| *Huile d'avocat* | *45,3 mg* |
| *Graine de tournesol* | *42,3 mg* |
| *Huile de colza* | *27,7 mg* |
| *Pomme Golden* | *25,9 mg* |
| *Amande émondée* | *23,9 mg* |
| *Huile d'olive* | *21,7 mg* |
| *Noisettes grillées* | *15,3 mg* |
| *Chips à l'ancienne* | *15,3 mg* |
| *Croûtons à l'ail* | *10,1 mg* |
| *Rillettes de thon* | *7,09 mg* |
| *Jaune d'œuf cuit* | *5,0 mg* |

Données chez les végétariens et les végétaliens

Bien que les végétaux soient riches en vitamines C et E, Rizzo et al(34) n'ont pas observé de différence significative entre les apports des végétaliens et ceux des non-végétariens. A l'inverse, une étude danoise(99) sur 1327 sujets en 2015 a observé des apports plus élevés pour ces vitamines chez leurs végétaliens comparés à leur population générale. Un régime végétalien n'apporte donc pas d'avantage évident concernant les apports en antioxydants pour la fertilité chez l'homme. Il est essentiel de manger 5 fruits et légumes par jours, ainsi que de varier ses aliments.

#### 1.1.3.2 Sélénium

Le sélénium (Se) est très présent dans les testicules des mammifères. Il est essentiel à la synthèse des sélénoprotéines, notamment la glutathion peroxydase (GPx), l'antioxydant enzymatique le plus important des spermatozoïdes. Comme vu précédemment, les acides gras polyinsaturés des membranes des spermatozoïdes sont très sensibles au stress oxydatif. Le GPx lutte contre les radicaux libres en catalysant la dégradation des lipides peroxydés empêchant ainsi la dégradation des autres lipides à proximité. Le sélénium est donc indirectement antioxydant.(98)

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en sélénium | 70 µg/j (AS) | 70 µg/j (AS) | 70 µg/j (AS) | 85 µg/j (AS) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Le sélénium est présent de manière générale dans les aliments riches en protéines, notamment les poissons et les fruits de mer. On en retrouve également dans les fruits, légumes, champignons et céréales mais en plus petites quantités.

*Exemples de teneurs d'aliments en sélénium pour 100g(35)*

| *Sources animales* | *Teneur* |
|---|---|
| *Thon égoutté* | *305 µg* |
| *Sole à la vapeur* | *103 µg* |
| *Maquereau frit* | *94,7 µg* |
| *Jaune d'œuf cuit* | *76,4 µg* |
| *Coquilles St-Jacques* | *61,4 µg* |
| *Moules* | *55,7 µg* |
| *Jambon de dinde* | *<50 µg* |
| *Lait entier* | *<50 µg* |

| *Sources végétales* | *Teneur* |
|---|---|
| *Cèpe cru* | *120 µg* |
| *Noix du Brésil* | *103 µg* |
| *Steak de soja* | *<50 µg* |
| *Haricot flageolet cuit* | *<50 µg* |
| *Olive noire à l'huile* | *<50 µg* |
| *Son d'avoine* | *54,2 µg* |
| *Cacahuète* | *30 µg* |
| *Graine de lin* | *28 µg* |

Une carence en sélénium induit une baisse de GPx, l'antioxydant enzymatique le plus important du spermatozoïde. Les apports des antioxydants sont synergiques. Une fois le ERO piégé, soit l'antioxydant est dégradé, soit il participe à des cycles de régénération. Par exemple, la vitamine C radicalaire est recyclée en vitamine C active par la réaction du glutathion réduit (GSH) et de la GPx. La vitamine E radicalaire est régénérée en vitamine E active par la réaction de réduction de la vitamine C.

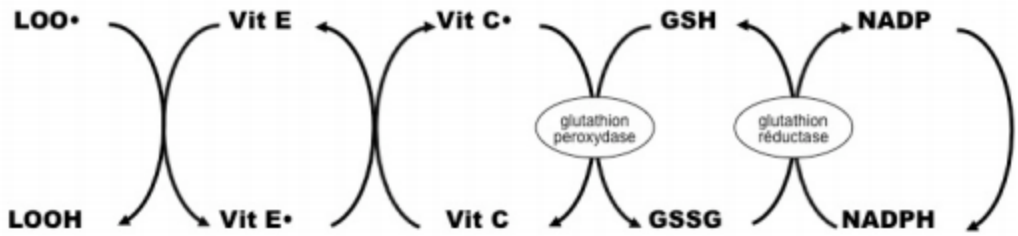



*Figure 15 : Cycles de régénération des vitamines E, C et du glutathion (100)*

Un régime riche en antioxydants multiples est donc bénéfique à la fertilité masculine. En neutralisant les radicaux libres, ils permettent de préserver les membranes des spermatozoïdes, leur mobilité ainsi que la qualité de leur ADN.

Données chez les végétariens et les végétaliens

L'étude danoise(99) de 2015 a observé que les apports de leurs sujets végétaliens étaient significativement plus bas que ceux de leur population générale, autant chez les hommes que chez les femmes. Il n'est encore une fois pas si évident qu'un régime végétalien soit plus riche en antioxydants.

### 1.1.4 Folates ou vitamine B9

Les folates (vitamine B9) sont fondamentaux dans la synthèse d'ADN, y compris celui des spermatozoïdes. Ils participent à la formation de la thymidine et des purines, ainsi qu'à la méthylation de l'ADN. Il a été observé une corrélation entre la concentration séminale en folates et la concentration spermatique. Un déficit peut donc entrainer une baisse de la fertilité par production insuffisante de spermatozoïdes.(98)

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en folates | 330 µg/j (RNP) | 330 µg/j (RNP) | 600 µg/j (AS) | 500 µg/j (RNP) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

On trouve des folates dans de nombreuses sources végétales comme les féculents, les fruits, ou les légumes (feuilles principalement), qu'ils soient frais, surgelés ou en conserve. Les végétaliens ont des apports suffisants en folates(34), voire supérieurs à ceux de la population générale(99).

*Exemples de teneurs d'aliments en folates pour 100g(35)*

| *Sources animales* | *Teneur* |
|---|---|
| *Foie de veau cuit* | *592 µg* |
| *Pâté de foie de volaille* | *321 µg* |
| *Foie de morue égoutté* | *188 µg* |
| *Terrine de canard* | *168 µg* |
| *Jaune d'œuf cuit* | *166 µg* |
| *Brie de Meaux* | *115 µg* |
| *Neufchâtel* | *94,5 µg* |
| *Camembert au lait cru* | *88,0 µg* |

| *Sources végétales* | *Teneur* |
|---|---|
| *Levure de boulanger* | *2340 µg* |
| *Farine de soja* | *573 µg* |
| *Haricot rouge sec* | *394 µg* |
| *Lentilles cuites* | *181 µg* |
| *Asperges bouillies* | *142 µg* |
| *Epinards cuits* | *125 µg* |
| *Laitue romaine* | *136 µg* |
| *Chou de Bruxelles cuit* | *113 µg* |

### 1.1.5 Zinc

Le zinc (Zn) est le cofacteur de nombreuses métalloenzymes impliquées dans la synthèse d'ADN et de protéines (à doigts de zinc, récepteurs stéroïdiens). Au même titre que les folates, une corrélation a été observée entre la concentration séminale en zinc et la concentration spermatique, ce qui implique que son apport doit être suffisant pour maintenir la production des spermatozoïdes.(98)

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apports en zinc | 9,4 mg/j<br>si 300mg/j de phytates<br>11,7 mg/j<br>si 600mg/j de phytates<br>14 mg/j<br>si 900mg/j de phytates | 7,5 mg/j<br>si 300mg/j de phytates<br>9,3 mg/j<br>si 600mg/j de phytates<br>11 mg/j<br>si 900mg/j de phytates | + 1,6 mg/j | + 2,9 mg/j |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

La biodisponibilité du zinc est étroitement dépendante de nombreux facteurs alimentaires dont les phytates (présents dans les céréales et les légumineuses) qui diminuent son absorption par chélation.(101) L'acide phytique chélate divers cations, c'est le cas pour le zinc ($Zn^{2+}$) mais aussi pour le fer ($Fe^{2+}$), le magnésium ($Mg^{2+}$), le calcium ($Ca^{2+}$), etc. Dans le cadre d'un régime végétalien, on peut considérer que l'apport en phytate est élevé, donc qu'il faut prendre en compte la 3ème RNP soit 14 mg/j pour un homme.

Le zinc est un nutriment présent essentiellement dans la viande et le poisson, mais aussi dans certaines céréales, légumineuses et certains fruits secs.

*Exemples de teneurs d'aliments en zinc pour 100g(35)*

| *Sources animales* | *Teneur* | *Sources végétales* | *Teneur* |
|---|---|---|---|
| *Huître creuse crue* | *21,8 mg* | *Germe de blé* | *14 mg* |
| *Crabe* | *11,9 mg* | *Graines de sésame* | *10,2 mg* |
| *Jarret de bœuf* | *11 mg* | *Graines de pavot* | *9,05 mg* |
| *Carré de veau sauté* | *7,6 mg* | *Fucus vésiculeux* | *8,19 mg* |
| *Langouste cuite* | *7,27 mg* | *Levure de boulanger* | *7,94 mg* |
| *Collier d'agneau braisé* | *7,14 mg* | *Graines de cucurbitacée* | *7,81 mg* |
| *Morbier* | *7 mg* | *Champignon shiitaké* | *7,66 mg* |
| *Jambon cuit supérieur* | *6,5 mg* | *Cacao soluble* | *6,4 mg* |

Données chez les végétariens et les végétaliens

L'étude de Rizzo et al(34) n'a pas trouvé de diminution significative des apports en zinc chez les végétaliens, contrairement à l'étude danoise(99). Il conviendra donc de trouver des alternatives alimentaires (pain complet, légumineuses, fruits secs) afin d'obtenir un apport optimal en zinc en cas de régimes végétariens.

Conclusion sur la fertilité chez les hommes végétariens et les végétaliens

La revue de Ricci et al sur les *Habitudes alimentaires et paramètres du sperme*(102) regroupe un ensemble d'études scientifiques ayant établi des liens entre certains nutriments et la fertilité masculine. Elle conclue qu'un régime alimentaire comprenant fruits, légumes et poisson ou produits laitiers faibles en matières grasses comme principales sources protéiques est associé à une meilleure qualité de sperme.

Les paramètres du sperme semblaient positivement corrélés à l'apport d'antioxydants (dans les fruits et légumes), et d'AGPI notamment oméga-3 (dans le poisson). Ces nutriments améliorent sensiblement la qualité de l'ADN des spermatozoïdes, ainsi que leur motilité et leur capacité de fusion avec l'ovocyte. A l'inverse, ils étaient négativement associés à des régimes comprenant des viandes (en particulier transformées) et des produits laitiers entiers qui sont des sources de graisses trans-saturées.

Concernant les aliments riches en matières grasses, il est probable que leur effet néfaste soit lié à leur teneur en acide gras trans (AGT) provoquant une interférence avec l'incorporation des AGPI à longue chaîne dans les membranes des spermatozoïdes. De plus, la présence d'œstrogènes naturels et synthétiques dans ces aliments peut également contribuer à l'association entre une consommation élevée de viande et des paramètres de sperme plus mauvais. Les viandes rouges transformées, dont la concentration en résidus hormonaux est supérieure à celle des autres viandes, sont particulièrement associées à une qualité de sperme inadéquate.

Ces résultats suggèrent que le régime le plus avantageux pour la fertilité chez les hommes serait le régime pesco-végétarien, comprenant fruits, légumes, céréales, poisson et produits laitiers. Un régime végétalien strict ne semble pas remplir toutes les recommandations nutritionnelles évoquées ci-dessus, bien qu'aucune réelle carence n'ait encore été observée jusqu'ici. Néanmoins, il a l'avantage d'être pauvre en acides gras trans(34), qui seraient donc moins présents au niveau des membranes des spermatozoïdes augmentant ainsi l'incorporation des AGPI.

## 1.2 Fertilité et alimentation chez la femme

L'infertilité chez la femme peut provenir de troubles touchant l'ovulation ou l'anatomie du système génital féminin. Néanmoins, 20% à 30% des cas restent inexpliqués. Une bonne alimentation pourrait dans certains cas en diminuer le risque. En effet, la fertilité des femmes est plus sensible à leur statut nutritionnel que celle des hommes car la grossesse et l'allaitement représentent une forte dépense énergétique.

### *1.2.1 Indice de masse corporelle*

R. Fontana et S. Della Torre(103), deux chercheuses italiennes, ont analysé en 2016 les impacts de l'IMC chez les femmes en âge de procréer. L'évolution de l'infertilité en fonction de l'indice de masse corporelle est bimodale, avec une courbe en J. En effet, les femmes en insuffisance pondérale (IMC<18,5) et en surpoids (IMC entre 25 et 29,9) présentent un risque d'infertilité similaire. En revanche, les femmes obèses (IMC>30) présentent un risque de troubles ovulatoires plus de deux fois supérieur. Le surpoids nuit davantage à la fertilité des femmes qu'à celle des hommes.

<u>Infertilité en cas d'insuffisance pondérale</u>

Lorsque l'énergie est rare, les mécanismes énergétiques privilégient la survie à la croissance et la reproduction. Hassan et Killick(104) ont montré que les femmes d'IMC inférieur à 18,5 ont un délai de grossesse quatre fois plus long que les femmes d'IMC normaux. Ces femmes en insuffisance pondérale ont mis en moyenne 29 mois à concevoir, contre 6,8 chez les femmes de poids normaux.

Un minimum de masse grasse est donc nécessaire au bon fonctionnement du cycle ovulatoire. Un déficit énergétique comme des troubles de l'alimentation, la malnutrition ou une activité physique intense peut être associé à une sous-fécondité ou à l'infertilité. En effet, lors de certaines privations alimentaires l'axe hypothalamo-pituito-gonadique (HPG) est inhibé affectant ainsi le générateur d'impulsions GnRH. Cette inhibition de GnRH est responsable de retards de développement des follicules, de cycles anovulatoires ou d'aménorrhées.

Cependant, l'axe HPG est d'avantage médié par la balance énergétique que le poids lui-même. Par exemple, une femme dont la maigreur est constitutionnelle n'aura pas forcément d'anomalies du cycle si l'apport calorique reste large, et à l'inverse, une aménorrhée hypothalamique peut se rencontrer chez une femme de poids normal mais dont l'alimentation est sélectivement restreinte en matières grasses.(105)

Références nutritionnelles pour la population chez l'adulte :

| | Homme | Femme | Femme enceinte | Femme allaitante |
|---|---|---|---|---|
| Apport énergétique | 2400 à 2600 kcal/j | 1800 à 2200 kcal/j | 1er trimestre +70 kcal/j<br>2ème trimestre +260 kcal/j<br>3ème trimestre +500 kcal/j | +500 kcal/j |
| Sources | Anses 2016(101) | Anses 2016(101) | Efsa 2017(72) | Efsa 2017(72) |

Ces valeurs sont des moyennes pour des adultes sains et d'IMC normaux. Elles varient selon le sexe, l'âge (diminuent après 18 ans), la taille, le poids, l'état de santé et le niveau d'activité physique. L'apport énergétique nécessaire au bon maintien des fonctions physiologique est diminué si l'IMC est plus faible, et inversement.

Données chez les végétariennes et végétaliennes

Comme vu en partie 1, les IMC des végétaliens sont moins élevés par rapports aux non-végétariens, et autres végétariens. Pour autant, leur IMC moyen n'est pas associé à un faible IMC. Concernant les apports énergétiques journaliers, l'étude américaine de Rizzo et al(34) ne montre pas de différences en terme de kilocalories entre les régimes non-végétariens, végétariens et végétaliens, malgré certains changements dans la répartition des macronutriments. L'apport protéique reste inchangé dans tous les cas, bien que les régimes végétariens soient significativement plus riches en protéines végétales et le régime non-végétarien significativement plus riche en protéines animales. Concernant l'apport lipidique, il semble légèrement plus faible pour les régimes végétariens que pour les non-végétariens. On note notamment des diminutions significatives d'apports en DHA, en acide arachidonique et graisses saturées. L'apport glucidique, lui, semble être le même pour tous les régimes, seul l'apport en fibres est significativement augmenté dans les régimes végétariens.

Infertilité en cas de surpoids et d'obésité

L'obésité favorise le risque de troubles de fertilité chez la femme (troubles du cycle menstruel, syndrome des ovaires polykystiques SOPK, infertilité, fausses couches). Chez les femmes ovulatoires mais non fertiles, le risque de conception spontanée baisse de 5% pour chaque unité d'IMC dépassant 29. Le risque accru de sous-fécondité ou d'infertilité chez les femmes en surpoids et obèses est associé non seulement à une altération au niveau de l'axe HPG, mais également à la qualité des ovocytes et à la réceptivité utérine.(103)

A. Donnadieu(105) a également travaillé sur le rôle de la nutrition sur l'infertilité féminine. Elle note que ces troubles sont largement plus présents dans l'obésité androïde que gynoïde, car les deux facteurs majeurs dans les troubles de l'ovulation chez les femmes en surpoids sont la graisse abdominale et l'insulinorésistance (IR).

Suite à l'IR, l'organisme compense par une hyperinsulinémie qui stimule la production d'androgènes au niveau des ovaires et des surrénales, et indirectement par augmentation de sécrétion de LH au niveau de l'hypophyse. Aussi, elle diminue la production des protéines de transport des androgènes et des IGF dans le foie, augmentant ainsi leur fraction libre et active. L'IR est donc responsable d'une hyperandrogénie et par conséquent de l'anovulation.

Un régime végétarien ou végétalien ne semble donc pas impacter la fertilité d'une femme au niveau énergétique. Au contraire, ces régimes peuvent, dans certains cas, limiter le surpoids et l'obésité pouvant être une cause d'infertilité.

### *1.2.2 Apport en acides gras*

Donnadieu(105) s'appuie sur l'étude *Nurses Health Study* constituée de 18 555 femmes mariées sans antécédent d'infertilité suivies prospectivement entre 1991 et 1999. Dans son analyse, l'étude montre que la consommation totale de graisses, cholestérol et d'AG n'est pas corrélée à l'infertilité. Cependant, les AGT sont positivement associés au risque d'infertilité ovulatoire lorsque qu'ils sont augmentés au dépend des acides gras monoinsaturés (AGMI) et des AGPI.

Il a été suggéré que leur effet néfaste pourrait être dû à leur fixation à des récepteurs nucléaires qui régulent la différenciation cellulaire, modifiant ainsi leur expression. Ainsi, la consommation plus élevée d'AGT est associée à des paramètres métaboliques modifiés comme résistance à l'insuline, risque de DT2 et augmentation de marqueurs inflammatoires ce qui peut nuire aux fonctions ovariennes.(103)

Données chez les végétariennes et végétaliennes

Selon Rizzo et al(34), les personnes suivant un régime végétarien n'ont pas d'apports significativement différents en AGMI et AGPI par rapport à celles ne suivant pas de régime. Ils ont cependant des apports significativement plus bas en AGT ce qui est favorable dans le cadre de la fertilité féminine. Les AGMI, parmi lesquels on trouve l'acide oléique (oméga-9), sont principalement retrouvés dans les huiles végétales ou les aliments oléagineux.

### *1.2.3 Apport en protéines*

L'étude de la Nurses Health Study a également démontré que les femmes qui consomment plus de protéines ont un risque plus élevé d'infertilité anovulatoire. Cette corrélation est surtout liée à la consommation de protéines animales. À l'inverse, la consommation de protéines d'origine végétale diminue ce risque. Consommer 5% de ses apports énergétiques en protéines végétales plutôt qu'en glucides et protéines animales diminue le risque d'infertilité d'origine ovulatoire de 50 et 42%.

Données chez les végétariennes et végétaliennes

L'apport protéique est inchangé entre les régimes végétariens et le non-végétarien(34), bien que les régimes végétariens soient significativement plus riches en protéines végétales, et le régime non-végétarien significativement plus riche en protéines animales. L'apport protéique des végétaliennes semble donc être bénéfique.

Conclusion sur la fertilité chez les femmes végétariennes et les végétaliennes

Ces différents paramètres nous donnent une idée d'une alimentation se présentant comme favorable à une meilleure fertilité chez les femmes. Ce régime serait composé de glucides à faible index glycémique et riches en fibres, d'aliments sources d'AGMI et d'AGPI, et pauvres en AGT, et d'apports protéiques avec une forte part d'origine végétale. Ce modèle est tout à fait compatible avec un régime végétalien. Ces apports énergétiques de qualité, en quantités suffisantes, permettront de mener à bien les cycles ovulatoires d'une femme en âge de procréer et en bonne santé, et apporterons de meilleures chances de conception. Un article médical américain de 2007(106) confirme ce régime qu'il qualifie de « régime de fertilité », et décrit que la majorité des cas d'infertilité dus à des trouves ovulatoires peuvent être évités par l'alimentation et le mode de vie.

En dehors de ces paramètres, la future maman doit s'assurer d'avoir une alimentation équilibrée et variée afin de prendre de bonnes habitudes alimentaires, car les femmes ne changent généralement pas de régime alimentaire pendant la grossesse.(107) Celle-ci nécessitera un apport accru pour certains macro et micronutriments. Ainsi, il est primordial que la future maman ait les apports appropriés pour chacun des nutriments qui lui seront nécessaires pour son état de santé et, par conséquent, un développement fœtal optimal.

Les repères de consommation pour une femme enceinte ou allaitante en bonne santé selon le PNNS de 2015 sont les suivants :

- *5 fruits et légumes par jour ;*
- *du pain, des céréales et d'autres sucres lents à chaque repas selon l'appétit ;*
- *des produits laitiers 3 fois par jour ;*
- *des protéines (viande, poisson ou œufs), 1 à 2 fois par jour ;*
- *de l'eau à volonté.*

*Il est important de limiter sa consommation de matières grasses, sel et produits sucrés. En complément des trois repas principaux, vous pouvez introduire une collation à compter du deuxième trimestre.*

Dans le régime végétalien, sont maintenus les apports en fruits et légumes, aliments céréaliers, pomme de terre, légumes secs, certaines matières grasses (huiles végétales) et certains produits sucrés (ne contenant pas de trace de lait ni d'œufs). Mais compte tenu de leur régime, il faudra garder à l'esprit que seront absents les apports en lait et produits laitiers, viandes, produits de la pêche et œufs.

Pour traiter l'impact d'un régime purement végétalien sur la grossesse, nous aborderons donc les apports en nutriments essentiels sur cette période et de sources principalement animales.

## 2. Grossesse : physiologie et besoins nutritionnels

Au cours de la grossesse, des mécanismes d'adaptation au niveau de l'organisme maternel se mettent en place afin qu'elles mènent leur grossesse à terme. Parmi ces mécanismes se trouvent par exemple l'augmentation de l'appétit, de la mise en réserve dans l'organisme maternel et du volume sanguin circulant. La prise de poids dite « idéale » est d'environ 9 kg pour une femme de poids normal.(108)

| | IMC avant la grossesse | Prise de poids recommandée pendant la grossesse |
|---|---|---|
| Maigreur | IMC < 18,5 kg/m$^2$ | 12,5 – 18 kg |
| Poids normal | 18,5 kg/m$^2$ < IMC ≤ 25,0 kg/m$^2$ | 11,5 – 16 kg |
| Surpoids | 25,0 kg/m$^2$ < IMC ≤ 30,0 kg/m$^2$ | 7 – 11,5 kg |
| Obésité | IMC ≥ 30,0 kg/m$^2$ | 5 – 9 kg |

*Figure 16 : Prise de poids recommandée pendant la grossesse selon l'Anses en 2019 (109)*

Une femme enceinte doit se peser à chaque consultation. Pendant la première moitié de la grossesse, la prise de poids doit être de 4 ou 5 kg, dont la majeure partie est le reflet de l'augmentation des réserves lipidiques et du volume sanguin circulant de la mère. Pour la deuxième moitié, le gain pondéral est plus conséquent. Il se situe entre 1 et 2 kg par mois et vient essentiellement du fœtus et du placenta.(108)

Sur un exemple d'une prise de poids de 10kg, la répartition normale des kilos pour une grossesse saine est la suivante :

- 8 kg d'eau (augmentation du volume plasmatique et du liquide amniotique)
- 1 kg de protéines (masse maigre maternelle, placentaire et fœtale)
- 1-6 kg de tissu adipeux (l'augmentation de la masse grasse chez les femmes enceintes de poids normal est nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques accrus de la fin de la grossesse et pour l'allaitement).(110)

Comme vu précédemment, les besoins caloriques augmentent à chaque trimestre de la grossesse afin de pouvoir fournir toute l'énergie nécessaire à la création d'un nouvel être vivant en pleine santé.

| | Femme | Femme enceinte |
|---|---|---|
| Apport énergétique | 1800 à 2200 kcal/j (RNP) | 1er trimestre +70 kcal/j<br>2ème trimestre +260 kcal/j<br>3ème trimestre +500 kcal/j (RNP) |
| Sources | Anses 2016(101) | Efsa 2017(72) |

Nous avions constaté que chez les hommes et les femmes végétaliens, les apports énergétiques journaliers ne différaient pas quantitativement, mais que l'on pouvait distinguer certaines différences entre les différents macronutriments apportés. L'apport protéique est inchangé mais se compose uniquement de protéines végétales. L'apport lipidique est légèrement plus faible chez les végétaliens, avec une diminution significative d'apports en DHA.(34)

Nous allons donc aborder les rôles de ces macronutriments pendant la grossesse, et tenter d'évaluer les risques que présentent les femmes végétaliennes. Ensuite, nous étudierons les micronutriments que Sebastiani et al ont estimé judicieux d'aborder dans leur article « *The Effects of Vegetarian and Vegan Diet during Pregnancy on the Health of Mothers and Offspring* » : la vitamine B12, le fer, le calcium, la vitamine D, le zinc et l'iode.(111)

## 2.1 Protéines

### *2.1.1 Rôle des protéines pendant la grossesse*

La croissance et le développement du fœtus dépendent d'un apport continu de nutriments à travers le placenta. Ce dernier est établi au cours du premier trimestre, tandis qu'une augmentation de sa capacité fonctionnelle est observée au cours des deuxième et troisième trimestres. Le placenta transporte, utilise et produit des acides aminés. Ces derniers sont essentiels à la synthèse des protéines ainsi qu'à l'activation des fonctions cellulaires. Ils jouent des rôles importants dans le processus de production : combustibles énergétiques, générateurs de composés carbonés, et précurseurs de nombreuses hormones, neurotransmetteurs et autres métabolites spécialisés. Ainsi, la croissance fœtale est possible grâce à une quantité nette de protéines, synthétisées entièrement à partir de l'apport ombilical d'acides aminés.(112)

<u>Arginine, leucine, glutamine et période de péri implantation</u> (112)

La période de péri-implantation en début de grossesse prépare le terrain à l'implantation et à la placentation qui précède le développement du fœtus. Pendant cette période, l'arginine, la leucine et la glutamine voient leur concentration augmenter dans la lumière utérine de façon marquée. L'arginine est métabolisée en ornithine, proline et monoxyde d'azote (NO), chacun ayant des fonctions physiologiques importantes. Le NO est un vasodilatateur et un facteur angiogénique, tandis que l'ornithine et la proline sont des substrats pour la synthèse utérine et placentaire des régulateurs clés de l'expression des gènes, de la synthèse des protéines et de l'angiogenèse.

<u>Transport placentaire et métabolisme des acides aminés</u> (112)

Une fois le fœtus implanté, l'apport nutritionnel d'acides aminés essentiels (non synthétisés par le fœtus ou le placenta) et non essentiels est défini comme leur absorption ombilicale nette, soit leur transfert net depuis la circulation maternelle à travers le placenta vers le fœtus. Les concentrations en acides aminés dans les espaces intercellulaires placentaires ainsi que dans la veine ombilicale dépassent généralement de deux fois les concentrations maternelles.

Le sang maternel apporte les acides aminés au placenta par les vaisseaux utérins maternels. Ils traversent le placenta à l'aide de transporteurs situés à la fois sur les membranes plasmiques microvillaires et basales pour arriver dans le sang fœtal. Enfin, les acides aminés essentiels, mais aussi les non essentiels issus du transport transplacentaire et/ou de la néosynthèse au sein même du placenta, sont amenés au fœtus par la veine ombilicale.

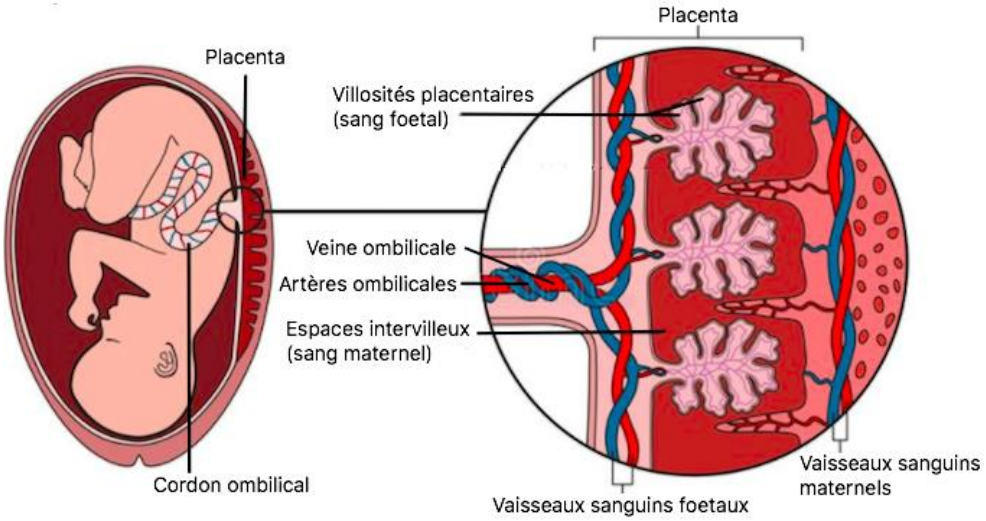



*Figure 18 : Échanges materno-fœtaux à travers le placenta (113)*

### 2.1.2 Besoins en protéines pendant la grossesse

| | Femme | Femme enceinte |
|---|---|---|
| Apports en protéines | 10 à 20% de l'AE (RNP) | 12 à 20% de l'AE à partir du 3ème trimestre (RNP) |
| Sources | Anses 2016(71) | Anses 2016(71) |

*10% de l'AE = 0,8g/kg/j*
*12 à 20% = 1,1 à 1,6g/kg/j*

En raison du surcoût protéino-énergétique de la croissance fœtale, un apport minimal de 12% de protéines est nécessaire au 3ème trimestre de grossesse ainsi que pour les femmes qui allaitent, alors qu'il n'est que de 10% pour les femmes adultes et durant les deux premiers trimestres de la grossesse.(111)

Il n'existe pas d'estimation directe des besoins en acides aminés pendant la grossesse. Selon le Conseil de l'Institut de médecine, de l'alimentation et de la nutrition de Washington(114), on peut obtenir cette estimation en multipliant par 1,33, le facteur correspondant à l'augmentation des besoins protéiques. Ce taux est appliqué dans le tableau ci-dessous aux recommandations des apports en acides aminés pour l'adulte en général selon l'Efsa en 2007(89). Enfin, d'avoir une meilleure idée de la qualité nutritionnelle des aliments, nous pouvons estimer l'apport journalier de chaque acide aminé essentiel pour une femme de 63kg, soit le poids moyen d'une femme en France.

Estimation des apports en acides aminés essentiels pendant la grossesse :

| | Femme | | Femme enceinte | |
|---|---|---|---|---|
| Acide aminés | mg/kg/j | Pour 63 kg | mg/kg/j | Pour 63 kg |
| Histidine (His) | 10 | 0,63 g | 13 | 0,82 g |
| Isoleucine (Ile) | 20 | 1,26 g | 27 | 1,70 g |
| Leucine (Leu) | 39 | 2,46 g | 52 | 3,28 g |
| Lysine (Lys) | 30 | 1,89 g | 40 | 2,52 g |
| Méthionine (Met) *+ Cystéine (Cys)* | 15 | 0,95 g | 20 | 1,26 g |
| Phénylalanine (Phe) *+ Tyrosine (Tyr)* | 25 | 1,58 g | 33 | 2,08 g |
| Thréonine (Thr) | 15 | 0,95 g | 20 | 1,26 g |
| Tryptophane (Trp) | 4 | 0,25 g | 5 | 0,31 g |
| Valine (Val) | 26 | 1,63 g | 35 | 2,20 g |

Des études récentes sur des porcs ont révélé des augmentations variées selon les acides aminés. Les besoins en thréonine ont augmenté de 55%, lysine de 45%, isoleucine de 63% et tryptophane de 35% aux stades avancés de la grossesse par rapport aux stades précoces. L'application du même facteur à tous les acides aminés semble donc erronée. Malheureusement, aucune étude similaire n'est disponible sur la grossesse humaine.(114)

### *2.1.3 Statut en protéines pendant une grossesse végétalienne*

L'étude de Rizzo et al(34) rapporte que l'apport protéique reste le même quel que soit le régime, végétarien, végétalien ou non. Cependant, le régime végétalien implique un apport exclusif de protéines végétales.

L'article de Sebastiani et al(111) sur l'effet d'un régime végétalien sur la grossesse explique que les protéines d'origine végétale sont suffisantes pour répondre à ces besoins si les apports végétaux sont variés. En effet, l'association entre les céréales et les légumineuses permet de ne pas être impacté par les acides aminés limitants des aliments végétaux.

## 2.2 Acides gras oméga 3

### *2.2.1 Rôle des oméga 3 pendant la grossesse*

Les oméga 3 sont représentés par l'ALA, qui est converti en EPA et DHA. Le DHA est un composant important dans le développement des membranes neuronales et rétiniennes. Il s'accumule dans le cerveau et la rétine du fœtus en fin de gestation et après sa naissance. Les acides gras polyinsaturés sont transférés via le placenta au fœtus en développement à partir du plasma de la mère, de façon plus importante au cours du dernier trimestre. On pense qu'un apport adéquat de DHA pendant la grossesse est essentiel pour un développement visuel, neurologique et cognitif optimal dès le début de la vie.(111)

### 2.2.2 Besoins en oméga 3 pendant la grossesse

| | Femme | Femme enceinte |
|---|---|---|
| Apports en ALA | 1% de l'AE | 1% de l'AE |
| Apports en EPA+DHA | 500 mg/j (AS) | 500 mg/j (RNP) |
| Sources | Anses 2016(71) | Efsa 2017(72) |

*1% de l'AE = 2,2g/j pour 2000kcal/j*

Les repères en acides gras polyinsaturés ne sont pas modifiés chez les femmes enceintes. La grossesse modifie le métabolisme de la mère. Elle augmente la mise en réserve des lipides, et les acides gras stockés dans son tissu adipeux sont transférés préférentiellement au fœtus. Ainsi, la femme doit avoir un apport alimentaire équilibré pendant toute la grossesse pour disposer de réserves suffisantes jusqu'à la fin de la grossesse, voire jusqu'à l'allaitement s'il a lieu.

### 2.2.3 Statut en oméga 3 pendant une grossesse végétalienne

Selon Sebastiani et al(111), le régime végétalien est particulièrement à risque car l'exclusion de la viande ou du poisson de l'alimentation peut aboutir à de très faibles apports en DHA. Rizzo et al(34) mesurent un apport lipidique légèrement plus faible pour les régimes végétariens que pour les non-végétariens. L'apport en oméga 3 en général n'est pas très inférieur, étant de 2,0g/j chez les végétaliens contre 2,3g/j chez les omnivores. Cependant, ils observent une diminution significative d'apports en DHA. Leurs apports chutent de 182mg/j chez les omnivores à 18,2mg/j chez les végétaliens, ces deux valeurs n'atteignant pas les 250mg/j recommandés. Ils n'ont pas mesuré les apports en EPA.

Par ailleurs, nous avons vu en *Partie 1* qu'un rapport idéal entre acides gras oméga 6 et oméga 3 était évalué à 4/1(86) :

Régime omnivore(34) : Rapport $\frac{omégа\ 6\ (LA)}{omégа\ 3} = \frac{17{,}6g}{2{,}3g} = 7{,}65$

Régime végétalien(34) : Rapport $\frac{omégа\ 6\ (LA)}{omégа\ 3} = \frac{19{,}5g}{2g} = 9{,}75$

Ces rapports sont trop élevés quel que soit le régime, et il est plus élevé pour le régime végétalien que chez les omnivores. Ce défaut d'équilibre peut être responsable d'une compétition plus importante vis-à-vis des enzymes du métabolisme des AGPI, notamment pour la conversion d'ALA en EPA et DHA.

## 2.3 Vitamine B12

### *2.3.1 Rôle de la vitamine B12 associé à la B9 pendant la grossesse*

Tout comme pour la mère, la vitamine B12 a un rôle dans la synthèse de l'ADN du fœtus, sa multiplication cellulaire, la myélinisation de son système nerveux et par la suite le bon fonctionnement du système cognitif de l'enfant à naître.

Pendant la grossesse, la vitamine B12 sera importante au premier trimestre, avec l'acide folique, lors de la fermeture du tube neural du fœtus à la 4ème semaine. Ce tube neural sert de structure précurseur du système nerveux central, y compris le cerveau et la moelle épinière, se formant tôt dans le développement embryonnaire.

Rôle dans le développement précoce du système nerveux :

Les mécanismes nutritionnels précis sont encore mal élucidés, néanmoins il est reconnu que les folates sont indispensables à la formation du tube neural par sa voie de méthylation. Une étude publiée en 2017 par Manami Toriyama et al(115) suggère notamment son rôle dans la méthylation d'importantes protéines du cytosquelette, les septines, qui participent à la régulation de la fermeture du tube neural.

Concernant la vitamine B12, elle est complémentaire dans la formation du futur système nerveux de l'enfant car elle permet de convertir le méthyltétrahydrofolate (ou MethylTHF) en tétrahydrofolate (THF), la forme active de l'acide folique.

### *2.3.2 Besoins en vitamine B12 pendant la grossesse*

| Femme | Femme enceinte |
|---|---|
| 4 µg/j (AS) | 4,5 µg/j (AS) |
| Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Pendant la grossesse, l'absorption intestinale de la vitamine B12 augmente et les besoins du fœtus sont faibles. Mais la B12 issue des réserves maternelles ne traverse pas le placenta, contrairement à celle nouvellement absorbée. Ainsi, une femme végétalienne ayant des réserves de B12 issues d'un ancien régime omnivore ou d'une supplémentation antérieure ne pourra pas répondre aux besoins du fœtus, même s'ils sont faibles. Ce point est fondamental car il exige une supplémentation systématique pour cette vitamine pendant une grossesse végétalienne.(111)

### *2.3.3 Statut en vitamine B12 pendant une grossesse végétalienne*

Nous avons vu en partie 1 que le statut en vitamine B12 des végétaliens était significativement bas. Pendant la grossesse le compartiment sanguin augmente, ce qui diminue la concentration plasmatique de certaines vitamines et certains minéraux. Cette hémodilution peut avoir de sérieuses conséquences si les apports avant la grossesse étaient déjà faibles.

Dans l'étude prospective PREFORM à Toronto, les statuts B12 de 368 femmes canadiennes omnivores ont été relevés pendant et à la fin de leur grossesse. Un faible statut en B12 était présent chez 35% à 12-16 semaines de gestation et chez 43% à l'accouchement. Concernant la prévalence de carences, elle était respectivement de 17% et 38%. Les concentrations sériques maternelles moyennes ont diminué de 23%.

Une autre étude a observé une augmentation des carences en B12 entre le deuxième et troisième trimestre de 8% à 35% chez des femmes enceintes avec un apport correspondant aux AJR. Cette carence est plus élevée pour les femmes végétariennes au troisième trimestre. Cela souligne un épuisement des réserves en B12, principalement par leur régime, ajouté à l'augmentation du volume sanguin.(111)

## 2.4 Fer

### *2.4.1 Rôle du fer pendant la grossesse*

Comme en situation physiologique normale, le fer permet la formation de la structure de l'hémoglobine, la protéine sanguine des globules rouges responsable du transport de l'oxygène. Le volume sanguin augmente tout au long de la grossesse afin de subvenir aux besoins de la croissance du fœtus et au développement placentaire. Cette augmentation volumique nécessite des apports en fer de plus en plus élevés afin de maintenir une concentration plasmatique d'hémoglobine raisonnable. L'oxygénation des tissus de la mère est essentielle au bon fonctionnement des mécanismes physiologiques basaux, ainsi qu'à ceux de la grossesse. De plus, l'hémoglobine de la mère est la seule source d'oxygène du fœtus en croissance, à travers le placenta.(108)

### *2.4.2 Besoins en fer pendant la grossesse*

| Femme | Femme enceinte |
|---|---|
| 11 à 16 mg/j<br>selon les pertes menstruels (RNP) | 16 mg/j (RNP) |
| Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Pendant les deuxième et troisième trimestres de grossesse, l'augmentation du volume sanguin maternel et des besoins en oxygène pour le placenta et le fœtus constituent un besoin accru de fer. L'absorption du fer des sources végétales (non-héminique) et des sources animales (héminique) est améliorée pendant la grossesse, et augmente à chaque trimestre. Les réserves maternelles en fer avant la conception sont essentielles.(111)

En raison de la plus faible biodisponibilité du fer provenant d'un régime végétarien, l'*American Dietetic Association* suggère que les apports en fer recommandés pour les végétariens devraient être 1,8 fois supérieurs à ceux des non-végétariens.(116)

### *2.4.3 Statut en fer pendant une grossesse végétalienne*

Nous avons vu en partie 1 que les personnes suivant un régime végétalien pouvaient avoir des apports en fer suffisants si leur alimentation était variée et riche en sources de fer, bien qu'il soit non-héminique. Néanmoins, il apparaissait clairement que la prévalence de carences martiales était plus élevée chez les jeunes femmes végétaliennes, soit celles en âge de procréer.(56)

Chez les femmes enceintes végétariennes, les résultats sont controversés. Sharma et al. ont décrit une prévalence élevée d'anémie chez les femmes enceintes indiennes en raison de la très faible fréquence de consommation de viande. Cependant, cette étude était limitée à une population spécifique. Une étude britannique, menée dans une cohorte de 1274 femmes enceintes âgées de 18 à 45 ans, a montré que les végétariennes avaient un apport adéquat en fer par leur alimentation malgré leur régime alimentaire, et qu'elles suivaient la supplémentation en fer recommandée pendant les premier et deuxième trimestres de la grossesse, plus que les femmes non-végétariennes. Ce dernier résultat s'explique probablement par une prise de conscience des risques de leur régime et, par ce fait, de repas bien planifiés.(111)

## 2.5 Calcium et vitamine D

### *2.5.1 Rôle du calcium et de la vitamine D pendant la grossesse*

Parmi ses nombreux rôles, la vitamine D permet une meilleure utilisation du calcium par l'organisme. Ces deux nutriments sont essentiels au développement des os et des dents. Ainsi, pendant la grossesse, ils jouent un rôle fondamental dans la constitution du squelette du fœtus. Cette formation osseuse commence par l'apparition de tissus cartilagineux au 2ème mois, qui deviendront des tissus osseux à partir du 3ème mois. Les mêmes processus cellulaires sont utilisés avant et après la naissance pour cette formation osseuse, alliant les ostéoblastes, ostéoclastes et ostéocytes.

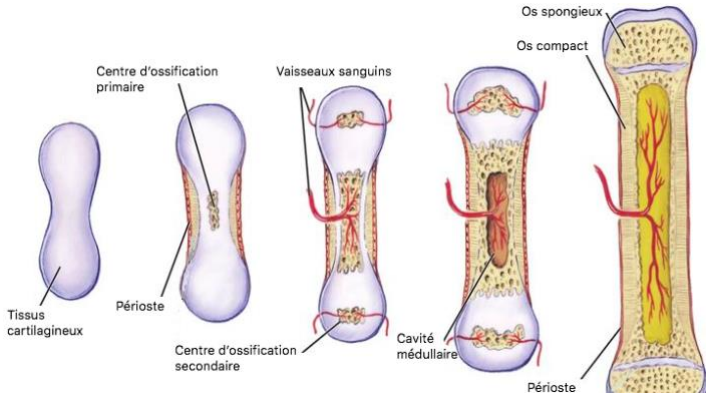



*Figure 17 : Ossification endochondrale(117)*

### 2.5.2 Besoins en calcium et en vitamine D pendant la grossesse

| | Femme | Femme enceinte |
|---|---|---|
| Apports en calcium avant 25 ans | 1000 mg/j (RNP) | 1000 mg/j (RNP) |
| Apports en calcium après 25 ans | 950 mg/j (RNP) | 950 mg/j (RNP) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Pendant la grossesse l'apport suffisant en calcium est estimé à 950-1000mg par jour, il n'y a pas d'augmentation des besoins par rapport aux femmes en général. Les recommandations en calcium évoluent régulièrement et sont actuellement en cours de réévaluation. L'*American Dietetic Association*(116) recommande aux végétariennes enceintes des apports plus élevés en calcium. Ils estiment qu'elles devraient en consommer 1200 à 1500mg par jour, soit 20% de plus que les omnivores.

| | Femme | Femme enceinte |
|---|---|---|
| Apports en vitamine D | 5 à 15 µg/j (AS) | 5 à 15 µg/j (AS) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Les taux plasmatiques de vitamine D pendant la grossesse dépendent fortement de l'exposition au soleil, plus que de l'apport par l'alimentation. Pendant la grossesse, il n'y a pas non plus d'augmentation des besoins en vitamine D.(111)

### 2.5.3 Statut en calcium et en vitamine D pendant une grossesse végétalienne

Les carences en vitamine D et en calcium ne sont pas plus présentes pendant une grossesse chez les végétaliens car les besoins de ces nutriments ne sont pas plus élevés. Nous avons vu en première partie que le statut en calcium des personnes végétaliennes semble suffisant, et que les déficits en calcium sont majoritairement la conséquence d'un déficit en vitamine D. Ainsi, une femme enceinte peut protéger ces stocks de calcium en augmentant simplement son exposition au soleil, ce qui favorise la synthèse endogène de vitamine D et donc l'absorption du calcium. Un apport adéquat en vitamine D est plus difficile à atteindre pour une grossesse hivernale.

## 2.6 Zinc

### *2.6.1 Rôle du zinc pendant la grossesse*

Le zinc est un composant essentiel de plus de 1000 protéines, notamment des enzymes antioxydantes et des métalloenzymes. A travers ces protéines, il est nécessaire à toute une variété de processus biologiques, y compris le métabolisme des glucides et des protéines, la synthèse de l'ADN et de l'ARN, la réplication et la différenciation cellulaires et la régulation hormonale. L'importance du zinc pour la croissance du fœtus est démontrée par le transport actif du zinc à travers le placenta vers la circulation fœtale, ce qui entraîne des concentrations sanguines de cordon plus élevées que celles de la circulation maternelle. Des réserves adéquates en zinc sont donc extrêmement importantes pendant les périodes de croissance accélérée comme lors de la grossesse.(118)

### *2.6.2 Besoins en zinc pendant la grossesse*

| | Femme | Femme enceinte |
|---|---|---|
| Apports en zinc | 7,5 mg/j (RNP)<br>si 300mg/j de phytates<br>9,3 mg/j (RNP)<br>si 600mg/j de phytates<br>11 mg/j (RNP)<br>si 900mg/j de phytates | + 1,6 mg/j (RNP) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Le régime alimentaire est le principal facteur déterminant le statut en zinc. Il est largement reconnu que de nombreuses femmes enceintes ne respectent pas cette recommandation, en particulier dans les pays en développement où les régimes sont souvent à base de plantes. Ces régimes sont riches en phytates, qui se lient au zinc et limitent son absorption dans l'intestin grêle, contribuant dans certains cas à une carence en zinc.(118) Une femme enceinte végétalienne devrait donc avoir un apport journalier en zinc de 12,6mg/j selon les recommandations de l'Efsa.

### *2.6.3 Statut en zinc pendant une grossesse végétalienne*

L'étude danoise(99) citée précédemment a relevé que les femmes véganes avaient en moyenne 8,6mg d'apport en zinc par jour. L'étude de Rizzo et al(34), elle, a estimé une moyenne journalière de 16,3mg. Il n'y a donc pas de carence réellement identifiée en cas de régime végétalien. Il conviendra de prendre en compte ce nutriment dans la planification des repas, afin de ne pas s'exposer à un déficit compte tenu de l'hémodilution maternelle, de la concentration importante amenée jusqu'au cordon pour la croissance fœtale, et de sa liaison à l'acide phytique.

## 2.6 Iode

### *2.6.1 Rôle de l'iode pendant la grossesse*

L'iode est un oligo-élément de la famille des halogènes. Il intervient dans la synthèse des hormones thyroïdiennes : la thyroxine T4 et la tri-iodo-thyronine T3, plus active suite à l'élimination d'une molécule d'iode. Elles comportent de nombreux rôles tout au long de la vie : dans la régulation énergétique, de la calcémie et dans la maturation de certains tissus. Leur synthèse est régulée par la TSH (*thyroid stimulating hormon*) produite par l'hypophyse. Ainsi, selon les besoins de l'organisme, la thyroïde les synthétise à l'aide d'un acide aminé, la tyrosine, et de molécules d'iode.(119)

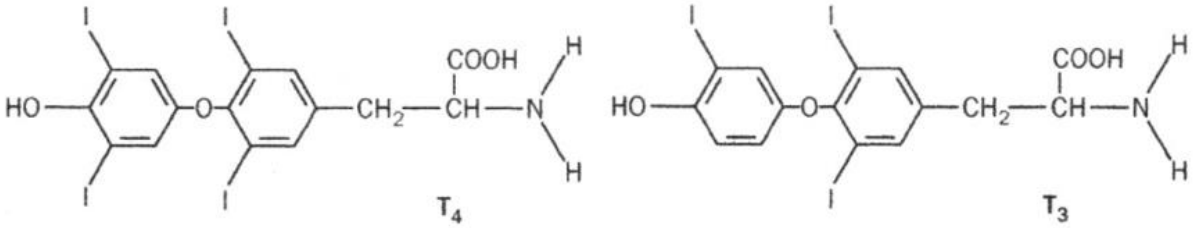



*Figure 18 : Structures des hormones thyroïdiennes T3 et T4*

Pendant la grossesse, l'iode est indispensable au développement cérébral de l'enfant à naître, surtout pendant la première moitié de la grossesse. Sur cette période, le fœtus est entièrement dépendant de la T4 maternelle (principale forme circulante) car le développement de la thyroïde fœtale ne commence qu'au deuxième trimestre de la grossesse. Les hormones thyroïdiennes agissent sur les cellules de presque tous les tissus au niveau des récepteurs nucléaires, modifiant l'expression de gènes nécessaires au bon développement neurologique et tissulaire fœtal.(119)

### *2.6.2 Besoins en iode pendant la grossesse*

| | Femme | Femme enceinte |
|---|---|---|
| Apports en iode | 150 µg/j (AS) | 200 µg/j (AS) |
| Sources | Anses 2021(41) | Anses 2021(41) |

Chez une femme enceinte en bonne santé, la glande thyroïde augmente en taille de 10% et la production de T4 et T3 augmente d'environ 50% avec en parallèle une augmentation des besoins en iode de 50µg supplémentaires par jour.

*Exemples de teneurs d'aliments en iode pour 100g(35)*

| *Sources animales* | *Teneur* | *Sources végétales* | *Teneur* |
|---|---|---|---|
| *Bigorneaux cuits* | *570 µg* | *Fucus vésiculeux* | *40000 µg* |
| *Langoustines bouillies* | *394 µg* | *Agar* | *36000 µg* |
| *Merlan frit* | *213 µg* | *Dulse* | *32500 µg* |
| *Jaune d'œuf cuit* | *192 µg* | *Ao-nori* | *9390 µg* |
| *Thon cuit* | *150 µg* | *Laitue de mer* | *9190 µg* |
| *Huître crue* | *101 µg* | *Épinards jeunes* | *60 µg* |
| *Parmesan* | *90 µg* | *Muesli fruits et graines* | *44 µg* |
| *Poulet pané* | *60 µg* | *Céréales enrichies* | *40 µg* |

*Sel blanc iodé 1860µg*
*Sel marin gris non iodé <200µg*

Les principales sources alimentaires d'iode sont les produits de la mer. Les algues en sont extrêmement riches. Ensuite viennent les produits laitiers et plus rarement la viande. L'iode contenu dans le sel n'est pas non plus négligeable.

En dehors des algues et des épinards cueillis très jeunes, tous les végétaux référencés sur *Ciqual(35)* ont une valeur inférieure à 20µg pour 100g, soit très faible.

### *2.6.3 Statut en iode pendant une grossesse végétalienne*

Les régimes végétariens ou végétaliens peuvent entraîner un faible apport en iode du fait des sources principalement animales, mais l'iode contenu dans le sel limite le risque de carence.(111) Dans l'étude nutritionnelle sur les végétaliens danois(99), les femmes consomment en moyenne 78,9µg d'iode par jour ce qui reste insuffisant, que ce soit pour les besoins fœtaux comme pour les besoins propres à la mère.

L'étude de ces nutriments clés de la grossesse montre que les apports en acides aminés essentiels, en calcium, en fer, en iode et en zinc peuvent être tout à fait équilibrés avec un régime végétalien varié et bien planifié. L'apport moindre en vitamine D par l'alimentation végane peut être compensé par sa synthèse endogène, à condition que la femme enceinte ait une exposition solaire régulière (15 à 30 minutes par jour). En revanche, l'apport en vitamine B12 est nul. Celui en DHA, un oméga 3 important pendant la grossesse, est très faible et difficile à compenser par les végétaux. Après s'être intéressé aux rôles de ces nutriments dans la gestation, il convient d'en tirer les avantages et les inconvénients pendant cette période.

## 3. Bienfaits d'un régime végétalien pendant la grossesse

### 3.1 Surpoids

La capacité du régime végétalien à limiter la prise de poids s'avère aussi bénéfique pour une femme enceinte. En effet, une femme en surcharge pondérale préexistante ou qui augmente excessivement son poids pendant sa grossesse s'expose à des risques materno-fœtaux tels que le diabète gestationnel ou la pré-éclampsie. Concernant les risques pour l'enfant, le surpoids augmente le taux de prématurité et de césariennes. L'obésité augmente la surmortalité périnatale, étant la conséquence de complications gravidiques ou de prématurité. Chez la mère, une prise de poids trop importante majorera le risque d'obésité à long terme.(108)

### 3.2 Diabète gestationnel

Le diabète gestationnel apparaît généralement vers le 2ème trimestre de grossesse chez des femmes sans antécédent de diabète. C'est une hyperglycémie maternelle qui s'installe juste le temps de la grossesse chez certaines femmes, due à la modification du métabolisme. Le surpoids est un facteur de risque. A terme, l'enfant à naître risque une hypoglycémie néonatale en réaction à l'hyperinsulinémie fœtale, ainsi que de développer une obésité ou un DT2.(120)

En plus de limiter la prise de poids de la future mère, le régime végétalien diminue le risque de développer un diabète gestationnel. Une étude suivant 13 110 femmes américaines avant, puis pendant leur grossesse, ont déterminé que les apports en fibres, en céréales et en fruits étaient négativement associés au risque de diabète gestationnel.(111) De plus, certaines femmes atteinte de diabète gestationnel n'ont pas besoin de se traiter avec de l'insuline, mais suivent un régime particulier avec entre autres des aliments à index glycémiques faible, beaucoup de fibres, et moins de graisses saturées, conditions toutes respectées dans le régime végétalien.

### 3.3 Pré-éclampsie

La pré-éclampsie est liée à un défaut vasculaire placentaire. En conditions normales, l'artère utérine perd sa couche musculaire pendant la grossesse afin qu'il n'y ait pas de contraction pendant la diastole. En cas de pré-éclampsie, la couche musculaire est toujours présente, altérant ainsi le flux placentaire. Une hypertension artérielle gravidique s'installe en réponse à ce phénomène, afin de préserver un débit placentaire suffisant. Si elle n'est pas traitée, le fœtus s'expose à une souffrance chronique car le placenta est mal perfusé, avec un risque de retard de croissance in

utero. Pour la mère, une pré-éclampsie provoque des microangiopathies, reflétées au niveau des reins par une protéinurie.(120)

Une étude cas-témoins a été menée sur 172 femmes enceintes atteintes de pré-éclampsie et 339 femmes témoins normotendues. Les auteurs ont décrit les aliments bénéfiques pour réduire le risque de pré-éclampsie : les fruits, les légumes, les céréales, le pain noir et les produits laitiers faibles en matières grasses pour leur teneur élevée en fibres, calcium et potassium. Néanmoins, malgré les preuves soutenant l'effet protecteur des régimes végétariens sur la pré-éclampsie, ces résultats doivent être lus avec prudence car c'est une pathologie à composantes multifactorielles.(111)

## 3.4 Constipation et hémorroïdes

La constipation est un trouble récurent pendant la grossesse. Elle se définit par une difficulté à émettre des selles, avec une fréquence de moins de 3 selles par semaine. Elle peut apparaître dès les premières semaines de gestation, et semble essentiellement liée à l'hypotonie des muscles lisses due à l'imprégnation progestative.(108)

Selon un rapport de l'Anses rédigé en 2019, les apports recommandés en fibres pour les femmes enceintes et allaitantes sont les mêmes que ceux de la population en général, soit 25g par jour au minimum. L'apport satisfaisant (AS) est fixé à 30g de fibres totales alimentaires par jour. Cet apport de 30g quotidiens limiterait la constipation, notamment pendant la grossesse.(109)

L'apport quotidien en fibres est évalué à 46,7 g/j chez les végétaliens dans l'étude de Rizzo et al(34). Cette moyenne dépasse largement l'AS, le régime végétalien semble donc bénéfique à la diminution de la constipation, un trouble très fréquemment présent chez les femmes enceintes. La constipation étant un facteur important dans l'apparition ou l'aggravation des hémorroïdes chez les femmes enceinte, le régime végétalien permet aussi de limiter cette affection.

## 3.5 Infections urinaires

Les femmes enceintes peuvent être plus facilement sujettes aux cystites. En effet, quand l'utérus s'élargit, il pèse sur le système urinaire entraînant des envies d'uriner plus fréquentes. Néanmoins, l'imprégnation progestative pendant la grossesse diminue également le tonus de la vessie, l'empêchant de se vider entièrement. L'urine qui reste dans la vessie augmente le risque de multiplication bactérienne au niveau urinaire.(121)

Yen-Chang Chen et son équipe(122) ont suivi de manière prospective 9724 bouddhistes indemnes d'infection urinaire de 2005 à 2014. 661 cystites ont été recensées sur cette période, et le régime alimentaire de chacun a été évalué par un questionnaire de fréquence alimentaire. Dans l'ensemble, le régime végétarien était associé à un risque inférieur de développer une cystite de 16%. Ils ont identifié plusieurs causes de protection, applicables aussi en cas de grossesse :

En premier lieu, les cystites sont principalement causées par *Escherichia coli* (dans 65 à 75% des cas) par la voie intestin-selles-urètre. Il a été démontré que la viande, y compris la volaille et le porc, est le principal réservoir d'*E.coli* extra-intestinales pathogènes. D'autre part, ils ont découvert que les microbiotes intestinaux et fécales étaient différents entre les végétariens et non-végétariens. La teneur élevée en fibres d'un régime végétarien peut moduler le microbiote intestinal chez l'Homme, en diminuant le pH intestinal. De ce fait, les végétaliens ou les végétariens avaient un nombre total inférieur d'*E.coli* et d'*Enterobacteriaceae spp*. Cette diminution du pH pourrait empêcher la croissance d'*E.coli* et d'entérobactéries, contribuant potentiellement à la protection contre les infections urinaires.

Enfin, les aliments d'origine végétale contiennent des composés phytochimiques (comme les terpénoïdes, les phénoliques, les alcaloïdes) ayant été identifié comme possédant des propriétés antibactériennes. Une alimentation exclusivement végétale est donc riche en antibactériens naturels, et peut aider l'organisme à combattre les cystites non compliquées. De plus, les proanthocyanidines (issus de flavonoïdes) présents dans la canneberge et d'autres fruits, peuvent prévenir les infections urinaires en inhibant l'adhésion bactérienne de façon dose-dépendante.

## 3.6 Risques microbiologiques liés à l'alimentation

Il existe de nombreuses restrictions alimentaires liées à certains risques microbiologiques pour les femmes enceintes. Pratiquement toutes concernent les aliments d'origines animales(109) :

*« Éviter toutes les viandes crues ou peu cuites »*
*« Éviter la charcuterie cuite nécessitant une conservation au froid (rillettes, pâté…) »*
*« Éviter tous produits à base de foie de porc cru ou peu cuit »*
*« Éviter les œufs crus et les produits à base d'œufs crus ou insuffisamment cuits (tels que les mousses au chocolat et mayonnaises faites maison) »*
*« Éviter de consommer du lait cru et des fromages au lait cru (à l'exception des fromages à pâte pressée cuite comme le gruyère ou le comté), des fromages à pâte molle à croûte fleurie (type camembert et brie) et à croûte lavée (type munster et pont l'évêque), ainsi que les fromages vendus râpés »*

La seule recommandation alimentaire pour les risques microbiologiques concernant les aliments végétaux est la suivante :

*« Les fruits et légumes doivent être bien lavés, et éliminer toute trace de terre »*

On compte parmi ces risques microbiologiques la listériose (affection bactérienne) rare mais létale pour le fœtus, et la toxoplasmose (affection parasitaire) responsable de fœtopathies graves.(119) Outre la qualité nutritionnelle, un régime végétalien permet de diminuer ces risques infectieux car la plupart des aliments concernés ne sont pas consommés.

## 3.7 Apport en acide folique

En France, 7% des femmes entre 15 et 49 ans présentent un risque de carence en folates selon l'ENNS (Étude nationale nutrition santé) de 2006-2007. Ainsi, l'OMS recommande une supplémentation journalière de 0,4mg d'acide folique à toutes les femmes, dès la période de conception, jusqu'à 12 semaines d'aménorrhée, afin de réduire l'incidence des anomalies de fermeture du tube neurale.

En complément de cette supplémentation, les femmes enceintes ou ayant un projet de grossesse doivent avoir des apports suffisants par leur alimentation. On en trouve très largement dans les sources végétales telles que les féculents, les fruits, ou les légumes (feuilles principalement). Les végétaliens sont donc avantagés sur ce point. Nous avons constaté que les végétaliens ont des apports suffisants en folates(34), voire même supérieurs à ceux de la population générale(99). Selon l'étude de Rizzo et al(34), l'apport des végétaliens est de 888µg/j contre 848 pour les omnivores. Néanmoins, les ovo-lacto-végétariens, flexitariens et pesco-végétariens ont des apports plus élevés, respectivement 889, 912 et 926µg/j. L'étude danoise(99) relève un apport significativement plus élevé chez les végétaliens que leur population générale : 628µg/j contre 339 chez les hommes et 578µg/j contre 308 chez les femmes. Bien que ces différentes données ne soient pas exactement similaires, nous pouvons supposer que le régime végétalien est avantageux pour le statut en acide folique d'une femme enceinte, dont les apports journaliers doivent être de 600µg.

Nous avons noté plusieurs bénéfices non négligeables liés au régime végétalien pendant la grossesse. Nous allons maintenant étudier les effets négatifs que pourrait avoir ce régime dans ces mêmes conditions, et conclure sur son impact général sur la grossesse.

## 4. Méfaits d'un régime végétalien pendant la grossesse

Les régimes alimentaires d'une personne à l'autre peuvent impliquer des aliments très différents qui contiennent une multitude de nutriments avec des fonctions interactives. Beaucoup sont corrélées, il est donc difficile de séparer leurs effets. Ainsi, leurs effets cumulatifs sont parfois plus faciles à identifier que ceux d'un nutriment seul.

### 4.1 Effets négatifs sur la santé du fœtus

GB Piccoli et son équipe ont publié une revue en 2015, nommée « *Vegan–vegetarian diets in pregnancy : danger or panacea?* », qui examine la littérature traitant du régime végétalien-végétarien et de la grossesse afin de pouvoir tirer des conclusions. En effet, ce sujet reste encore vaste à explorer par les chercheurs, et certaines études se contredisent. Il est donc parfois difficile d'affirmer avec certitude un effet positif ou négatif sur la grossesse.

Ils ont ainsi sélectionné 22 articles : 13 rapportant des résultats materno-fœtaux et 9 des carences alimentaires. Aucune étude n'a rapporté d'augmentation d'effets indésirables graves ou de malformations majeures, à l'exception de l'augmentation d'hypospadias (cf. § 4.1.3) dans certains articles. Cinq études ont rapporté que les mères végétariennes avaient des bébés de poids inférieur à la naissance, mais deux études ont rapporté des poids à la naissance plus élevés. Les neuf études sur les micronutriments suggèrent que les femmes végétaliennes-végétariennes sont principalement à risque de carences en vitamine B12 et en fer.

#### *4.1.1 RCIU et petit poids à la naissance*

Nous avons vu que plusieurs nutriments contribuaient à la croissance fœtale, dont certains pouvaient être apportés de façon limitée par une alimentation végétale. La littérature indique que l'expansion des tissus fœtaux peut être impactée par les apports en vitamine B12, en fer, en zinc et de certains acides aminés.

<u>Vitamine B12</u>

Il existe une forte prévalence de carence en vitamine B12 chez les végétaliens car elle ne provient que des sources animales. Les néo-végétaliens peuvent avoir des réserves car elle est stockée plusieurs années par le foie, mais seule la nouvellement absorbée traverse le placenta. La vitamine B12 intervient dans la synthèse d'ADN et les cycles cellulaires des cellules à division rapide, elle est donc fondamentale pour la croissance fœtale. Ainsi, une grossesse végétalienne non supplémentée en B12 a été identifié comme pouvant être la cause de SGA (Small for gestational age), de petits poids à la naissance et d'anomalies de développement. (111)

## Fer

Pendant la grossesse, une légère anémie est physiologique en raison de l'hémodilution. Au cours des deuxième et troisième trimestres, le volume sanguin maternel augmente et le transport du fer est favorisé vers le placenta et le fœtus. Les femmes végétaliennes européennes ont généralement des apports corrects en fer pendant les premier et deuxième trimestre de grossesse car elles ont conscience des risques du végétalisme.(111) Cependant, diverses études françaises ont mis en évidence que 60 à 80% des femmes en fin de grossesse, quel que soit leur régime, présentent des valeurs anormales pour les principaux marqueurs d'évaluation du statut en fer. En effet, c'est au troisième trimestre que l'hémodilution est la plus élevée. Une carence en fer pendant la grossesse a été associée à une hypotrophie fœtale et à un faible poids à la naissance. Les femmes végétaliennes sont plus à risque être en déficit au troisième trimestre car l'absorption du fer végétal est plus limitée.(123)

## Zinc

Une carence en zinc chez les personnes suivant un régime végétalien n'a pas réellement été identifié car plusieurs études sont contradictoires. Cependant, la grossesse augmente considérablement les besoins journaliers car cet élément, incorporés à des enzymes, est essentiel dans les étapes de croissance accélérée. La littérature disponible a indiqué certaines tendances entre le statut en zinc de la mère et le poids de naissance du nourrisson.(118)

## Protéines

L'apport protéique maternel est un des plus importants nutriments pour la croissance fœtale car les protéines ont des rôles structuraux, énergétiques et fonctionnels. Ainsi, les femmes enceintes végétaliennes doivent consommer une variété optimale de plantes alimentaires afin d'obtenir la même biodisponibilité d'acides aminés que la population omnivore. Néanmoins, les retards de croissance in utero (RCIU) dus à un déficit d'apport en protéines seul reste peu fréquent car il est généralement compensé par le catabolisme des tissus maternels.(112)

Dans la littérature scientifique, toutes les études ne s'accordent pas pour conclure à un véritable lien entre un nutriment déficitaire du régime végétalien pendant la grossesse et un retard de croissance chez l'enfant à naître. Nous pouvons néanmoins émettre l'hypothèse qu'une alimentation qui n'est pas assez variée pendant cette période peut porter atteinte à ces différents nutriments qui, ensemble, participent au bon développement de la croissance du fœtus. Une mauvaise croissance fœtale peut, dans le pire des cas, aboutir à la mort du fœtus.

### 4.1.2 Malformation du tube neural

Le principal risque lié à un déficit en vitamine B12 pendant la grossesse se trouve dans la formation du système nerveux du fœtus. L'OMS recommande une supplémentation journalière de 0,4mg d'acide folique dès la période de conception jusqu'aux 3 premiers mois de la grossesse afin de prévenir une malformation rare, la spina bifida. Bien que la supplémentation en acide folique soit systématique, la vitamine B12 tient également son rôle dans le risque d'anomalie du tube neural. En 2018, Allen et son équipe ont regroupé des études cas-témoins confirmant qu'un faible statut maternel en B12 est corrélé à une augmentation du risque d'anomalie de fermeture du tube neural au cours du premier trimestre de la grossesse.(124)

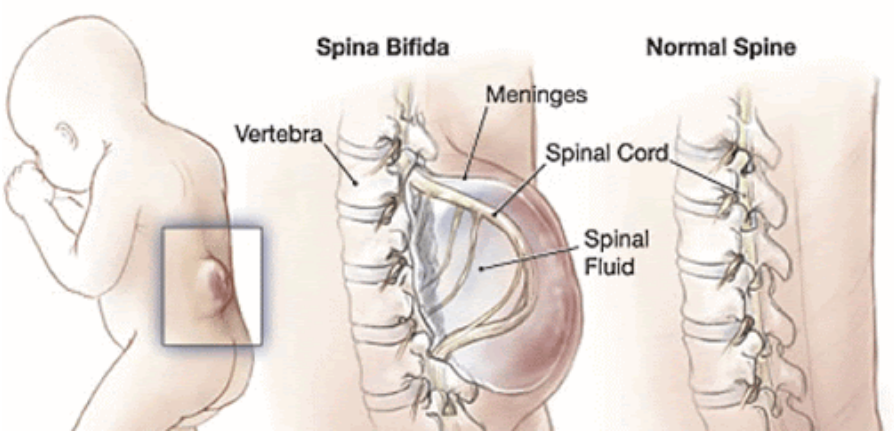



*Figure 19 : Spina bifida ou anomalie de fermeture du tube neural (125)*

Pour la majorité des cas, l'impact du régime végétalien sur l'enfant ne surviendra qu'à la naissance, où les réserves de l'enfant seront au plus bas. En effet, les nourrissons nés de femmes végétaliennes déficientes en B12 courent un risque élevé de naître avec de faibles réserves de vitamine et de développer de graves signes cliniques de carence au cours de la première année de vie.(124) De plus, cette malformation est souvent évitée car la plupart des végétaliens en France sont sensibilisés au manque de vitamine B12 dans l'alimentation végétale, et se supplémentent avec des compléments alimentaires.

### 4.1.3 Hypospadias

Un risque accru d'hypospadias a été associé à un régime végétarien ou végétalien pendant la grossesse, en raison de la consommation accrue de phyto-œstrogènes. Cependant, ces travaux n'ont pas réussi à démontrer une relation entre l'incidence des hypospadias et la consommation de produits à base de soja, censés être la première source de phyto-œstrogènes. Plus tard, le manque de certains acides aminés essentiels à l'organogénèse a été suggéré comme étant associé au risque accru d'hypospadias chez les femmes ayant un régime sans viande et poisson.

Cependant, leurs conclusions étaient basées sur des corrélations indirectes et non significatives. De plus, une étude italienne a trouvé une corrélation positive entre l'hypospadias et une consommation fréquente de poisson pendant la grossesse. Ces données contradictoires, ainsi que d'autres études, suggèrent que le déséquilibre de certains nutriments ou l'apport de contaminants alimentaires peuvent jouer un rôle dans la genèse de l'hypospadias. A ce stade, il n'y a donc pas suffisamment d'informations pour conclure que les régimes végétariens ou végétaliens augmentent le risque de perturbation au cours de l'organogenèse génitale.(111)

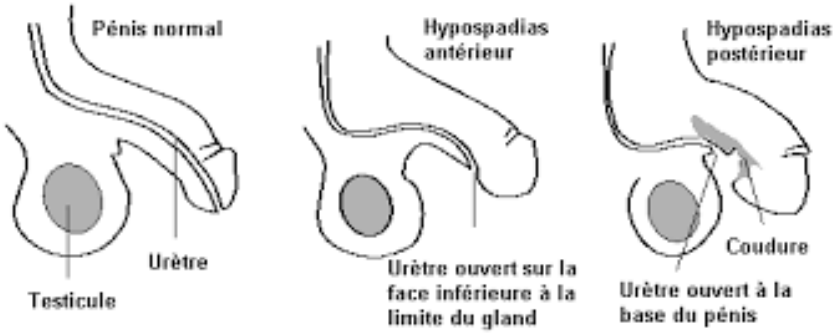



*Figure 20 : Anatomie d'un pénis normal et atteint d'hypospadias (126)*

## 4.2 Répercussions post-natales sur le système nerveux

Certains nutriments n'auront un impact visible qu'après la naissance, pendant le développement de l'enfant. C'est le cas du DHA, de l'iode et de la vitamine B12 :

Le DHA est un composant important des membranes neurales et rétiniennes. Il s'accumule dans le cerveau et la rétine en fin de gestation et au début de la vie postnatale. On pense qu'un apport adéquat de DHA pendant la grossesse, ainsi que pendant l'allaitement est essentiel pour un développement visuel et neurologique optimal au début de la vie. (127)

Concernant l'iode, des études épidémiologiques ont montré qu'une l'hypothyroïdie maternelle en début de grossesse associée à une carence iodée modérée pouvait être associée à une réduction du développement cognitif (QI) de l'enfant, un retard de langage, d'attention et/ou hyperactivité et des surdités.(128)

Enfin, les nourrissons nés de femmes végétaliennes déficientes en B12 courent un risque élevé de naître avec de faibles réserves de vitamine, qui a été associé à de graves troubles neurologiques et cognitifs qui se révèleront pendant l'apprentissage de l'enfant.(111)

## 4.3 Effets négatifs sur la santé de la mère

### *4.3.1 Santé mentale*

Récemment, la dépression maternelle a été reliée à une nutrition inadéquate pendant la grossesse. Les femmes enceintes sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes d'une mauvaise alimentation sur l'humeur car la grossesse et l'allaitement augmentent les besoins nutritionnels. Des liens plausibles entre la nutrition et l'humeur ont été rapportés pour le folate, la vitamine B12, le calcium, la vitamine D, le fer, le sélénium, le zinc et les AGPI, qui sont nécessaires à la biosynthèse de plusieurs neurotransmetteurs tels que la sérotonine, la dopamine et la noradrénaline. De nombreuses études ont trouvé une association positive entre de faibles niveaux d'acides gras oméga 3 et une incidence plus élevée de dépression maternelle. Les deux oméga 3 les plus corrélés au développement et au fonctionnement du cerveau sont l'EPA et le DHA, dont ce dernier est le plus important dans le cerveau. Néanmoins, les preuves actuelles issues d'essais contrôlés randomisés ne sont pas concluantes. Une étude récente a évalué que la dépression post-partum auto-déclarée était plus fréquente chez les végétariens que chez les sujets omnivores, probablement en raison d'un apport insuffisant en micronutriments.(111)

### *4.3.2 Anémie ferriprive*

L'épuisement des réserves en fer pendant la grossesse peut aboutir à une anémie par carence martiale, ayant un impact sur l'hématopoïèse de la mère car le fer est insuffisant pour la synthèse de l'hémoglobine maternelle. Les symptômes peuvent se traduire par une faiblesse générale, une fatigue physique et intellectuelle, une dyspnée, des vertiges et un teint pâle. Une anémie pendant la grossesse augmente le risque d'accouchement prématuré et d'infections maternelles post-partum.

### *4.3.3 Catabolisme des tissus maternels*

Pendant le premier et deuxième trimestre, lorsque la croissance fœtale est encore faible, les tissus adipeux de la mère accumulent des réserves énergétiques pour la suite de la grossesse. Au troisième trimestre, l'organisme met en place un catabolisme de ces tissus maternels afin de subvenir aux besoins du placenta et du fœtus. C'est un mécanisme physiologique normal. Cependant si l'apport de certains macronutriments est faible, les réserves de la mère peuvent se révéler insuffisantes ce qui risque d'entraîner un profil nutritionnel post-partum diminué pour la lactation.(112)

Pour conclure cette deuxième partie, nous pouvons supposer qu'un régime végétalien est compatible avec une grossesse, à condition de planifier la composition de ses repas pour qu'ils soient bien équilibrés et d'avoir une supplémentation à minima en vitamine B12. En raison de l'augmentation rapide de la popularité de ce régime, les professionnels de santé doivent être conscients des enjeux concernant certains nutriments afin de conseiller correctement leurs patients. Les régimes végétaliens limitant certains apports énergétiques, excluant un ou plusieurs groupes alimentaires, ne prêtant pas attention aux nutriments essentiels ou au statut en vitamine D, et ne supplémentant pas la vitamine B12 ne peuvent pas être considérés comme bien équilibrés et peuvent avoir des conséquences dangereuses pour la santé de la mère et de l'enfant. Un tableau récapitulatif des impacts du régime végétalien sur la conception et pendant la grossesse est disponible en *Annexe 1*.

Bien que l'impact des régimes végétariens et végétaliens sur l'anthropométrie fœtale diffère considérablement d'une étude à l'autre, les femmes végétaliennes enceintes doivent s'informer sur les sources alimentaires des nutriments évoqués dans cette 2ème partie, des techniques de préparation des aliments et des pratiques de cuisson qui améliorent leur biodisponibilité afin d'éliminer tout risque de déficit. Une supplémentation en vitamine B12 est obligatoire pour tous les végétaliens. Pour les autres nutriments, un suivi doit être mis en place avec des dosages si besoin afin de détecter rapidement une carence s'il en existe.

# Partie 3 : Rôle du pharmacien d’officine dans le suivi de la grossesse d’une femme végétalienne

## 1. Identification des patientes cibles et rôle d'information sur les principaux points du suivi d'une grossesse

### 1.1 Identification des patientes véganes et enceintes à l'officine

Outre le bon usage du médicament, le pharmacien d'officine a de nombreux autres rôles de sensibilisation, d'information et d'apprentissage auprès de ses patients. C'est pourquoi la discussion au comptoir est essentielle, et participe parfois à une connaissance plus ou moins globale du mode de vie des personnes qui se rendent dans leur pharmacie. Ainsi, il est possible que certains pharmaciens identifient leurs patients végétariens, ou végétaliens, par une confidence de ses derniers, par un questionnement sur des produits cosmétiques ou médicaments compatibles avec le véganisme, ou encore via une demande de compléments alimentaires pour palier à certains déficits. Les pharmaciens d'officine et les préparateurs en pharmacie doivent se montrer à l'écoute, et évaluer les connaissances des sujets végétariens et végétaliens sur les apports nutritionnels qui peuvent être critiques.

Les femmes enceintes sont facilement identifiées à l'officine : par le questionnement systématique à une femme en âge de procréer lors de la délivrance d'un médicament, par une ordonnance (par exemple avec de l'acide folique à 0,4mg/j), ou par une demande spontanée de compléments alimentaires pour la grossesse. De plus, elles ne le cachent généralement pas, conscientes des risques que peuvent présenter la prise de certaines spécialités pharmaceutiques pendant la grossesse.

### 1.2 Informations des patientes sur le suivi de grossesse

Le pharmacien d'officine est en première ligne face aux interrogations des patients. En effet, les officines représentent une mine d'informations fiables, délivrées par des professionnels de santé, accessibles sans rendez-vous sur de larges plages horaires et sur tout le territoire français. Une jeune femme (végétalienne ou non) doit pouvoir obtenir des informations sur le suivi d'une grossesse si elle le souhaite.

Suivi avant et pendant une grossesse (120)

Une jeune femme peut demander une consultation préconceptionnelle avec un médecin généraliste, un gynécologue ou une sage-femme. Elle est composée d'un examen général (taille, poids, tension artérielle) et gynécologique, de conseils sur l'hygiène de vie (alimentation, exercice physique, éviction de toxiques comme le tabac, l'alcool ou certains médicaments tératogènes), et d'une vérification des antécédents médicaux et familiaux. Sont également prescrits la recherche du groupe sanguin et une sérologie de la toxoplasmose et de la rubéole (et du VIH si besoin). Enfin, les vaccinations sont vérifiées et, si nécessaire, un rattrapage est proposé avant la grossesse pour la coqueluche et la rubéole. La prescription de folates à 0,4mg par jour doit être prescrite. Cette consultation est facultative, mais conseillée dans le cas d'un régime végétalien particulièrement pour faire une mise au point sur l'alimentation.

Une fois la grossesse confirmée, la première consultation a lieu au premier trimestre et ressemble à l'examen de préconception. Ensuite, les consultations sont mensuelles (7 au total). Trois échographies s'assurent de son bon déroulement, la 1ère dite « de datation » avant la fin du troisième mois, la 2ème dite « morphologique » vers le cinquième mois, et la 3ème vers le huitième mois.

Certaines sérologies sont prescrites aux femmes enceintes de manière systématique, comme la recherche du groupe sanguin et rhésus de la mère, ou la recherche d'anticorps contre la toxoplasmose, la rubéole ou l'hépatite B. Sont également surveillées glycosurie (surveillance diabète gestationnel) et protéinurie (surveillance pré-éclampsie, trouble rénal ou infection).

Dans le cas particulier d'une grossesse végétalienne, aucune recommandation n'est spécifiquement établie pour son suivi. Certains dosages sanguins sont possibles comme celui de la vitamine B12, du fer, du calcium ou de la vitamine D souvent prescrits en pratique, et plus rarement le zinc et l'iode. Le dosage en oméga 3 n'est pas possible en laboratoire de ville. Nous verrons quels dosages sont les plus intéressants pour la population végane un peu plus loin.

## 2. Rôle de prévention des carences nutritionnelles : conseils alimentaires

### 2.1 Apport en vitamine B12

La vitamine B12 ne se trouve pas dans les aliments végétaux. Les algues et le tempeh (fève de soja fermentées) ne sont généralement pas des sources fiables de vitamine B12. La consommation d'aliments enrichis en vitamine B12 dans les régimes végétaliens est parfois suggérée comme moyen d'assurer un bon apport quotidien en vitamine B12, tels que les substituts de viande, les céréales pour petit déjeuner, le lait de soja, le tofu, les céréales et la levure nutritionnelle. Cependant, ces produits ne sont pas toujours disponibles et, même lorsqu'ils le sont, ils doivent être consommés quatre fois par jour pour prétendre fournir des quantités suffisantes de vitamine B12.(111)

Par conséquent, comme nous avons vu en *Partie 2* qu'une carence en vitamine B12 peut apparaître chez les femmes enceintes végétaliennes, nous ne donnerons pas de conseil nutritionnel pour obtenir un meilleur statut en vitamine B12. Un statut en B12 adéquat doit être assuré par une supplémentation systématique via des compléments alimentaires ou des spécialités pharmaceutiques. Ce point est abordé plus en détail dans le paragraphe 4.2.1.

### 2.2 Apport en fer

#### *2.2.1 Aliments végétaux riches en fer*

Un régime végétalien bien planifié peut tout à fait répondre aux besoins en fer. Pendant la grossesse, il est recommandé de consommer quotidiennement des aliments riches en fer comme ceux cités ci-dessous(35) ainsi que de façon plus détaillée en *Annexe 2* :

| **Légumineuses** | **Légumes à feuilles** | **Graines et céréales** | **Dérivés du soja** | **Fruits séchés** | **Oléagineux** |
|---|---|---|---|---|---|
| Pois chiche<br>Pois cassé<br>Haricots secs (blanc, rouge)<br>Flageolet vert<br>Lentille<br>Fève | Épinard<br>Oseille | Graines de soja, chia, lin, cumin, sésame, fenouil, fenugrec<br>Avoine<br>Quinoa (pseudocéréale) | Tofu<br>Protéine de soja<br>Farine de soja | Pèche<br>Figue<br>Tomate<br>Raisin | Noisette<br>Pignon de pin<br>Noix de cajou<br>Amande |

*+ Aromates : thym, basilic, menthe, laurier, persil, sarriette, origan, romarin, aneth, coriandre*

### *2.2.2 Techniques de préparation*

L'acide phytique est la principale forme de stockage du phosphore des céréales, des légumineuses, des graines oléagineuses et des noix. Il sert aussi de source d'énergie et d'antioxydant pour les graines des végétaux. Il est connu pour chélater les minéraux, les empêchant d'être biodisponibles chez les non ruminants dont l'Homme, car ils n'ont pas l'enzyme digestive qui dégrade ces phytates : la phytase. Ce facteur antinutritionnel peut réduire la biodisponibilité de minéraux comme le fer, le calcium et le zinc de 5 à 15%. Plusieurs méthodes de prétraitement ont été identifiées pour réduire la teneur en phytates et améliorer la valeur nutritionnelle de ces aliments.

Plusieurs techniques de préparations peuvent améliorer l'absorption du fer non héminique en réduisant l'acide phytique, son principal facteur antinutritionnel(129) :

→ <u>Le broyage</u> :

Le broyage est la méthode la plus couramment utilisée pour éliminer l'acide phytique des grains. Cette technique supprime l'acide phytique mais présente également des inconvénients majeurs car elle élimine également des parties importantes de minéraux et de fibres alimentaires.

→ <u>Le trempage</u> :

Le trempage est une méthode largement appliquée. Dans le cas des céréales et des haricots, le trempage avant de les cuisiner est assez efficace pour réduire l'acide phytique, entre 15 et 55%, et donc augmenter la biodisponibilité minérale. Cette méthode implique la submersion complète des grains dans l'eau (chaude initialement, entre 45 et 65°C) pendant un certain temps (entre 12 et 24h selon l'aliment choisi), ce qui entraîne l'activation des phytases endogènes. Si le trempage est long, un changement de l'eau peut être nécessaire pour éviter la fermentation. Ce traitement présente également certains inconvénients car lors de ce traitement il se produit une perte de minéraux et de protéines extractibles à l'eau.

→ <u>La germination</u> :

Cette méthode réduit la teneur en acide phytique jusqu'à 40% supplémentaires. Après avoir vidé l'eau du trempage et rincé les graines, il s'agit de les laisser germer dans un bocal de germination ou une passoire, entre quelques heures et plusieurs jours. Dans les céréales, les graines et les légumineuses non germées, une petite activité de phytases endogènes est observée, mais pendant la germination, une augmentation plus marquée de la dégradation des phytates a été observée. Une germination pendant 10 jours entraînerait une réduction significative de la teneur en phytate d'une majorité de céréales.

*Figure 21 : Germination de graines destinées à la consommation (130)*

→ <u>La fermentation</u> :

Cette méthode consiste à enfermer les aliments sélectionnés dans un bocal, avec de l'eau et du sel pendant au moins 2 semaines afin que se produise une lacto-fermentation. Ce développement de bactéries lactiques qui produisent de l'acide lactique abaisse le pH, ce pH favorise l'activité des phytases microbiennes et la dégradation de l'acide phytique. Ainsi, la fermentation naturelle des légumineuses et céréales améliore la biodisponibilité de leurs minéraux. Ces bocaux peuvent être conservés plusieurs mois voire plusieurs années s'ils ne sont pas ouverts.

La levée du pain au levain est une autre technique de fermentation lactique.

*Figure 22 : Recette de lacto-fermentation d'un aliment (131)*

→ <u>L'ébullition</u> :

Les phytates, qui sont les principaux facteurs antinutritionnels du fer, ne sont pas bien dégradés par la chaleur. Néanmoins l'ébullition est efficace contre d'autres molécules impactant l'absorption du fer comme les tanins et l'oxalate.

### 2.2.3 Associations bénéfiques

Le fer non héminique végétal a une biodisponibilité inférieure à celle du fer héminique animal. Il est donc conseillé d'associer des aliments riches en fer avec des nutriments ayant la propriété d'améliorer son absorption. C'est le cas de la vitamine C qui chélate le fer ferrique ($Fe^{3+}$) et le réduit en fer ferreux ($Fe^{2+}$), forme qui pénètre dans l'entérocyte. La vitamine C est très sensible à la cuisson. Elle est présente en plus fortes quantités dans les agrumes (citron, pamplemousse, orange, clémentine) et autres fruits (goyave, kiwi, papaye, ananas, fruits rouges), ainsi que dans les poivrons et les choux (frisé, brocolis, de Bruxelle, vert, chou-rave, chou-fleur).(35) Ces aliments devront donc être apportés de préférence crus pour bénéficier de leur vitamine C.

*Exemples de préparations alimentaires riches en fer :*

- *Tartinades : pois cassés, pois chiches, houmous aux herbes, tapenade (riches en fer) ou de poivrons (riches en vitamine C)*
- *Mélange de fruits à coques et raisins secs (riches en fer)*
- *Salade : quinoa préalablement trempé, graines germées (riches en fer), poivrons et citron pressé (riches en vitamine C)*
- *Chili con soja : haricots rouges, protéines de soja (riches en fer), sauce tomates, poivrons (riches en vitamine C)*
- *Cake aux épinards, tomates séchées et graines (riches en fer)*
- *Citron pressé en assaisonnement (riches en vitamine C)*
- *Fruits (agrume, kiwi, fruits rouges riches en vitamine C)*
- *Flocons d'avoine au chocolat noir et fruits secs (riches en fer)*
- *Cookies aux haricots blancs, gâteaux à la mélasse (riches en fer)* (35)

## 2.3 Apport en calcium

### *2.3.1 Aliments végétaux riches en calcium*

Bien qu'à notre connaissance aucune étude n'ait démontré un impact réel sur l'équilibre calcique, nous avons vu en *Partie 2* que l'*American Dietetic Association*(116) recommande aux végétaliennes des apports plus élevés en calcium pendant la grossesse, estimés entre 1200 à 1500mg par jour soit 20% de plus que les omnivores. Cet apport représente au moins 8 portions d'aliments riches en calcium, comme ceux cités ci-dessous(35) et de façon plus détaillée dans l'*Annexe 3* :

| **Légumes à feuilles vertes** | **Fruits ou légumes séchés** | **Légumineuses** | **Graines et céréales** | **Dérivés du soja** | **Oléagineux** |
|---|---|---|---|---|---|
| Épinard<br>Chou (vert, frisé)<br>Brocolis<br>Rhubarbe<br>Cresson<br>Laitue | Figue<br>Datte<br>Tomate<br>Oignon<br>Carotte | Haricots secs (blanc, mungo, rouge)<br>Flageolet vert<br>Lentille verte<br>Pois chiche<br>Graines de lupin<br>Haricot vert<br>Petits pois | Graines de sésame, lin, pavot, soja, fenouil, fenugrec<br>Riz blanc<br>Avoine | Tofu<br>Protéine de soja<br>Farine de soja<br>Boisson au soja | Amande<br>Noix<br>Noisette<br>Pistache<br>Noix du Brésil, de muscade, de pécan, de macadamia |

*+ Aromates : basilic, sarriette, thym, origan, menthe, romarin, laurier, poivre, persil, coriandre*
*+ Eaux minérales : Courmayeur, Hépar, Contrex, Rozana Vittel, Quézac, Salvétat*

### *2.3.2 Techniques de préparation*

Tout comme pour le fer, plusieurs techniques de préparation des aliments peuvent augmenter l'absorption du calcium végétal en réduisant les phytates :

→ Le broyage, le trempage, la germination, la fermentation, pain au levain

L’absorption du calcium végétal est également très impactée par un autre facteur antinutritionnel : les oxalates. L'oxalate est une substance soluble qui peut former des sels insolubles avec certains minéraux, et principalement avec le calcium, formant ainsi l’oxalate de calcium. Les végétaux fabriqueraient de l'oxalate pour diverses raisons, dont la régulation du calcium, la protection des plantes et la détoxification des métaux lourds.(132)

Les aliments végétaux les plus riches en oxalates sont épinards, blettes, amarante, taro, patates douces, betteraves, rhubarbes ou oseille. La distribution de l'oxalate au sein d'une plante varie : les feuilles (épinards, betteraves) ont une teneur en oxalate plus élevée que les tiges (rhubarbe) ou les racines (betteraves, carottes).

→ L’ébullition(132) :

En raison de la solubilité dans l'eau, une ébullition pendant 12 minutes réduit la teneur en oxalate des aliments de 30 à 87%. Les épinards et les blettes sont les plus sensibles (87 et 85% respectivement) car elles sont plus riches en oxalates et leur surface est peu épaisse. La cuisson à la vapeur a un impact moindre, autour de 45% pour ces mêmes aliments. Le trempage avant ébullition réduit d’avantage les oxalates.

### *2.3.3 Associations bénéfiques*

L’apport en calcium recommandé étant élevé par rapport aux teneurs des végétaux, il conviendra d’associer pour chaque repas plusieurs aliments riches en calcium afin d’apporter 8 portions au total par jour, comme le recommande l’American Dietetic Association(116). Une poignée d’amande et un apport d’eau minérale riche en calcium chaque jour peut fortement contribuer à cet enrichissement, en plus des repas.

*Exemples de préparations alimentaires riches en calcium :*

- *Salade : feuilles de cresson, haricots rouges, tomates séchées et graines de lin*
- *Soupe de pois chiches aux épinards*
- *Samoussas de roquette, carottes et noix*
- *Galettes de chou vert et oignons séchés, sauce tahini*
- *Steak de soja et purée de brocolis aux graines de sésame*
- *Boulettes de lentilles et patates douces accompagnées de riz blanc*
- *Yaourt végétal enrichi en calcium*
- *Tarte à la rhubarbe*
- *Figues séchées* (35)

L’absorption du calcium est favorisée par la vitamine D. Outre les apports en vitamine D par l’alimentation, une exposition au soleil raisonnable sera donc le principal facteur bénéfique au statut calcique.

## 2.4 Apport en vitamine D

Il n’existe pas d’aliments végétaux riches en vitamine D. Les végétaliens doivent fortement s'appuyer sur l’exposition solaire qui induit sa synthèse pour obtenir suffisamment de vitamine D. Il faut cependant faire attention à ne pas s’exposer trop longtemps au soleil car cela peut être dangereux (coup de soleil à court terme, ou risque de cancer de la peau à long terme). De plus, cela est inutile car la peau cesse de synthétiser de la vitamine D lorsqu’elle a atteint une valeur suffisante.

Les sources végétales de vitamine D sont les haricots, le brocoli et les légumes-feuilles, mais leur teneur sont faibles, sauf pour certains champignons sauvages. Étendre l'exposition au soleil et consommer des aliments enrichis en vitamine D (lait de soja, céréales pour petit déjeuner par exemple) peuvent être des stratégies appropriées pour éviter une éventuelle carence en vitamine D.(111)

## 2.5 Apport en iode

Les régimes végétaliens fournissent un faible apport en iode, bien que les carences soient assez rares dans les pays occidentaux. Le sel iodé est le moyen le plus sûr d'atteindre les besoins en iode chez les femmes végétaliennes enceintes. Une consommation plus élevée de sel pendant la grossesse chez les végétaliens est considérée comme inoffensive en raison de la faible incidence de l'hypertension dans cette population et peut faciliter la satisfaction des besoins en iode.(111)

Dans un rapport de 2019, l’Anses déconseille la consommation d’algues et de compléments alimentaires à base d’algues aux femmes enceintes, en raison du risque non négligeable de dépassement des limites supérieures de sécurité d’apport en iode qui s’élèvent à 600µg par jour pour l’adulte. Un apport régulier trop élevé en iode peut être responsable de dysthyroïdie ainsi que de troubles cardiaques ou rénaux.(109)

## 2.6 Apport en zinc

### *2.6.1 Aliments végétaux riches en zinc*

Les végétariens et végétaliens devraient être encouragés à consommer plus de zinc alimentaire que l'apport de référence de la population suggéré pour les omnivores, en particulier parce que le rapport phytates/zinc alimentaire est élevé. Les phytates sont nombreux dans les céréales, légumineuses et oléagineux et le zinc en quantités plus faibles dans les aliments végétaux.

Le zinc peut être apporté par les suivants :

| Légumineuses | Dérivés du soja | Oléagineux | Graines | Céréales |
|---|---|---|---|---|
| Lentilles (corail, verte, blonde)<br>Pois cassé<br>Haricots secs (blanc, mungo, rouge)<br>Fève<br>Flageolet vert<br>Graines de lupin | Farine de soja<br>Protéine de soja | Noix de cajou, pécan, Brésil<br>Pignon de pin<br>Amande<br>Cacahuète<br>Noix<br>Noisette<br>Pistache | Graines de lin, sésame, carvi, pavot, luzerne, cucurbitacée, tournesol, cumin, fenouil, chia, coriandre | Blé, boulgour<br>Riz<br>Épeautre<br>Millet<br>Orge<br>Seigle<br>Avoine<br>Quinoa (pseudo) |

*+ Aromates : basilic, thym, persil, sarriette, sauge, laurier, romarin, origan, menthe*

Les teneurs en zinc de ces aliments sont présentées dans l'*Annexe 4*.

### 2.6.2 Techniques de préparation

Comme pour le fer et le calcium, l'absorption du zinc peut être améliorée en adoptant des méthodes de préparation des aliments précédemment citées pour réduire les niveaux de phytates dans les aliments :

→ Le broyage, le trempage, la germination, la fermentation, pain au levain

### 2.6.3 Associations bénéfiques

La présence d'aliments riches en vitamine C ou autres acides organiques comme l'acide citrique ou l'acide malique dans le même repas augmente l'absorption du zinc. Ainsi, la consommation d'aliments riches en zinc doit être encouragée tout au long de la journée associée à des apports de vitamine C ou d'autres sources d'acides organiques : principalement les fruits, ou quelques gouttes de citron ou autres agrumes en assaisonnement.(133)

*Exemples de préparations alimentaires riches en zinc :*

- *Céréales ou riz soufflé enrichis en zinc*
- *Taboulé de boulgour aux herbes*
- *Crackers aux graines diverses*

- *Pâtes de blé au pesto (basilic) et pistaches*
- *Lasagnes aux lentilles corail*
- *Pain complet aux céréales*

- *Riz au lait d'amande*
- *Tarte aux fèves, fruits et graines de lin*
- *Gâteau au chocolat noir, amandes et noisettes* (35)

## 2.7 Apport en oméga 3

### *2.7.1 Aliments végétaux riches en oméga 3*

Les sources végétales sont très limitées en DHA et EPA. L'ALA est le seul oméga 3 présent dans les aliments végétaux, mais l'élongation de l'ALA en EPA et DHA est limitée et influencée par l'alimentation. En effet, un rapport de 4/1 entre l'apport d'acides gras oméga 6 et oméga 3 est important pour produire des quantités suffisantes de DHA et d'EPA. Les végétaliens et végétariens peuvent être désavantagés pour équilibrer ce rapport car ils ont peu de sources d'ALA (oméga 3) dans leur alimentation et consomment généralement une abondance de LA (oméga 6).(111) Les aliments végétaux et leur huile riches en ALA sont les suivants :

| **Oléagineux** | **Graines** | **Huiles** |
|---|---|---|
| Noix | Graines de lin, lin brun, chia | De lin, de colza, de noix, de soja, de germe de blé |

Néanmoins, pour conclure qu'un aliment a un bon apport en oméga 3, il faut également analyser ce rapport oméga 6 / oméga 3. Ces paramètres sont détaillés en *Annexe 5*. Certaines margarines végétales riches en oméga 3 sont également intéressantes pour compléter son apport.

### *2.7.2 Techniques de préparation*

Comme évoqué en *Partie 1*, les huiles végétales n'apportent pas d'ALA lorsqu'elles sont chauffées car ce dernier est sensible à la chaleur. Il est donc nécessaire de les utiliser en assaisonnement d'un plat froid, ou d'en rajouter un filet juste avant la dégustation d'un plat chaud. De la même façon, les margarines végétales riches en oméga 3 doivent être tartinées à froid pour bénéficier de ces derniers, et non utilisées au fond d'un récipient pour la cuisson.

### *2.7.3 Associations bénéfiques*

Afin d'avoir une conversion optimale d'oméga 3 ALA en EPA et DHA, il conviendra d'apporter régulièrement des aliments au rapport oméga 6 / oméga 3 recommandé comme l'huile de lin ou de colza, les graines de lin, les graines de chia, ou certaines margarines végétales riches en oméga 3.

*Exemples de préparations alimentaires riches en oméga 3 :*

- *Filet d'huile de lin ou de colza sur une entrée froide (salade composée, tomates, avocat, taboulé, carottes râpées…)*
- *Une cuillère d'huile de lin ou de colza sur ses légumes après leur cuisson*
- *Parsemer des graines de lin ou de chia sur un plat chaud ou dans une sauce*
- *Graines de lin et chia moulues dans un yaourt, une boisson ou un bol de céréales* (35)

Malgré ces conseils nutritionnels, il semble raisonnable de recommander une supplémentation quotidienne de DHA aux femmes enceintes végétaliennes (cf. § 4.2.1). En effet, c'est l'oméga 3 le plus important pendant la grossesse, or il ne peut être apporté directement par les végétaux, son précurseur (ALA) est disponible dans un nombre limité d'aliments, et leur consommation d'acides gras oméga 6 est élevée.(133)

## 2.8 Apport en protéines

### *2.8.1 Aliments végétaux riches en protéines*

Les protéines végétales proviennent principalement de trois familles d'aliments : les céréales, les oléagineux et les légumineuses, qu'il convient d'associer pour un meilleur équilibre entre les différents acides aminés essentiels qui ne sont pas synthétisés par l'organisme. En effet, comme nous l'avions évoqué en *Partie 1*, les protéines végétales peuvent présenter un caractère limitant pour un ou plusieurs acides aminés. C'est le cas de la lysine pour certaines céréales et les graines oléagineuses, et des acides aminés soufrés (méthionine et cystéine, cette dernière étant non essentielle) pour toutes les légumineuses.

Dans le tableau ci-dessous se trouvent les aliments riches en protéines dans ces 3 grandes familles ainsi que les dérivés du soja :

| **Céréales** | **Légumineuses** | **Oléagineux** | **Dérivés du soja*** |
|---|---|---|---|
| Avoine<br>Seigle<br>Blé<br>Épeautre<br>Riz<br>Maïs<br>Quinoa (pseudo)*****<br>Sarrasin (pseudo)*****<br>Amarante (pseudo)***** | Haricots secs (blanc, rouge, mungo)<br>Flageolet vert<br>Pois chiche<br>Pois cassé<br>Fève<br>Lentilles (blonde, verte, brune, corail)<br>Graines de lupin***** | Cacahuète<br>Amande<br>Pistache<br>Noisette<br>Pignon de pin<br>Noix<br>Noix de cajou, du Brésil, de pécan, de macadamia | Farine de soja<br>Protéine de soja<br>Tempeh<br>Tofu |
| Qualité nutritionnelle :<br>Riches en AA soufrés<br>Limitants en lysine | Qualité nutritionnelle :<br>Riches en lysine<br>Limitants en AA soufrés | Qualité nutritionnelle :<br>Riches en AA soufrés<br>Limitants en lysine | Qualité nutritionnelle :<br>Riches en AA essentiels |

*****Certains aliments végétaux tels que les pseudo-céréales (sarrasin, quinoa et amarante), certaines graines ou légumineuses (soja, lupin) ainsi que les produits dérivés du soja contiennent l'ensemble des acides aminés essentiels dans des proportions similaires à celles des aliments d'origine animale.(111)

Les pseudo-céréales (dicotylédones) sont consommées sous forme de graines, comme les céréales, mais ne sont pas de la famille des graminées (monocotylédones).

Bien qu'il paraisse intéressant de consommer des aliments dérivés du soja, les femmes enceintes quel que soit leur régime alimentaire doivent être vigilantes. Le soja contient des phyto-estrogènes, des molécules semblables à l'estradiol, capables de se lier aux récepteurs estrogéniques. Ils peuvent traverser le placenta et sont également excrétés dans le lait maternel. Aujourd'hui, des expériences chez l'animal ont démontré des anomalies de développement des organes génitaux et des troubles de la fertilité de la progéniture après exposition in-utéro ou néo-natale à ces phyto-estrogènes. De ce fait, même si aucune anomalie de ce type n'a été décrite chez l'Homme, l'Anses recommande par précaution aux femmes enceintes et allaitantes de ne pas consommer plus d'un aliment à base de soja par jour.(108)

Du fait de la plus faible digestibilité des protéines végétales, notamment dans un régime végétalien, il est préférable d'apporter la valeur haute des recommandations soit 20% d'apport protéique dans l'apport énergétique total, représentant 100,8 grammes de protéines par jour pour une femme de 63 kg.(111) Les teneurs en protéines de ces aliments végétaux sont présentées dans l'*Annexe 6*.

### *2.8.2 Techniques de préparation*

Certaines molécules très présentes dans les aliments végétaux comme les tanins ou les fibres interfèrent dans l'absorption des protéines végétales. Ces facteurs participent à une plus faible digestibilité des protéines végétales (85% en moyenne), et de façon plus marquée dans le cadre d'un régime végétalien. La cuisson des aliments peut permettre de diminuer un peu ces facteurs, néanmoins la meilleure façon d'avoir un apport optimal en protéine consiste à multiplier les apports protéiques et à associer les différentes familles d'aliments végétaux riches en protéines afin d'apporter l'ensemble des acides aminés essentiels.(133)

### *2.8.3 Associations bénéfiques*

Afin de pallier les acides aminés limitants des différentes familles d'aliments végétaux riches en protéines, il est nécessaire d'associer plusieurs sources à chaque repas. Les produits céréaliers pauvres en lysine et riches en acides aminés soufrés doivent être associés à des légumineuses riches en lysine et pauvres en acides aminés soufrés. Il est également possible d'enrichir ses plats avec des graines oléagineuses, ou des produits dérivés du soja.

*Exemples de préparations alimentaires riches en acides aminés essentiels :*

*Céréales + légumineuses :*

- *toast de pain complet au houmous*
- *pain trempé dans une soupe de pois cassés*
- *semoule avec des pois chiches (couscous)*
- *mélange de riz et de lentilles*
- *maïs et haricots rouges*

*Légumineuses + oléagineux :*

- *salade de lentilles aux noisettes*
- *haricots blancs et copeaux de pistaches*

*Ajout de produits dérivés du soja (boisson au soja, farine de soja, tofu, tempeh)*

Contrairement aux vitamines et minéraux, il est très facile d'évaluer la valeur nutritionnelle en protéines des aliments sur leur conditionnement (conserves, emballages en plastiques, carton), souvent calculées pour 100g et/ou pour une portion d'une personne. En dehors des repas principaux, il est possible de prévoir une voire deux collations dans la journée, en milieu de matinée et/ou en milieu d'après-midi.

*Exemples de collations riches en protéines :*

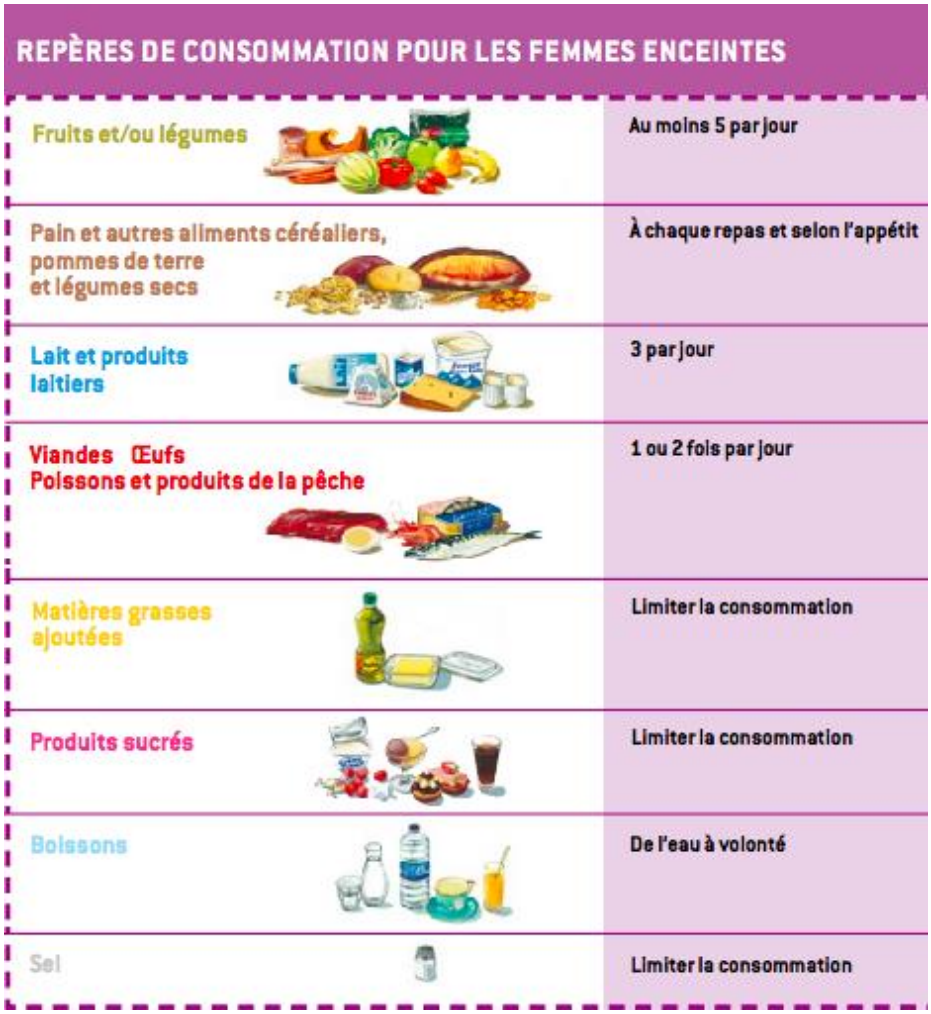
- *cookies aux flocons d'avoine, beurre de cacahuète, chocolat, sucre*
- *yaourt végétal riche en protéine*
- *porridge aux flocons d'avoines*
- *smoothie ou boisson végétale riche en protéine*

Il existe des poudres de protéines végétales véganes destinées principalement aux sportifs ou aux personnes âgées, comme *Végénutril* du laboratoire Nutergia. Ces poudres possèdent différents goûts (neutre, chocolat, vanille, fruits…) et peuvent être diluées dans de l'eau ou incorporées à un encas ou un dessert afin d'enrichir ses apports journaliers en protéines. Sachant qu'un régime végétalien équilibré pendant la grossesse apporte un statut protéique suffisant(111), ces poudres ne sont pas conseillées. De plus, elles n'ont aucune indication pour les femmes enceintes.

## 3. Repères de consommation pour une femme enceinte végane

Pour conclure sur ces différents conseils nutritionnels, on recommandera à une femme enceinte végétalienne de prendre 3 repas par jour (petit-déjeuner, déjeuner et dîner) ainsi qu'au moins une collation. La ou les collations permettront d'apporter une portion en plus de protéines, de calcium ou de fer, par exemple par l'intermédiaire d'un bol de céréales enrichies, d'un porridge aux flocons d'avoines, d'une barre de chocolat avec du lait végétal, d'un smoothie protéiné ou de graines oléagineuses.

En se basant sur les repères de consommation pour les femmes enceintes omnivores de 2015(108) et les conseils nutritionnels recueillis dans les articles traitant des grossesses chez les femmes végétaliennes(111)(133), il est possible de tenter d'établir des repères de consommation pour les femmes enceintes végétaliennes afin de les aider dans la planification de leurs repas au quotidien. Ces repères peuvent être distribués aux patientes à l'aide l'*Annexe 7*.




| Pour les femmes enceintes végétaliennes : |
|---|
| → Fruits et/ou légumes<br>Au moins 5 portions par jour<br><br>→ Produits céréaliers, pommes de terre et légumineuses<br><u>Au moins</u> 5 portions par jour<br><br>→ Aliments riches en calcium<br><u>Au moins</u> 4 portions par jour<br><br>→ Aliments riches en protéines et fer : compensés par les portions supplémentaires de produits céréaliers et légumineuses<br><br>→ Aliments riches en oméga 3 :<br>1 à 2 cuillères à soupe par jour, et utilisation de margarine végétale riche en oméga 3<br><br>→ Produits sucrés<br>Limiter la consommation<br><br>→ Boire une eau riche en calcium et autres minéraux<br><br>→ Utilisation régulière de sel iodé |

*Figure 23 : Établissement de repères de consommation pour les femmes enceintes végétaliennes à partir des repères du PNNS (108)*

Ces recommandations pourraient permettre de compenser le calcium issu des produits laitiers, le fer et les protéines issus des sources animales, et les oméga 3 et l'iode issus principalement des produits de la pêche. Afin d'enrichir leurs repas, elles devront également être encouragées à rajouter quotidiennement des zestes d'agrumes, des herbes aromatiques, des fruits oléagineux et des graines riches en nutriments à leurs plats, ainsi qu'à les accompagner de pain complet aux graines, ou de pain au levain.

Nous avons pu constater que beaucoup d'aliments végétaux dont nous avons parlé sont riches en protéines, mais aussi en minéraux et parfois même en oméga 3. Ils doivent donc être connus des végétaliens pour pouvoir être des aliments clés de leur alimentation afin d'obtenir une nutrition riche. Une portion de chacun d'entre eux est en capacité d'apporter tout un panel de nutriments recherchés, notamment les **surlignés en gras** en contiennent 3 ou 4 en riches quantités :

Produits céréaliers :

- **Riz** : riche en fer, en calcium, en zinc
- **Blé** : riche en fer, en protéines, en zinc
- **Amarante** : riche en fer, en calcium, en protéines,
- **Avoine** : riche en fer, en protéines, en zinc
- **Seigle** : riche en fer, en protéines, en zinc
- **Quinoa** : riche en fer, en protéines, en zinc
- **Épeautre** : riche en fer, en protéines, en zinc
- Blé de Khorasan : riche en protéines, en zinc

Légumineuses :

- **Haricots blancs** : riches en fer, en calcium, en protéines, en zinc
- **Haricots mungo** : riches en fer, en calcium, en protéines, en zinc
- Haricots rouges : riches en fer, en protéines
- **Flageolets verts** : riches en fer, en calcium, en protéines
- **Fèves** : riches en fer, en calcium, en protéines, en zinc
- **Lentilles brunes** : riches en fer, en protéines, en zinc
- Lentilles blondes : riches en fer, en protéines
- **Lentilles corail** : riches en fer, en protéines, en zinc
- **Lentilles vertes** : riches en fer, en protéines, en zinc
- Pois chiches : riches en fer, en protéines
- **Pois cassés** : riches en fer, en protéines, en zinc
- **Graines de lupin** : riches en protéines, en zinc, en calcium

Graines :

- **Cumin** : riches en fer, en calcium, en zinc,
- Fenugrec : riches en fer, en protéines
- Fenouil : riches en fer, en calcium,
- **Coriandre** : riches en fer, en calcium, en zinc,
- **Carvi** : riches en fer, en calcium, en zinc,
- Soja : riches en fer, en protéines
- **Sésame** : riches en fer, en calcium, en zinc, en protéines
- **Luzerne** : riches en fer, en zinc, en protéines
- **Lin** : riches en fer, en zinc, en protéines, en oméga 3
- Lin brun : riches en zinc, en oméga 3
- **Pavot** : riches en fer, en calcium, en zinc,
- **Cucurbitacées** : riches en fer, en zinc, en protéines
- **Chia** : riches en fer, en calcium, en zinc, en oméga 3

Pour les cuisiner, il faut privilégier le trempage, l'ébullition, ou dans une moindre mesure la cuisson à la vapeur pour obtenir une meilleure disponibilité des minéraux. La germination et la fermentation doivent être encouragées pour l'améliorer encore plus. A l'inverse, le rôtissage, le grillage ou leur cuisson au four seront à éviter. Ces techniques de cuisson augmentent la présence d'oxalates dans les aliments.(132)

Les fruits oléagineux sont chacun riches dans leurs propres proportions : les noix de Cajou, pignon de pin sont plus riches en fer et en iode, les amandes sont plus riches en calcium, les noix sont plus riches en oméga 3, et les cacahuètes, amandes et pistaches plus riches en protéines. Comme pour tous les aliments, il devra donc être conseillé de varier les fruits oléagineux afin d'avoir un apport nutritionnel équilibré.

Il existe un support à proposer aux végétaliens, leur permettant de programmer des menus équilibrés. Ce support italien, *VegPlate*(134)[3], planifie des repas sans aliments d'origine animale à partir des besoins caloriques de chacun. Une femme enceinte pourra facilement s'en inspirer, et choisir ses menus en calculant ses besoins en fonction de son mois de grossesse. Nous avons vu que selon l'Efsa une femme enceinte doit augmenter ses apports énergétiques de 70kcal par jour au premier trimestre, de 260kcal au deuxième trimestre, et de 500kcal au troisième.(72) Une femme sans grossesse ayant ses besoins énergétiques situés entre 1800 et 2200kcal par jour selon l'Anses.(101)

[3] https://www.vegplate.info/

***Exemple de menus de 2400 calories par VegPlate (134)***

***→ Tous les jours***

*Petit-déjeuner : choix de boisson aux céréales (ex. riz, avoine, etc) supplémentée en calcium (200mL) + pain de blé entier (60g), tartiné de crème de noix ou de graines (30g) (par exemple, tahin ou crème de sésame, crème de noisettes, etc)*

*Collation en milieu de matinée : pain grillé complet (30g) + fruits frais (150g) (ex. 1 pomme) + noix (30g)*

*Collation en milieu d'après-midi : choix de boisson aux céréales (ex. riz, avoine, etc.) supplémentée en calcium (200mL) + salade de fruits (300g) (ex. 1 banane 150g et 150g de fraises)*

*Plus : 1 cuillère à café d'huile d'olive extra vierge + 60g de pain complet à chaque déjeuner, et 1 cuillère à café d'huile de lin + 30g de pain complet à tous les dîners*

***→ Repas pour le mardi***

*Déjeuner :*
*Risotto au riz brun : riz (60g), 100 g d'épinards (100g)*
*Boulettes de légumes : pommes de terre (50g), carottes (50g), chou-fleur (100g), lentilles (30g séchées), menthe (5g)*

*Dîner :*
*Pâtes au pesto de noix de pin : pâtes de blé entier (60g), pignons de pin hachés (30g), tomates séchées (10g)*
*Haricots aux artichauts : haricots blancs (60g), cœurs d'artichaut (200g)*

Afin qu'ils soient acteurs de leur alimentation, les professionnels de santé peuvent fournir aux végétaliens les outils des *Annexes 2, 3, 4, 5, 6 et 7* renseignant les aliments riches à cuisiner au quotidien ainsi que les portions à respecter quotidiennement. En regardant certaines de leurs compositions, on peut constater que les conserves, les produits surgelés et les plats végans tout prêts en supermarché peuvent être riches au même titre que les produits frais.

Le livre ressource « *Les végétarismes. Chez l'enfant, l'adolescent, la femme enceinte et allaitante* »(135) édité en 2021 par le Club Européen des Diététiciens de l'Enfance peut également être conseillé aux futures mères pour les aider à mieux appréhender l'équilibre de leur régime alimentaire ainsi que celui de leur futur enfant.

Enfin, la vitamine B12 sera systématiquement supplémentée chez une personne végétalienne. Si les apports des autres nutriments semblent insuffisants, il est possible d'envisager une prise de compléments alimentaires sur les conseils d'un professionnel de santé.

## 4. Spécialités pharmaceutiques et compléments alimentaires

Pour commencer, rappelons la définition des termes de spécialité pharmaceutique, ou plus largement médicament, et complément alimentaire. Ces deux statuts sont à distinguer car ils ont des définitions et des législations différentes.

Médicament(136) :

« *On entend par médicament toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou chez l'animal ou pouvant leur être administrée, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique.* »

Code de la Santé Publique (article L.5111-1)

La production et la dispensation des médicaments appartient au Monopole Pharmaceutique. Les spécialités pharmaceutiques sont des médicaments fabriqués industriellement. Pour pouvoir être délivrées aux patients, elles doivent obtenir une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) et peuvent nécessiter une prescription.

Compléments alimentaires(137) :

Les compléments alimentaires sont *« des denrées alimentaires dont le but est de compléter un régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés, commercialisés sous forme de doses, à savoir les formes de présentation telles que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules et autres formes similaires, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquide, les flacons munis d'un compte-gouttes et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité. »*

Décret n°2006-352 du 20 mars 2006

Les compléments alimentaires peuvent contenir des nutriments (vitamines et minéraux), des plantes (sauf celles à usage exclusivement thérapeutique), des substances à but nutritionnel ou physiologique (à l'exception des substances pharmacologiques) ou des ingrédients traditionnels (gelée royale par exemple). Ces produits sont vendus sans ordonnance en pharmacie, en grande surface, en magasin spécialisé ou sur Internet. Ils n'appartiennent pas au Monopole Pharmaceutique.

Les compléments alimentaires ne sont pas des médicaments. Même s'ils sont présentés sous les mêmes formes galéniques en quantités mesurées, les substances les constituant n'exercent pas d'action thérapeutique et n'ont pas vocation à prévenir ou guérir une maladie. Dans le cadre de cette thèse, ces supplémentations ne visent pas à prévenir une maladie mais à compléter certains apports nutritionnels dans un régime végétalien pendant une grossesse. L'utilisation de compléments alimentaires pourra donc être envisagée au même titre que l'utilisation d'une spécialité pharmaceutique.

## 4.1 Compléments alimentaires spécifiques à la grossesse disponibles en pharmacie

Avant toute chose, il est indispensable qu'une femme enceinte souhaitant ou prenant des compléments alimentaires en tienne informé son ou ses professionnels de santé (pharmacien, médecin, sage-femme). Il convient de choisir un produit adapté à une personne donnée, et de ne pas risquer un excès d'apport(s) nutritionnel(s), qui peut parfois être aussi délétère qu'une carence.

De nombreux compléments alimentaires très complets pour la grossesse sont disponibles en pharmacie et sont bien connus des prescripteurs. En recherchant « complément alimentaire grossesse » dans le Vidal(138), ce dernier en recommande huit principaux : *Gestarelle G+, Gynéfam Supra Grossesse, Ladyvit Maternité, Maternix G Grossesse, Normalite 1000 Grossesse, Ogestan, Oligobs Grossesse, Sérénité Grossesse*.

| | Pour 1 capsule | % AR | | Pour 1 capsule | % AR |
|---|---|---|---|---|---|
| Vitamine B1 | 1,1 mg | 100 % | Iode | 200 µg | 133 % |
| Vitamine B2 | 1,4 mg | 100 % | Sélénium | 55 µg | 100 % |
| Vitamine B3 | 16 mg | 100 % | Fer | 14 mg | 100 % |
| Vitamine B5 | 6 mg | 100 % | Zinc | 3,75 mg | 37,5 % |
| Vitamine B6 | 1,4 mg | 100 % | Magnésium | 60 mg | 16 % |
| Vitamine B8 | 50 µg | 100 % | Cuivre | 1 mg | 100 % |
| Acide folique (Quatrefolic®) | 400 µg | 200 % | Manganèse | 2 mg | 100 % |
| | | | Huile de poisson | 400 mg | - |
| Vitamine B12 | 2,5 µg | 100 % | *dont DHA* | *200 mg* | - |
| Vitamine D | 20 µg | 400 % | *dont EPA* | *40 mg* | - |
| Vitamine E | 12 mg | 100 % | | | |

*Figure 24 : Composition du complément alimentaire Gynéfam (139)*

Les compositions de chacune de ces spécialités suivent les repères nutritionnels que nous avons évoqués au cours de cette thèse. Néanmoins la recherche du complément alimentaire idéal pour une femme enceinte végétalienne ne doit pas s'arrêter là.

En effet, lorsque l'on regarde les compositions des compléments alimentaires proposés lors d'une recherche rapide dans le Vidal, elles paraissent en contradiction avec les convictions d'une personne végane(138) :

- Tous contiennent de l'huile de poisson pour l'apport des oméga 3 DHA et EPA,
- 5 d'entre eux utilisent des capsules en gélatine de poisson (*Maternix G, Normalite 1000, Ogestan, Oligobs Grossesse, Sérénité Grossesse*), et les 3 autres, en gélatine d'origine bovine (*Gestarelle, Gynéfam, Ladyvit*),
- *Ladyvit* contient de la lactoferrine d'origine bovine, une glycoprotéine de la famille des transferrines qui transporte et favorise l'absorption du fer.

De plus, selon les recommandations de la HAS, « *en cas d'alimentation variée et équilibrée, aucun complément alimentaire multivitaminé n'est nécessaire. Seul l'acide folique est à conseiller systématiquement* ».(140) Or nous avons vu qu'un régime végétalien pouvait être varié et équilibré. Il semblerait donc plus judicieux d'apporter un ou plusieurs nutriments au détail, en fonction des besoins de chacune, afin d'éviter à une femme végane de prendre un complément alimentaire en contradiction avec son régime et son choix de vie.

## 4.2 Supplémentations recommandées

Les recommandations professionnelles de la HAS de 2005 sur « *Comment mieux informer les femmes enceintes ?* »(140) séparent les supplémentations en 3 catégories distinctes : les compléments à conseiller systématiquement, ceux à conseiller en cas de carence, et les compléments n'ayant pas démontré leur intérêt.

### *4.2.1 Compléments à conseiller systématiquement*

- <u>L'acide folique</u>

Comme évoqué en *Partie 2* et indépendamment du régime nutritionnel, l'OMS préconise qu'une supplémentation de 400µg par jour devra systématiquement être proposée à une femme ayant un projet de grossesse, et jusqu'à 12 semaines de gestation afin de réduire le risque de malformation du tube neural chez le fœtus. En cas d'antécédents, chez des femmes ayant déjà eu des enfants atteints de spina bifida, l'OMS recommande une supplémentation journalière de 5mg le mois précédant la conception ainsi que les 3 mois suivant. Ce dosage plus élevé a démontré une diminution de la récurrence de ce risque lors des grossesses ultérieures. Le diagnostic prénatal de cette malformation reste tout de même indispensable.

- La vitamine B12

Cette vitamine n'est pas présente dans les recommandations de la HAS car elles considèrent que les femmes enceintes suivent un régime omnivore. Néanmoins, au cours de cette thèse nous avons démontré qu'il était impératif d'apporter de la vitamine B12 si une personne végétalienne n'avait pas de réserve d'un autre régime antérieur.(111) Pour une femme enceinte végétalienne, les réserves de vitamine B12 (si elle en a) ne pourront pas être utilisées pour la croissance fœtale, il faut donc systématiquement la supplémenter en vitamine B12.

Sebastiani et al(111) affirment que les végétaliennes enceintes doivent compléter leur alimentation avec 4µg de vitamine B12 par jour, qu'elles devraient être encouragées à prendre une vitamine B12 individuelle, et si possible la dissoudre sous la langue ou à la mâcher lentement afin d'augmenter son absorption. Compte tenu de l'importance d'un apport adéquat en vitamine B12 pendant la grossesse et considérant que la supplémentation n'est pas toxique, une ingestion d'une dose plus élevée de supplément B12 (50µg/jour) garantirait un statut vitaminique correct. Le statut en vitamine B12 doit être régulièrement contrôlé tout au long de la grossesse, y compris lorsque les taux de B12 sont optimaux au premier trimestre, pour ajuster les régimes de supplémentation en fonction des résultats de laboratoire.

En pharmacie, on la retrouve le plus souvent sous forme d'ampoules buvables contenant chacune 1000µg de cyanocobalamine (vitamine B12). Leur RCP (Résumé des caractéristiques du produit) suggère une posologie chez les végétaliens stricts d'une ampoule par jour pendant 15 jours à 1 mois pour le traitement d'attaque, puis une ampoule tous les 10 jours pour le traitement d'entretien. Elle existe également sous forme de comprimés de 250µg. Les posologies sont les mêmes que pour les ampoules, soit un comprimé par jour pendant 15 jours à 1 mois pour le traitement d'attaque, puis un comprimé tous les 10 jours pour le traitement d'entretien.

Ces dosages sont beaucoup plus élevés que les RNP, mais les RCP confirment l'utilisation possible en cas de carence chez la femme enceinte ou allaitante. De plus, nous avions vu que la présence limitée du facteur intrinsèque rend inutile tout apport supérieur à un certain seuil, et évite les surdosages.

Des spécialités parfois plus adaptées en prises quotidiennes sont disponibles dans les officines qui travaillent avec des laboratoires proposant des compléments alimentaires végans, dans des magasins bio ou végans. Afin d'aider les pharmaciens d'officine dans leurs recherches destinées à la supplémentation en vitamine B12, une liste de spécialités pharmaceutiques et de compléments alimentaires est consultable

en *Annexe 8*, précisant la compatibilité avec le véganisme. La cyanocobalamine est synthétique, et précurseur des formes naturelles actives méthylcobalamine et adénosylcobalamine. Elle présente une meilleure absorption tandis que la méthylcobalamine a un taux de rétention plus élevé. Les deux peuvent prévenir une carence en vitamine B12, mais la méthylcobalamine pourrait être associée à l'adénosylcobalamine pour de meilleurs résultats.(141)

- Les oméga 3

Ces acides gras ne sont pas abordés dans la partie du rapport de la HAS concernant les compléments alimentaires pour les femmes enceintes. Cependant, nous avons constaté en *Partie 1 et 2* qu'il semblait difficile d'obtenir des apports suffisants par l'alimentation. Plus spécifiquement, la moyenne d'apport en DHA au sein de la population générale, et de façon beaucoup plus marquée dans la population végane, est en dessous des Apports Suffisants.(34)

Bien qu'à notre connaissance, aucun intérêt significatif n'a encore été démontré pour une supplémentation en oméga 3 chez la femme enceinte, il semble raisonnable de leur proposer une prise quotidienne en DHA notamment lorsqu'il s'agit de végétaliennes. On pense qu'un apport adéquat de DHA pendant la grossesse, voire plus tôt, est essentiel pour un développement visuel, neurologique et cognitif optimal dès le début de la vie. Une supplémentation de la mère avant la grossesse est susceptible d'être plus efficace pour améliorer la délivrance d'AGPI à longue chaîne au fœtus que si elle est débutée à un stade avancé de la grossesse.(111)

Le tableau ci-dessous présente une liste non exhaustive de compléments alimentaires végans destinés à la supplémentation en oméga 3 (Vidal). Il est préférable de privilégier les apports en DHA directement préformés. Il n'existe pas de spécialité pharmaceutique car leur niveau de preuve est insuffisant.

| ***Nom du produit*** **(Laboratoire)** | **Forme galénique** | **Molécule (Dosage)** | **Statut** | **Compatibilité avec le véganisme** |
|---|---|---|---|---|
| *Omegabiane DHA végétal* (Pileje) | Capsule | DHA (250mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Diomega+ Vegan* (Dioter) | Gélule | DHA/cobalamine (250mg/2,5µg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Nutrixeal DHA Green* (Nutrixeal) | Gélule | DHA (250mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Oméga végétal* (Cuure) | Capsule | DHA (250mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Huile de lin* (Phytalessence) | Capsule | ALA (300mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Huile de chia* (Forte Pharma) | Capsule | ALA (310mg) | Complément alimentaire | Végan |

### *4.2.2 Compléments à conseiller en cas de carence*

- Le fer

La HAS affirme qu'il est inutile de proposer systématiquement aux femmes enceintes une supplémentation en fer. Elle recommande de s'appuyer sur des bilans sanguins dès le début de leur grossesse afin de repérer les carences martiales avant toute prescription.(140) Ainsi, si un statut ferrique est insuffisant, l'OMS recommande une supplémentation orale quotidienne de 30 à 60mg de fer élémentaire. Ces spécialités pharmaceutiques et compléments alimentaires peuvent être délivrés sans ordonnance, cependant il est indispensable qu'ils aient été prescrits sur avis médical.

Contrairement à l'avis de la HAS, le Vidal(142) recommande la prescription systématique d'une supplémentation en fer au 3ème trimestre de grossesse, et de l'envisager à partir du 4ème mois selon le bilan martial de la mère car les besoins physiologiques en fer sont particulièrement élevés au cours des 2 derniers trimestres. Une supplémentation dès le 1er trimestre est plus rare mais peut être envisagée dans des contextes spécifiques, tels que des grossesses rapprochées, des conditions socioéconomiques défavorables, ou une anémie ferriprive déjà installée.

| ***Nom du produit* (Laboratoire)** | **Forme galénique** | **Molécule (Dosage)** | **Statut** | **Compatibilité avec le véganisme** |
|---|---|---|---|---|
| *Tardyferon* (Pierre Fabre) | Comprimé | Fer (50 ou 80mg) | Médicament | Végan |
| *Fero-grad* (Teofarma) | Comprimé | Fer / Ac. ascorbique (105mg/500mg) | Médicament | Stearate de magnesium et lactose |
| *Timoferol* (Élerté) | Comprimé ou gélule | Fer / Ac. ascorbique (50mg/30mg) | Médicament | Stearate de magnesium ou gélatine |
| *Ascofer* (Cemag Care) | Gélule | Fer (33mg) | Médicament | Stearate de magnesium et gélatine |
| *Feminabiane Fer* (Pileje) | Gélule | Fer / Cuivre (14mg/0,5mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Fer chélaté* (Nutrixeal) | Gélule | Fer (14mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Fer doux* (Solgar) | Gélule | Fer (25mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Fer bisglycinate* (Cuure) | Gélule | Fer (14mg) | Complément alimentaire | Végan |

Le tableau non exhaustif ci-dessus (Vidal) présente plusieurs spécialités pharmaceutiques disponibles en pharmacie, dont certaines associées à l'acide ascorbique (vitamine C). Mais leur compatibilité avec le véganisme peut être discutable comme nous le verrons dans le prochain titre *4.3 Galéniques compatibles avec le choix de vie végan*. De plus, bien que la vitamine C augmente l'absorption du fer végétal dans l'alimentation, il n'est pas certain qu'il l'augmente au cours d'une supplémentation. Un essai clinique randomisé mené par Nianyi Li et son équipe(143)

a démontré qu'il n'y avait pas de différence d'efficacité entre la supplémentation de leurs patients souffrant d'anémie ferriprive en fer oral seul, et en fer oral associé à la vitamine C. Les deux supplémentations ayant amélioré de la même façon la récupération de l'hémoglobine et l'absorption du fer.

Certains compléments alimentaires végans peuvent être retrouvés également en officine dont certains exemples sont cités dans ce même tableau (Vidal).

- La vitamine D

Elle n'est plus systématiquement prescrite à une femme enceinte car le niveau de preuves quant à ses avantages est insuffisant. Les motifs de prescriptions sont une exposition solaire trop faible, le port de vêtements couvrants, une grossesse sur la période hivernale ou encore un faible apport alimentaire, comme par exemple dans le régime végétalien. Dans ce cas, le médecin peut prescrire un traitement à base de cholécalciférol (vitamine D) sous forme de gouttes à prendre tous les jours, ou sous forme d'une dose unique de 100 000UI (2,5mg) au 6 ou 7$^{ème}$ mois de la grossesse si la supplémentation n'a pas été instaurée dès le début de la grossesse.(140) Au-delà de ces situations particulières, la vitamine D reste très prescrite pendant la grossesse sans dosage systématique.

Le professeur JC Souberbielle, médecin spécialiste de la vitamine D, remarque que l'observance est significativement meilleure lorsque la vitamine D est prise sous forme d'ampoule plutôt qu'en gouttes chaque jour. Néanmoins, un apport journalier est plus physiologique qu'une ampoule ponctuelle. En effet, il explique que des études ont démontré que des fortes doses espacées de plus d'un mois créent un effet de « vague », avec un pic de vitamine D lors de la prise, suivi d'une diminution. Les doses idéales seraient alors de 50000UI par mois afin d'obtenir un apport plus lissé.(144)

Dans le tableau non exhaustif ci-dessous (Vidal), on peut observer que les dosages des spécialités pharmaceutiques et compléments alimentaires contenant de la vitamine D sont souvent exprimés en UI (Unités Internationales) représentant la quantité d'une substance pharmacologique. Ainsi, 1µg de vitamine D représente 40UI. Enfin, le choix concernant la compatibilité avec le véganisme sera abordé dans le point *4.3 Galéniques compatibles avec le choix de vie végan*.

| ***Nom du produit*** **(Laboratoire)** | **Forme galénique** | **Molécule (Dosage)** | **Statut** | **Compatibilité avec le véganisme** |
|---|---|---|---|---|
| *Uvedose* (Crinex) | Ampoule buvable | Cholécalciférol (50000UI=1,25 mg) ou (100000UI=2,50mg) | Médicament | Lanoline |
| *Zyma D* (Rottapharm) | Ampoule ou gouttes buvables | Cholécalciférol (50000UI=1,25 mg) ou (100000UI=2,50mg) ou (300UI=7,5µg/goutte) | Médicament | Lanoline |
| *Adrigyl* (Crinex) | Gouttes buvables | Cholécalciférol (333UI=8,3µg/goutte) | Médicament | Lanoline |
| *Sterogyl* (DB Pharma) | Gouttes buvables | Ergocalciférol (+éthanol) (400UI=10µg/goutte) (+14mg) | Médicament | Végan |
| *Vitamine D3* (Granion) | Gélule | Cholécalciférol/Zinc (400UI=10µg/3mg) | Complément alimentaire | Végan |
| *D3 Biane Spray* (Pileje) | Solution en spray | Cholécalciférol (1000UI=25µg/pulvérisation) | Complément alimentaire | Végan |
| *Vitamine D vegan* (Cuure) | Gélule | Cholécalciférol (1000UI=25µg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Ultra vegan D3* (Holistica) | Gouttes buvables | Cholécalciférol (200UI=5µg/goutte) | Complément alimentaire | Végan |
| *Liquamine D3* (Dr Theiss) | Gouttes buvables | Cholécalciférol (400UI=10µg/goutte) | Complément alimentaire | Végan |

Pour les femmes enceintes la RNP pour la vitamine D se situe entre 200 et 600UI/j (5 à 15µg/j) en fonction de l'exposition solaire. Un complément en vitamine D de 10 ou 15µg par jour en plus de l'alimentation ne comporte aucun risque de dépassement de la limite supérieure de sécurité (LSS), cette dernière étant de 100µg par jour (Efsa 2012). Cinq cas d'hypercalcémie néonatale ont été détectés par la Nutrivigilance, dont l'imputabilité au complément alimentaire est douteuse face à 2 étiologies possibles : une hypersensibilité à la vitamine D ou une tumeur maligne sécrétant de la PTH-rP (protéine apparentée à la PTH).(145)

- <u>Le calcium</u>

La HAS(140) indique qu'une supplémentation en calcium n'a d'intérêt qu'en cas de carence en prévention d'une pré-éclampsie, cette dernière étant moins fréquente chez les végétaliennes. De plus, le régime végétalien ne semble pas avoir de réel impact sur le statut en calcium, et l'absorption ainsi que la rétention du calcium sont favorisées par les hormones de la grossesse. Pour ces raisons, il ne semble pas utile de supplémenter une femme enceinte végétalienne en calcium sans bilan biologique.

- <u>L'iode</u>

D'après la HAS(140), il n'y a pas de raison de proposer systématiquement une supplémentation en iode sauf pour les populations atteintes de carences. Or l'utilisation régulière d'un sel iodé suffirait à maintenir un niveau suffisant en iode donc les femmes enceintes végétaliennes peuvent tout à fait l'éviter.(111)

Pour la femme enceinte, l'apport suffisant (AS) pour l'iode est de 200µg par jour. Les quantités d'iode apportées par les compléments alimentaires (souvent entre 50 et 150µg journaliers) ne comportent aucun risque de dépassement de la LSS élevée à 600µg par jour selon l'Efsa. Un apport excessif d'iode (oral ou transdermique) pendant la grossesse augmente le risque d'hypothyroïdie, d'hyperthyroïdie ou de goitre chez le nouveau-né. Deux cas d'hypothyroïdie congénitale documentés en Nutrivigilance ont été possiblement rattaché à des compléments alimentaires contenant entre 120 et 150µg d'iode par jour, mais les données restent incomplètes parce qu'ils n'étaient pas la seule source d'iode. L'application d'antiseptique iodé lors de l'accouchement peut avoir majoré le risque de surcharge de la mère et de l'enfant.(145)

### *4.2.3 Compléments n'ayant pas démontré leur intérêt*

- Le zinc

Aucun avantage n'a été mis en évidence lors d'une supplémentation en zinc pendant la grossesse selon la HAS.(140)

- Les compléments multivitaminés spécifique à la grossesse

L'avantage d'une prise de compléments alimentaires multivitaminés pendant grossesse n'a pas non plus été mise en évidence.(140) Cependant, le régime végétalien étant à risque de ne pas couvrir certains besoins en vitamines et minéraux, le pharmacien et son patient peuvent décider d'avoir recours à cette alternative à condition qu'elle ne remplace pas une alimentation équilibrée. Le pharmacien doit veiller à ce que la patiente ne prenne pas plusieurs compléments alimentaires contenant des molécules similaires en même temps.

Les compléments alimentaires sont sûrs et n'ont pas d'effet délétères à conditions que les posologies soient respectées, et qu'ils ne dépassent pas 3 fois les ANC. Cette limite fixée est la même pour tous les compléments alimentaires vendus en pharmacie, en magasins ou sur internet, néanmoins ceux vendus sur internet peuvent avoir des dosages supérieurs car les contrôles de la DGCCRF (Direction générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des fraudes) sont longs. L'achat de compléments alimentaires en pharmacie peut donc être considéré comme plus sécurisé car le pharmacien contrôle leurs compositions.(146)

Il existe encore peu de compléments alimentaires multivitaminés spécial grossesse végans. En effet, on y retrouve souvent des gélatines animales, huiles de poissons, de la vitamine D produite à partir de lanoline (*Ergynatal* du laboratoire Nutergia, *Complexe maternité* du laboratoire Cuure), ou encore du stearate de magnesium parfois d'origine animale dans les excipients.

Le laboratoire Solgar propose *Prenatal nutrients* qui convient aux végétaliens, mais sans DHA :

*Composition du complément alimentaire végan Prenatal nutrients (Solgar) :*

| | |
|---|---|
| *Deux comprimés par jour apportent :* | *Vitamine B1……..0,85 mg* |
| *Calcium…… ……....650 mg* | *Vitamine B2……..1 mg* |
| *Magnésium……...225 mg* | *Vitamine B3……10 mg* |
| *Iode……....75 µg* | *Vitamine B5……5 mg* |
| *Fer……..14 mg* | *Vitamine B6……..1,25 mg* |
| *Zinc……7,5 mg* | *Vitamine B8……..0,15 mg* |
| *Cuivre……....1 mg* | *Vitamine B9……..…...400 µg* |
| *Manganèse……...0,5 mg* | *Vitamine B12……..……4 µg* |
| *Chrome……...…..12,5 µg* | *Vitamine C……...50 mg* |
| *Sélénium……...12,5 µg* | *Vitamine D……..……..5 µg* |
| *Protéines de soja isolées.....80 mg* | *Vitamine E……...……...10 mg* |
| *Inositol……..…..5 mg* | *Bêta-carotène…..……...1,8 mg* |
| *Choline……..……2 mg* | *Autres caroténoïdes…..……4,8 µg* |

Concernant les compléments alimentaires multivitaminés, il est préférable de choisir un spécifique à la grossesse car leurs dosages en micronutriments sont généralement plus adaptés aux besoins des femmes enceintes, et ils suppriment de leur composition des micronutriments comme la vitamine A (rétinol), pouvant avoir des effets tératogènes sur le fœtus pour des apports supérieurs à 700µg par jour.(140) Les précurseurs de la vitamine A (bêta-carotènes et autres caroténoïdes) ne sont pas tératogènes.

Il est désormais possible de déterminer quels bilans biologiques sont les plus intéressants à prescrire : le fer et la vitamine D. Les dosages du calcium et de l'iode semblent être moins pertinents, ou uniquement en cas de doutes persistants. Une évaluation des statuts des autres nutriments ne semble pas avoir d'intérêt particulier.

Une fois qu'un déficit est identifié par un bilan biologique, le professionnel de santé doit choisir dans la mesure du possible la spécialité compatible avec le choix de vie végan de sa patiente. Or nous allons voir qu'une bonne partie de nos médicaments et compléments alimentaires sont liés de près ou de loin à des sources animales.

## 4.3 Galéniques compatibles avec le choix de vie végan

### *4.3.1 Excipients*

Les excipients sont généralement présents en quantités bien supérieures aux principes actifs des médicaments ou aux vitamines et minéraux des compléments alimentaires. Ils sont indispensables à leur fabrication pour assurer l'homogénéité des poudres, l'écoulement des granulés et la compression des comprimés, et sont utilisés pour moduler la solubilité et la biodisponibilité des principes actifs et nutriments. Ils agissent également comme antioxydants, agents émulsifiants, propulseurs d'aérosols et colorants.

Bien souvent les Résumés des caractéristiques du produit ou les notices d'informations destinées aux patients ne montrent pas clairement quels excipients sont d'origine animale. Il est possible de contacter le fabricant pour obtenir ces informations. Pour plus de clarté, Gillian Lewis, technicienne spécialisée en pharmacie, a identifié les principaux excipients d'origine animale très largement utilisés par les laboratoires et industries pharmaceutiques(147) :

| **Excipient** | **Origine** | **Utilisation** |
|---|---|---|
| Gélatine (*gelatin*) | Issue de peau et d'os bovins ou de porcs | Épaississement des liquides ou agent d'enrobage pour gélules et comprimés. |
| Gomme-laque (*shellac*) | Résine sécrétée par la coccinelle femelle | Poudres liantes. |
| Carmin (*cochineal/carmine*) | Teinture faite à partir d'insectes écrasés | Colorant pour gélules ou comprimés. |
| Lactose | Issu de lait animal | Diluant. |
| Lanoline (*lanolin*) | Graisse de peau et de laine de mouton | Lubrifiante, émolliente, et utilisée dans la production de cholécalciférol. |
| Stearate de magnésuim (*magnesium stearate*) | Dérivé de plantes ou de graisse animale | Lubrifiant, antiagglomérant dans certains comprimés / poudres. |

### *4.3.2 Origine des nutriments*

La vitamine B12 :

La vitamine B12 est issue de la fermentation de micro-organismes, elle est donc végane. Pour faire son choix, il faudra donc se pencher sur les excipients et privilégier une prise quotidienne pour une meilleure absorption. Les comprimés disponibles en pharmacie sont plus susceptibles de contenir des excipients d'origine animale comme le lactose ou le stearate de magnésium.

La vitamine D :

La vitamine D peut être trouvée sous 2 formes :

- L'ergocalciférol (vitamine D2) est toujours compatible avec le véganisme car elle est synthétisée à partir de l'irradiation de l'ergostérol présent dans la levure par des UVB.
- Le cholécalciférol (vitamine D3) est généralement synthétisé à partir de la lanoline ou d'huile de poisson. Le cholécalciférol pourrait être dérivé de la laine de moutons vivants et serait considéré comme approprié pour les végétariens. Cependant, il est souvent produit à partir de la laine de moutons qui ont été abattus ou qui sont sur le point d'être envoyés à l'abattoir, ce qui en fait un sous-produit de l'abattage et donc impropre au végétalisme. Il faut donc qu'il soit produit à partir de lichens pour être végan.(148)

Les minéraux :

Le fer, le calcium et l'iode doivent être de préférence issus de sources végétales, extraits de plantes ou d'algues. Il faut également faire attention aux excipients cités ci-dessus comme pour les vitamines.

Les oméga 3 :

Les oméga 3 DHA et EPA sont la plupart du temps issus d'huile de poisson. Mais la source végétale directe d'EPA et de DHA est l'huile de microalgues, grâce à laquelle les poissons les acquièrent. Ces sources végétales sont supérieures car elles ne contiennent pas les contaminants que les poissons contiennent, y compris les métaux lourds, tels que le mercure, le plomb et le cadmium, ainsi que les polluants industriels.(149) Ces oméga 3 végétaux sont plus difficiles à trouver en pharmacie.

Il n'est pas toujours simple de trouver des spécialités véganes en pharmacie d'officine. Les personnes véganes se tournent parfois vers des magasins bio ou végans qui vendent des produits compatibles avec leur mode de vie. La pharmacie d'officine peut cependant se démarquer en assurant à ses patients des produits de qualité. Les pharmaciens qui le souhaitent peuvent choisir de travailler avec certains laboratoires ayant des spécialités compatibles avec une macro et micronutrition végane comme par exemple Solgar ou Pileje, afin d'assurer à leurs patients végétaliens des produits respectant les normes européennes et les Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF).

Enfin, la *Vegan Society* désigne le véganisme comme « *une philosophie et un mode de vie qui cherchent à exclure - dans la mesure où cela est possible et réalisable - toutes les formes d'exploitation et de cruauté envers les animaux à des fins alimentaires, vestimentaires ou à toute autre fin* »(5). Ainsi, en cas d'impossibilité d'apporter une spécialité végane nécessaire pour traiter une carence, une femme enceinte peut faire une exception sur sa composition si sa santé et/ou celle de son enfant est menacée.

Pour conclure cette partie, les végétaliennes souhaitant poursuivre leur régime pendant la grossesse doivent disposer de conseils nutritionnels qualifiés auprès de leurs professionnels de santé, et ce dès qu'elles souhaitent avoir des enfants afin d'éliminer toute carence nutritionnelle avant la conception. Les végétaliennes devraient également faire contrôler régulièrement leur apport en nutriments essentiels pendant la grossesse, afin de pouvoir prendre des suppléments spécifiques si nécessaire.

# Conclusion

Nous avons vu que le véganisme est un mode de vie croissant depuis ces dernières années. En 2016, la communauté végétarienne en France est estimée à 2% de sa population et la végétalienne représente moins de 0,5%. Les flexitariens eux représentent environ un tiers de la population française. Ils augmentent considérablement et certains d'entre eux sont susceptibles d'adopter un régime végétarien ou végétalien notamment les jeunes adultes. En France, cette augmentation est principalement motivée par le bien-être animal, l'écologie ou la santé. Les personnes véganes suivent un régime végétalien, exclusivement composé de végétaux, excluant de ce fait la consommation de chair animale (viande, poisson et crustacées), ainsi que tout produit issu de l'animal comme les produits laitiers, les œufs ou le miel. Ils excluent également de leur consommation les produits issus de leur exploitation (fourrure, cuir, laine, cosmétiques contenant de la matière animale ou testés sur des animaux).

Des cohortes ont montré que les régimes végétariens pauvres en graisses, enrichis en fruits, légumes et fibres, peuvent entraîner une réduction des facteurs de risque de maladies coronariennes, un meilleur profil lipidique, un indice de masse corporelle (IMC) inférieur, et abaisser la tension artérielle. De plus, les régimes végétariens semblent prévenir le cancer et le diabète de type 2. En effet, un régime à base de plantes contient moins d'acides gras saturés, de protéines animales et de cholestérol, et plus de folate, de fibres, et d'antioxydants. Cependant, certains régimes végétariens et plus particulièrement le végétalien peut entraîner de plus faibles apports en nutriments essentiels tels que la vitamine B12, la vitamine D, le fer, le calcium, le zinc, l'iode, les acides gras oméga 3 ou certains acides aminés.

Les preuves disponibles montrent qu'un régime végétalien bien planifié peut être considéré comme sûr pendant la grossesse, mais nécessite une forte prise de conscience pour un apport équilibré en nutriments essentiels et un suivi de leur grossesse par des professionnels de santé compétents dans le domaine de la nutrition. Bien que des preuves de plus haute qualité soient nécessaires, une alimentation équilibrée à base de plantes riche en fibres et faible en gras est considérée comme une protection contre le surpoids, la pré-éclampsie et le diabète

gestationnel. Cependant, ces effets protecteurs disparaissent si des carences en micronutriments apparaissent. Le risque d'effets indésirables dus à des carences en micronutriments ne doit pas être sous-estimé, et de façon plus importante pendant cette période où les besoins sont accrus. Chaque étape de la croissance fœtale dépend d'un transfert maternel approprié de nutriments. Un régime végétalien mal équilibré avec un manque de macro et/ou micronutriments sont plus à risque de déficience fœtale (retard de croissance in utéro, faible poids à la naissance, malformations fœtales). Concernant la mère, un déficit en nutriments peut être responsable d'une dépression maternelle, ainsi que d'une anémie ferriprive.

Cette analyse nous a permis d'identifier les nutriments sur lesquels il convient de faire particulièrement attention dans le cadre d'une grossesse végétalienne. En premier lieu, une supplémentation en vitamine B12 est indispensable puisqu'elle est apportée exclusivement par des sources animales. Le statut en fer peut être suffisant lorsque l'alimentation est bien équilibrée, mais il doit être finement surveillé car une jeune femme enceinte et végétalienne a un risque plus élevé de développer une carence. La vitamine D est rare dans les aliments végétaux mais elle peut être synthétisée de façon endogène si l'exposition solaire est suffisante, chaque jour pendant 15 à 30 minutes. Il est néanmoins conseillé de supplémenter une femme enceinte en vitamine D car l'apport alimentaire est moindre. L'utilisation de sel iodé peut compenser le déficit d'apport en iode sans recourir à la supplémentation sous forme de compléments alimentaires. Les supplémentations en zinc ou en oméga 3 n'ont pas montré d'efficacité mais une supplémentation en oméga 3 pourrait s'avérer intéressante pour le développement du système nerveux de l'enfant. Enfin, les statuts en calcium et en protéines ne sont pas impactés si le régime alimentaire est équilibré.

Un suivi de grossesse est systématique pour chaque femme enceinte en France, par leur médecin généraliste, un gynécologue ou une sage-femme, et en collaboration avec les pharmaciens pour la délivrance de médicaments ou de compléments alimentaires. Chacun de ses professionnels de santé devront surveiller de façon plus accrue la grossesse des femmes végétaliennes, et avoir les connaissances nécessaires en nutrition pour les accompagner pendant cette période, voire commencer une stratégie d'intervention nutritionnelle dès la préconception afin d'acquérir de bonnes habitudes et les réserves nécessaires à la gestation.

Enfin, cette vigilance doit être prolongée après l'accouchement. Si un régime végétalien peut être maintenu pendant la grossesse sous certaines conditions, nous pouvons nous poser la question s'il en est de même lors de l'allaitement. En effet, l'allaitement nécessite de maintenir une alimentation riche et diversifiée afin d'obtenir un lait maternel de qualité. Bien que les régimes végétariens soient généralement riches en glucides, la lactation augmente la demande en calories et nécessite de développer des réserves d'énergie supplémentaires qui concernent aussi les lipides et les protéines. La composition du lait maternel change de manière dynamique et peut varier en fonction de nombreux facteurs maternels, tels que le régime alimentaire et l'état nutritionnel. La composition du lait maternel est indispensable à la croissance de l'enfant dans la première année de sa vie car il ne puise plus les nutriments dans les tissus de sa mère comme pendant la grossesse.

Une autre question mérite d'être soulevée lors de la diversification alimentaire de l'enfant si les parents souhaitent qu'il soit lui-même végétalien dès son jeune âge. Autour du 5ème mois, en parallèle avec l'alimentation lactée, les parents doivent introduire progressivement des aliments solides dans les repas de leur enfant. Au cours de cette transition, l'éviction de certains aliments riches et indispensables à son développement risque des déséquilibres beaucoup plus importants et délétères. Nous pouvons supposer que ces déséquilibres s'accentueront de plus en plus jusqu'à ce qu'il soit sevré et qu'il n'ait plus aucun apport lacté. Un enfant en bas âge a des besoins propres pour sa croissance, qui portent plus particulièrement sur certains nutriments essentiellement à risque d'être en déficit dans le régime végétalien. Or il ne peut pas ingérer tous les types d'aliments végétaux abordés au cours de cette thèse pour compenser ces apports plus faibles, ni augmenter le nombre de portions dans ses repas. Si les apports sont insuffisants, avoir recourt à des compléments alimentaires ou des spécialités pharmaceutiques dès le début de sa vie alors que certains aliments sont aptes à apporter les nutriments nécessaires serait un acte contre-nature. C'est pourquoi nous pouvons émettre l'hypothèse que le plus gros risque d'un régime végétalien pour l'enfant pourrait se situer après le sevrage maternel, à partir duquel il n'aura plus aucun apport des réserves de sa mère alors qu'il ne pourra manger ni produits laitiers, ni viande, ni poisson, ni œufs, des denrées alimentaires importantes pour la croissance d'un enfant dans ses premières années de vie.

# *Annexe 1 : Résumé des impacts du régime végétalien sur la conception et la grossesse*

| Conception chez l'homme | | Conception chez la femme | |
|---|---|---|---|
| **Aspects positifs** | - ↓ de l'IMC (↑ concentration, mobilité, et qualité de l'ADN des spermatozoïdes), *Certain*<br>- Alimentation riche en antioxydants (↑ qualité ADN), en folates (↑ concentration), et pauvre en graisse (↑ mobilité et qualité de l'ADN des spermatozoïdes), *Probable* | **Aspects positifs** | - ↓ de l'IMC (↓ risque de troubles de la fertilité) / *Certain*<br>- Alimentation riche en protéines végétales et pauvre en acides gras saturés (↓ risque de troubles de la fertilité), *Probable* |
| **Aspects négatifs** | - Alimentation pauvre en DHA (↓ fluidité membranaire et mobilité des spermatozoïdes), *Probable* | **Aspects négatifs** | - Risque de carence en fer plus élevé pour commencer une grossesse, *Certain* |

| Pendant la grossesse | | | Répercussions après la grossesse | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Aspects positifs** | - ↓ prise de poids (↓ diabète gestationnel, pré-éclampsie, risque d'obésité, complications obstétricales), *Certain*<br>- ↓ constipation et hémorroïdes, *Probable*<br>- ↓ risque d'infections urinaires, *Probable*<br>- ↓ risque microbiologiques liés à l'alimentation, *Certain* | | **Aspects positifs** | <u>Pour la mère</u> :<br>- ↓ risque de surpoids ou d'obésité à long terme, *Certain* | |
| **Aspects négatifs** | <u>Pour la mère</u> :<br>- ↑ risque d'anémie ferriprive, *Certain*<br>- ↑ risque d'épuisement des réserves protéiques et lipidiques maternelles, *Probable* | <u>Pour le fœtus</u> :<br>- ↑ risque de retard de croissance in utéro, *Probable*<br>- spina bifida, *Certain si aucune supplémentation en B12* | **Aspects négatifs** | <u>Pour la mère</u> :<br>- ↑ risque d'anémie ferriprive, *Certain*<br>- ↑ risque de dépression maternelle, *Probable*<br>- ↑ risque de réserves énergétiques insuffisantes pour la lactation, *Probable* | <u>Pour l'enfant</u> :<br>- petit poids à la naissance, *Probable*<br>- troubles de développement visuel, neurologique et cognitif, *Probable*<br>- carences$^{++}$ si sevrage ? |

# *Annexe 2 : Besoins en fer*

*Femme : 11 à 16 mg/j (RNP) selon les pertes menstruelles*
*Femme enceinte : 16 mg/j (RNP)*

- Rôles : Constitue l'hémoglobine des globules rouges pour le transport de l'oxygène dans le sang maternel et fœtal
- Manifestation des carences chez la mère : anémie ferriprive, asthénie physique et psychique, pâleur, dyspnée, vertiges
  Manifestation des carences chez le fœtus : défaut d'oxygénation, mauvaise croissance fœtale

Teneur en fer des aliments (mg/100g)

| **Céréales** |
|---|
| Son de riz 18,5 |
| Son de blé 14,8 |
| Germe de blé 8,9 |
| Amarante (pseudo) 7,6 |
| Son d'avoine 5,4 |
| Frik 5,2 |
| Farine de seigle 5,0 |
| Quinoa (pseudo) 4,6 |
| Épeautre 4,4 |
| Flocon d'avoine 4,1 |
| Blé dur 3,5 |
| Maïs 3,2 |
| Boulgour 2,5 |

| **Champignons** |
|---|
| Chanterelle 3,5 |
| Girolle 3,5 |
| Truffe 3,5 |

| **Dérivés du soja** |
|---|
| Farine de soja 5,2 |
| Protéine de soja 3,3 |
| Lécithine de soja 2,5 |
| Tofu 2,4 |
| Sauce soja 1,7 |
| Tempeh 1,7 |
| *Maximum 1 aliment à base de soja par jour pendant la grossesse* |

| **Fruits oléagineux** |
|---|
| Olive noire 8,5 |
| Noix de cajou 5,7 |
| Pignon de pin 4,6 |
| Noisette 4,4 |
| Pistache 4,1 |
| Amande 3,7 |
| Noix de macadamia 3,7 |
| Noix de muscade 3,0 |
| Noix de pécan 2,6 |
| Noix du Brésil 2,5 |
| Noix 2,2 |
| Cacahuète 1,6 |

| **Graines** |
|---|
| Cumin 66,4 |
| Fenugrec 33,5 |
| Fenouil 18,5 |
| Coriandre 16,3 |
| Carvi 16,2 |
| Soja 15,7 |
| Sésame 14,6 |
| Luzerne 12,9 |
| Lin 10,2 |
| Pavot 9,6 |
| Cucurbitacée 8,8 |
| Chia 7,7 |
| Tournesol 4,9 |

| **Fruits séchés** |
|---|
| Tomate séchée 9,1 |
| Pêche séchée 6,8 |
| Figue séchée 2,1 |
| Raisin sec 1,7 |

| **Légumes feuilles** |
|---|
| Épinard cru 3,6 |
| Cœur de palmier 3,1 |
| Oseille crue 2,4 |
| Épinard en conserve égoutté 2,3 |
| Épinard cuit 2,1 |
| Épinard jeune 1,8 |
| Chou frisé cru 1,7 |

| **Légumineuses** |
|---|
| Haricot blanc 8,0 |
| Lentille blonde 7,4 |
| Flageolet vert 7,3 |
| Haricot mungo 7,2 |
| Fève 6,7 |
| Haricot rouge 6,7 |
| Lentille 6,5 |
| Lentille corail 6,3 |
| Lentille verte 6,3 |
| Pois chiche 5,4 |
| Pois cassé 5,2 |
| Haricot de Lima 3,1 |
| Haricot coco 2,7 |

Autres aliments riches en fer :
-Chocolat noir 22,8
-Pain grillé aux multicéréales 9,0
-Céréales et muesli pour petit déjeuner enrichies en vit et minéraux (jusqu'à 10,6)
-Barre céréalière, riz ou maïs soufflés enrichis en vitamines et minéraux (jusqu'à 8,0)
-Mélasse de canne 4,7

Herbes aromatiques *:* thym, basilic, menthe, laurier, persil, sarriette, origan, romarin, aneth, coriandre

→ **Absorption du fer végétal faible, elle est améliorée par la vitamine C (fruits, légumes) / diminuée par : les tanins (thé, café)**

# *Annexe 3 : Besoins en calcium*

*Femme : 1000 mg/j avant 25 ans et 950 mg/j après 25 ans (RNP)*
*Femme enceinte : 1000 mg/j avant 25 ans et 950 mg/j après 25 ans (RNP)*

- Rôles : Minéralisation des tisses osseux (principalement), contraction musculaire, conduction nerveuse
- Manifestation des carences chez la mère : déformations osseuses, troubles musculaires, convulsions (toutes très rares)
  Manifestation des carences chez le fœtus : pas de manifestation fœtale, utilisation des réserves maternelles

Teneur en calcium des aliments (mg/100g)

| **Céréales** |
|---|
| Amarante (pseudo) 159 |
| Riz blanc 101 |
| Flocon d'avoine 84,3 |
| Son de blé 73,9 |
| Son d'avoine 62,6 |
| Son de riz 57 |
| Blé entier précuit 55 |
| Frik 50,3 |
| Quinoa cru 47 |

| **Dérivés du soja** |
|---|
| Farine de soja 178 |
| Lécithine de soja 125 |
| Tofu 100 |
| Protéine de soja 90 |
| Tempeh 88 |
| *Maximum 1 aliment à base de soja par jour pendant la grossesse* |

| **Fruits oléagineux** |
|---|
| Amande 268 |
| Noix de muscade 184 |
| Noix du Brésil 150 |
| Noisette 120 |
| Olive noire 110 |
| Pistache 108 |
| Noix 94 |
| Noix de macadamia 85 |
| Noix de pécan 69,8 |
| |
| |
| |

| **Graines** |
|---|
| Pavot 1440 |
| Fenouil 1200 |
| Sésame 962 |
| Cumin 931 |
| Coriandre 709 |
| Carvi 689 |
| Chia 631 |
| Lin 228 |
| Soja 220 |
| Fenugrec 176 |
| Luzerne 136 |
| |

| **Légumes feuilles** |
|---|
| Épinard bouilli 240 |
| Chou frisé 185 |
| Roquette 160 |
| Épinard surgelé cru 159 |
| Rhubarbe cuite 145 |
| Rhubarbe crue 129 |
| Épinard conserve égoutté 127 |
| Épinard cru 114 |
| Cresson 101 |
| Chou vert 96,2 |
| Brocolis (purée) 87 |
| Blette 60 |

| |
|---|
| Chou blanc 59 |
| Chou rouge 54,6 |
| Céléri blanche 53,3 |
| Céléri-rave 52,4 |
| Artichaut 52 |

| **Fruits, légumes séchés** |
|---|
| Oignon séché 257 |
| Figue sèche 167 |
| Tomate séchée 110 |
| Abricot sec 71 |
| Raisin sec 54 |
| Pruneau sec 50 |

| **Légumineuses** |
|---|
| Haricot blanc 183 |
| Graine de lupin 176 |
| Flageolet vert 120 |
| Haricot mungo 113 |
| Fève 103 |
| Pois chiche 90,5 |
| Haricot rouge 83 |
| Haricot coco 72 |
| Lentille verte 64 |
| Haricot plat 60 |
| Lentille blonde 54 |
| |

Autres aliments riches en calcium :
-Barres céréalières enrichies en vitamines et minéraux (jusqu'à 510)
-Céréales pour petit déjeuner enrichies (jusqu'à 530)
-Boissons au soja enrichies en calcium (jusqu'à 100)
-Mélasse de canne 205

Eaux minérales***** : St-Antonin (56,8 mg), Hépar (54,9 mg), Contrex (46,8 mg), Rozana (30,1), Vittel (24 mg) *****100g = 100mL d'eau

Herbes aromatiques : basilic, sarriette, thym, origan, menthe, romarin, laurier, poivre, persil, coriandre, ciboulette

# *Annexe 4 : Besoins en zinc*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Femme :* | *7,5 mg/j (RNP)* *si 300mg/j de phytates* | *9,3 mg/j (RNP)* *si 600mg/j de phytates* | *11 mg/j (RNP)* *si 900mg/j de phytates* |

*Femme enceinte :* + 1,6 mg/j (RNP)

- Rôles : Participe à la structure de nombreuses protéines intervenant dans les réactions anti-oxydantes, le métabolisme des macronutriments, la synthèse d'ADN, la multiplication cellulaire, la régulation hormonale et bien d'autres processus biologiques
- Manifestation des carences chez la mère : asthénie, perte d'appétit, perte de cheveux, perte du goût ou de l'odorat (rare)
  Manifestation des carences chez le fœtus : possiblement, retard de croissance (encore mal identifié)

Teneur en zinc des aliments (mg/100g)

| **Céréales** |
|---|
| Germe de blé 14 |
| Son de blé 7,49 |
| Son de riz 6,04 |
| Farine de seigle 5,04 |
| Avoine 3,97 |
| Riz sauvage 3,7 |
| Blé de Khorasan 3,68 |
| Frik 3,6 |
| Blé dur entier 3,48 |
| Epeautre 3,28 |
| Farine de millet 3,1 |
| Quinoa (pseudo) 3,1 |
| Farine de sarrasin 2,3 |
| Semoule de blé 2,18 |
| Riz rouge 2,1 |

| **Dérivés du soja** |
|---|
| Farine de soja 4,46 |
| Protéine de soja 2,1 |
| *Maximum 1 aliment à base de soja par jour pendant la grossesse* |

| **Fruits oléagineux** |
|---|
| Noix de cajou 5,6 |
| Pignon de pin 5,6 |
| Noix de pécan 4,61 |
| Noix du Brésil 4,13 |
| Amande 3,5 |
| Cacahuète 3 |
| Noix 2,7 |
| Noisette 2,3 |
| Pistache 2,3 |

| **Légumineuses** |
|---|
| Graine de lupin 4,75 |
| Lentille corail 3,9 |
| Pois cassé 3,68 |
| Lentille verte 3,4 |
| Haricot blanc 3,23 |
| Lentille 3,17 |
| Fève 3,14 |
| Haricot mungo 3,02 |
| Lentille blonde 3 |
| Haricot rouge 2,79 |

| **Champignons** |
|---|
| Lentin ou skiitaké 7,66 |
| Truffe noire 3,8 |
| Morille 2,03 |

| **Graines** |
|---|
| Pavot 9,05 |
| Cucurbitacée 7,81 |
| Luzerne 6,9 |
| Lin 6,05 |
| Sésame 5,74 |
| Carvi 5,5 |
| Lin brun 5,1 |
| Cumin 4,8 |
| Coriandre 4,7 |
| Chia 4,58 |
| Tournesol 3,8 |
| Fenouil 3,7 |
| Soja 2,95 |
| Fenugrec 2,5 |

Autres aliments riches en zinc :

-Levure alimentaire 8,4
-Riz soufflé et céréales enrichis en vitamine et minéraux (jusqu'à 7)
-Cacao soluble 6,4
-Tahin (purée de sésame) 4,62
-Paprika 4,33
-Chocolat noir 3
-Ail séché 2,81
-Tomate séchée 1,99

Herbes aromatiques *: basilic, thym, persil, sarriette, laurier, marjolaine, romarin, origan, menthe*

→ **Absorption du zinc améliorée par : la vitamine C et les acides organiques des fruits**

# *Annexe 5 : Besoins en ALA (oméga 3)*

*Femme : 1% de l'apport énergétique total, soit entre 2,2 et 4,4 g/j*
*Femme enceinte : 1% de l'apport énergétique total, soit entre 2,2 et 4,4 g/j*

- Rôles : précurseur du DHA, un composant membranaire indispensable au bon fonctionnement de la vue et du système nerveux, et précurseur de l'EPA, modulateur de l'inflammation et de l'agrégation plaquettaire
- Manifestation des carences chez la mère : possiblement des troubles cognitifs et/ou cardiovasculaire (encore mal identifié)
  Manifestation des carences chez le fœtus : possiblement des troubles du développement du système nerveux (encore mal identifié)

Teneur en ALA des aliments (g/100g)
et leur rapport oméga 6 / oméga 3

| **ALA (oméga 3)** | **LA (oméga 6)** | **Rapport oméga 6 / oméga 3 (recommandé à ≤ 4)** |
|---|---|---|
| **Aliments et huiles** | | |
| Huile de lin **53,3** √ | 13,5 | **0,25** |
| Lin brun (graine) **21** √ | 6,16 | **0,29** |
| Chia (graine) **17,8** √ | 5,84 | **0,33** |
| Lin (graine) **16,7** √ | 4,31 | **0,26** |
| Huile de noix 11,9 | 56,1 | **4,71** |
| Huile de colza **7,54** √ | 19,4 | **2,57** |
| Noix séchée 7,5 | 36,1 | **4,81** |
| Huile de soja 6,89 | 52 | **7,55** |
| Huile de germe de blé 5,91 | 46,9 | **7,94** |
| Noix fraiche 3,77 | 19,5 | **5,17** |
| Huile d'olive 0,65 | 6,52 | **10,03** |
| **Margarines végétales** | | |
| Margarine riche en oméga 3, 50-63% de matières grasses **4,25** √ | 8 | **1,88** |
| Margarine riche en oméga 3, 30-40% de matières grasses **3** √ | 6 | **2,00** |
| Margarine, 50-63% de matières grasses 2,58 | 13,1 | **5,08** |
| Margarine, 30-40% de matières grasses **1,45** √ | 3,87 | **2,67** |
| Margarine au tournesol, 60% de matières grasses 4,55 | 21,1 | **4,64** |

Certaines margarines végétales sont intéressantes mais attention à bien regarder leur rapport oméga 6 / oméga 3 !

# *Annexe 6 : Besoins en protéines*

*Femme : 10 à 20% de l'apport énergétique total (AE), soit entre 0,8 et 1,6g/kg/j (RNP)*
*→ Estimation pour une femme de 63kg :* ***entre 50,4 et 100,8g/j de protéines***

*Femme enceinte : 12 à 20% de l'AE à partir du 3ème trimestre, soit entre 1,1 à 1,6g/kg/j (RNP)*
*→ Estimation pour une femme de 63kg :* ***entre 69,3 et 100,8g/j de protéines***

- Rôles des protéines : structure des tissus, et multiples rôles fonctionnels dans tous les mécanismes de l'organisme
- Manifestation des carences chez la mère : perte de poids, faiblesse musculaire, anémie, faible immunité (rares)
  Manifestation des carences chez le fœtus : retard de croissance (encore mal identifié)

Teneur en protéines des aliments (g/100g)

| **Céréales** | **Légumineuses** | **Oléagineux** | **Graines** |
|---|---|---|---|
| Avoine 18,1 | Graine de lupin 36,2 | Cacahuète 26,1 | Soja 37,8 |
| Farine de seigle 17,1 | Lentille corail 27,7 | Amande 25,8 | Cucurbitacée 35,6 |
| Blé de Khorasan 15,6 | Fève 26,1 | Pistache 21,7 | Luzerne 35 |
| Épeautre 15,6 | Lentille blonde 26,1 | Noix de cajou 20,5 | Fenugrec 27,1 |
| Farine de blé ou froment 14,9 | Lentille brune 25,4 | Noisette 17 | Tournesol 25,1 |
| Amarante (pseudo) 14,5 | Lentille verte 25,1 | Noix du Brésil 16,9 | Lin 23,9 |
| Quinoa (pseudo) 14,1 | Haricot mungo 24,5 | Pignon de pin 16,2 | Sésame 20,8 |
| Son de riz 13,9 | Pois cassé 22,8 | Noix 15,7 | |
| Orge 13,4 | Haricot rouge 22,5 | Noix de pécan 12 | |
| Semoule de blé 13,2 | Pois chiche 20,5 | Noix de Macadamia 9,33 | **Dérivés du soja** |
| Blé dur 13 | Haricot blanc 19,1 | | Farine de soja 39,2 |
| Sarrasin (pseudo) 12,9 | Flageolet vert 19,1 | | Protéine de soja 20,4 |
| Boulgour de blé 12,4 | Haricot coco 9,63 | *Maximum 1 aliment à base de soja par jour pendant la grossesse* | Tempeh 17,6 |
| Maïs 8,1 | | | Tofu 14,7 |

→ Association indispensable à chaque repas entre céréales, légumineuses, oléagineux ou dérivés du soja pour obtenir un apport complet de l'ensemble des 8 acides aminés essentiels

# *Annexe 7 : Établissement de repères de consommation pour les femmes enceintes végétaliennes à partir des repères du PNNS*

| REPÈRES DE CONSOMMATION POUR LES FEMMES ENCEINTES | |
|---|---|
| Fruits et/ou légumes | Au moins 5 par jour |
| Pain et autres aliments céréaliers, pommes de terre et légumes secs | À chaque repas et selon l'appétit |
| Lait et produits laitiers | 3 par jour |
| Viandes Œufs Poissons et produits de la pêche | 1 ou 2 fois par jour |
| Matières grasses ajoutées | Limiter la consommation |
| Produits sucrés | Limiter la consommation |
| Boissons | De l'eau à volonté |
| Sel | Limiter la consommation |

**Pour les femmes enceintes végétaliennes :**

→ Fruits et/ou légumes
Au moins 5 portions par jour

→ Produits céréaliers, pommes de terre et légumineuses
Au moins 5 portions par jour

→ Aliments riches en calcium
Au moins 4 portions par jour

→ Aliments riches en protéines et fer : compensés par les portions supplémentaires de produits céréaliers et légumineuses

→ Aliments riches en oméga 3 :
1 à 2 cuillères à soupe par jour, et utilisation de margarine végétale riche en oméga 3

→ Produits sucrés
Limiter la consommation

→ Boire une eau riche en calcium et autres minéraux

→ Utilisation régulière de sel iodé

En plus de ces recommandations, il est fortement conseiller d'enrichir ses repas au quotidien avec des zestes d'agrumes, des herbes aromatiques, des fruits oléagineux et des graines riches en nutriments.

# *Annexe 8 : Spécialités pharmaceutiques et compléments alimentaires inscrits dans le Vidal et destinés à la supplémentation en vitamine B12*

| ***Nom du produit* (Laboratoire)** | **Forme galénique** | **Molécule (Dosage)** | **Statut** | **Compatibilité avec le véganisme** |
|---|---|---|---|---|
| *Vitamine B12 Delagrange* (Sanofi-Aventis France) | Ampoule buvable | Cyanocobalamine (1000µg/2ml) | Médicament | Végan |
| *Vitamine B12 Gerda* (Laboratoires Gerda) | Ampoule buvable | Cyanocobalamine (1000µg/2ml) | Médicament | Végan |
| *Vitamine B12 Gerda* (Laboratoires Gerda) | Comprimé sécable | Cyanocobalamine (250µg) | Médicament | Indication pour les végétaliens<br>Lactose |
| *Vitamine B12* (Cuure) | Gélule | Méthylcobalamine (1000µg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Liquamine B12* (Dr Theiss France) | Gouttes buvables | Cyanocobalamine (2,5µg/0,5ml) | Complément alimentaire | Végan |
| *Nutrixeal Vitamine B12* (Nutrixeal) | Pastille à sucer | Méthylcobalamine (1000µg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Physiomance Vitamine B12* (Therascience) | Comprimé à croquer | Méthylcobalamine (1000µg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Purasana Clean & Green* Vitamine B12 (La Source) | Comprimé | Cyanocobalamine (25µg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Unibiane B12* (Pileje) | Solution en spray | Méthylcobalamine (125µg/pulvérisation) | Complément alimentaire | Végan |
| *Vitamine B12* (Solgar France) | Gélule | Cyanocobalamine (500µg) | Complément alimentaire | Végan |
| *Vitamine B12* (Solgar France) | Comprimé à croquer | Méthylcobalamine (1000µg) | Complément alimentaire | Végan |

→ Afin d'augmenter l'absorption, privilégier les formes à dissoudre sous la langue ou à croquer lentement.

→ La cyanocobalamine est une forme synthétique, précurseur des 2 formes naturelles actives méthylcobalamine et adénosylcobalamine. Elle présente une meilleure absorption tandis que la méthylcobalamine a un taux de rétention plus élevé. Les deux peuvent prévenir une carence en vitamine B12.

# Bibliographie


1. Biorself, 1ère plateforme de bien-être en ligne [Internet]. Biorself. [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: https://www.biorself.com/fr
2. Futura. Ovo-lacto-végétarien [Internet]. Futura. [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/nutrition-ovo-lacto-vegetarien-16147/
3. The Vegetarian Society UK [Internet]. Vegetarian Society. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: https://www.vegsoc.org/
4. VÉGÉTARIEN : Définition de VÉGÉTARIEN [Internet]. [cité 27 mai 2020]. Disponible sur: https://www.cnrtl.fr/definition/v%C3%A9g%C3%A9tarien
5. The Vegan Society [Internet]. The Vegan Society. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: https://www.vegansociety.com/
6. 11_Synthèse Panorama végétarisme en Europe.pdf.
7. Anatomie de la dent, nom et fonction des dents, éruption des dents… les dents n'auront bientôt plus aucun secret pour vous ! [Internet]. UFSBD. [cité 31 mars 2020]. Disponible sur: https://www.ufsbd.fr/espace-grand-public/espace-enfants/anatomie-et-fonction-de-la-dent/
8. Benoît R, Granat J, Peyre É. La canine humaine. Seconde partie : La canine des Hommes et des autres Primates. Biologie du développement. Actual Odonto-Stomatol. mars 2009;(245):11-25.
9. Hofve J, DVM. Digestive enzymes [Internet]. IVC Journal. 2013 [cité 22 avr 2020]. Disponible sur: https://ivcjournal.com/digestive-enzymes/
10. Éditions L fr. Quelles sont les caractéristiques de la nutrition animale ? | Lelivrescolaire.fr [Internet]. [cité 22 avr 2020]. Disponible sur: https://www.lelivrescolaire.fr/manuel/1331015/svt-cycle-4-2017/chapitre/1331238/les-echanges-de-matiere-indispensables-a-la-vie/page/1334287/quelles-sont-les-caracteristiques-de-la-nutrition-animale-/lecon
11. Bloch A. Des variations de longueur de l'intestin. Bull Mém Société Anthropol Paris. 1904;5(1):160-97.
12. Beasley DE, Koltz AM, Lambert JE, Fierer N, Dunn RR. The Evolution of Stomach Acidity and Its Relevance to the Human Microbiome. Li X, éditeur. PLOS ONE. 29 juill 2015;10(7):e0134116.
13. Histoire du végétarisme: Végi-Info 2010/3 [Internet]. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: http://www.vegetarismus.ch/heft/f2010-3/histoire.htm
14. Mathieu S, Dorard G. Végétarisme, végétalisme, véganisme : aspects motivationnels et psychologiques associés à l'alimentation sélective. Presse Médicale. 1 août 2016;
15. jenny. Les véganes et les médicaments [Internet]. Végane Montréal. 2014 [cité 30 mars 2020]. Disponible sur: http://veganmtl.com/blog/2014/12/28/medicaments-et-vegane/
16. Les vaccins du point de vue végétarien [Internet]. [cité 30 mars 2020]. Disponible sur: http://www.vegetarisme.ch/vaccin/
17. Lepage YG. Evolution de la consommation d'aliments carnés aux XIXe et XXe siècles en Europe occidentale. Rev Belge Philol Hist. 2002;80(4):1459-68.
18. La viande rouge serait cancérogène selon l'OMS [Internet]. France Culture. 2015 [cité 28 mars 2020]. Disponible sur: https://www.franceculture.fr/societe/la-viande-rouge-serait-cancerogene-selon-loms
19. Les nouvelles générations transforment la consommation de viande [Internet]. 2018 [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: https://www.credoc.fr/publications/les-nouvelles-generations-transforment-la-consommation-de-viande
20. Le marché végétarien et végan a augmenté de 24% en 2018, selon une étude [Internet]. Capital.fr. 2019 [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: https://www.capital.fr/economie-politique/le-marche-vegetarien-et-vegan-a-augmente-de-24-en-2018-selon-un-etude-1322408
21. xerfi. Le marché de l'alimentation végétarienne et végane | étude de marché Xerfi

[Internet]. [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: https://www.xerfi.com/presentationetude/Le-marche-de-l-alimentation-vegetarienne-et-vegane-a-l-horizon-2021_8IAA67
22. Un tiers des ménages français sont « flexitariens », 2 % sont végétariens. Le Monde.fr [Internet]. 1 déc 2017 [cité 21 janv 2020]; Disponible sur: https://www.lemonde.fr/planete/article/2017/12/01/un-tiers-des-menages-francais-sont-flexitariens-2-sont-vegetariens_5223312_3244.html
23. NUT2014SA0234Ra.pdf [Internet]. [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0234Ra.pdf
24. Orlich MJ, Singh PN, Sabaté J, Jaceldo-Siegl K, Fan J, Knutsen S, et al. Vegetarian Dietary Patterns and Mortality in Adventist Health Study 2. JAMA Intern Med. 8 juill 2013;173(13):1230-8.
25. Orlich MJ, Fraser GE. Vegetarian diets in the Adventist Health Study 2. Am J Clin Nutr. juill 2014;100(1):353S-358S.
26. Clarys P, Deliens T, Huybrechts I, Deriemaeker P, Vanaelst B, De Keyzer W, et al. Comparison of Nutritional Quality of the Vegan, Vegetarian, Semi-Vegetarian, Pesco-Vegetarian and Omnivorous Diet. Nutrients. 24 mars 2014;6(3):1318-32.
27. Olivier C. Cours Produits de régime. Faculté de Pharmacie; 2018.
28. Rizzo NS, Sabaté J, Jaceldo-Siegl K, Fraser GE. Vegetarian Dietary Patterns Are Associated With a Lower Risk of Metabolic Syndrome. Diabetes Care. mai 2011;34(5):1225-7.
29. Diabète de type 2 [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cité 2 avr 2020]. Disponible sur: https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/diabete-type-2
30. Tonstad S, Butler T, Yan R, Fraser GE. Type of Vegetarian Diet, Body Weight, and Prevalence of Type 2 Diabetes. Diabetes Care. mai 2009;32(5):791-6.
31. 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 NMCD. avr 2013;23(4):292-9.
32. Hypertension artérielle (HTA) [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cité 2 avr 2020]. Disponible sur: https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/hypertension-arterielle-hta
33. Pettersen BJ, Anousheh R, Fan J, Jaceldo-Siegl K, Fraser GE. Vegetarian diets and blood pressure among white subjects: results from the Adventist Health Study-2 (AHS-2). Public Health Nutr. oct 2012;15(10):1909-16.
34. Rizzo NS, Jaceldo-Siegl K, Sabate J, Fraser GE. Nutrient Profiles of Vegetarian and Non Vegetarian Dietary Patterns. J Acad Nutr Diet. déc 2013;113(12):1610-9.
35. Ciqual Table de composition nutritionnelle des aliments [Internet]. [cité 3 févr 2020]. Disponible sur: https://ciqual.anses.fr/
36. Réseau NACRe - Réseau National Alimentation Cancer Recherche - Objectifs prioritaires pour la prévention nutritionnelle des cancers [Internet]. [cité 2 avr 2020]. Disponible sur: https://www6.inrae.fr/nacre/Prevention-primaire/Objectifs-prioritaires-pour-la-prevention-nutritionnelle-des-cancers
37. Tantamango-Bartley Y, Jaceldo-Siegl K, Fan J, Fraser G. VEGETARIAN DIETS AND THE INCIDENCE OF CANCER IN A LOW-RISK POPULATION. Cancer Epidemiol Biomark Prev Publ Am Assoc Cancer Res Cosponsored Am Soc Prev Oncol. févr 2013;22(2):286-94.
38. Peeters PHM, Keinan-Boker L, van der Schouw YT, Grobbee DE. Phytoestrogens and Breast Cancer Risk. Breast Cancer Res Treat. 1 janv 2003;77(2):171-83.
39. Fields H, Ruddy B, Wallace MR, Shah A, Millstine D, Marks L. How to Monitor and Advise Vegans to Ensure Adequate Nutrient Intake. J Am Osteopath Assoc. 1 févr 2016;116(2):96-9.
40. Manquez-vous de vitamine B12 ? Aliments et signes de carence [Internet]. Sante et nutrition. 2017 [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: http://www.sante-et-nutrition.com/vitamine-b12/
41. Références nutritionnelles en vitamines et minéraux - Anses 2021 [Internet]. [cité 24

mai 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2018SA0238Ra.pdf
42. Smith AD, Warren MJ, Refsum H. Vitamin B12. In: Advances in Food and Nutrition Research [Internet]. Elsevier; 2018 [cité 6 avr 2020]. p. 215-79. Disponible sur: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043452617300414
43. Durand P, Prost M, Blache D. Altérations du métabolisme de l'homocystéine et maladies cardiovasculaires. Rev Fr Lab. 1 nov 1998;1998(307):33-44.
44. Leon-Ferre RA, Koch B, Rosenstein LJ. A B-wildering Case of Paraplegia: Cobalamin Deficiency. Am J Med. 1 déc 2013;126(12):1045-7.
45. Miller AL. The Methylation, Neurotransmitter, and Antioxidant Connections Between Folate and Depression. 2008;13(3):11.
46. Gille D, Schmid A. Vitamin B12 in meat and dairy products. Nutr Rev. 1 févr 2015;73(2):106-15.
47. Le Guenno G, Quilliot D. Conduite à tenir devant une carence en vitamine B12 (cobalamine). Nutr Clin Métabolisme. mai 2014;28(2):130-4.
48. Anémies mégaloblastiques macrocytaires - Hématologie et oncologie [Internet]. Édition professionnelle du Manuel MSD. [cité 7 avr 2020]. Disponible sur: https://www.msdmanuals.com/fr/professional/h%C3%A9matologie-et-oncologie/an%C3%A9mies-caus%C3%A9es-par-un-trouble-de-l-%C3%A9rythropo%C3%AF%C3%A8se/an%C3%A9mies-m%C3%A9galoblastiques-macrocytaires
49. Gallego-Narbón A, Zapatera B, Barrios L, Vaquero MP. Vitamin B12 and folate status in Spanish lacto-ovo vegetarians and vegans. J Nutr Sci [Internet]. 26 févr 2019 [cité 25 mai 2020];8. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6391582/
50. Naik S, Mahalle N, Bhide V. Identification of vitamin B $_{12}$ deficiency in vegetarian Indians. Br J Nutr. 28 mars 2018;119(6):629-35.
51. Le fer | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 21 janv 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/le-fer
52. Pierre-Lecocq karine. Minéraux et oligo-éléments : références nutritionnelles pour la population (RNP) et apports satisfaisants (AS) [Internet]. CERIN. [cité 3 avr 2020]. Disponible sur: https://www.cerin.org/rapports/mineraux-oligo-elements-references-nutritionnelles-population-rnp-apports-satisfaisants-as/
53. Revue de physiologie des sciences infirmières [Internet]. [cité 8 avr 2020]. Disponible sur: https://www.austincc.edu/apreview/PhysText/Blood.htm
54. Laboratoire d'Hématologie Cellulaire du CHU d'Angers [Internet]. [cité 8 avr 2020]. Disponible sur: http://www.hematocell.fr/index.php/enseignement-de-lhematologie-cellulaire/globules-rouges-et-leur-pathologie/43-metabolisme-du-fer-chez-lhomme
55. Anémie ferriprive - Hématologie et oncologie - Édition professionnelle du Manuel MSD [Internet]. [cité 9 avr 2020]. Disponible sur: https://www.msdmanuals.com/fr/professional/h%C3%A9matologie-et-oncologie/an%C3%A9mies-caus%C3%A9es-par-un-trouble-de-l-%C3%A9rythropo%C3%AF%C3%A8se/an%C3%A9mie-ferriprive#v968992_fr
56. Pawlak R, Berger J, Hines I. Iron Status of Vegetarian Adults: A Review of Literature. Am J Lifestyle Med. 16 déc 2016;12(6):486-98.
57. Le calcium | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 29 janv 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/le-calcium
58. La mineralisation du tissu osseux.pdf [Internet]. [cité 9 avr 2020]. Disponible sur: https://www.gerom-angers.fr/download/La%20mineralisation%20du%20tissu%20osseux.pdf
59. Sander Streng eBook [Internet]. [cité 9 avr 2020]. Disponible sur: https://www.globalacademicpress.com/ebooks/sander_streng/mobile/index.html#p=17
60. Südhof TC. Calcium Control of Neurotransmitter Release. Cold Spring Harb Perspect Biol [Internet]. janv 2012 [cité 9 avr 2020];4(1). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3249630/
61. Revue générale des troubles de la concentration du Ca - Troubles endocriniens et

métaboliques [Internet]. Édition professionnelle du Manuel MSD. [cité 9 avr 2020]. Disponible sur: https://www.msdmanuals.com/fr/professional/troubles-endocriniens-et-m%C3%A9taboliques/troubles-%C3%A9lectrolytiques/revue-g%C3%A9n%C3%A9rale-des-troubles-de-la-concentration-du-ca
62. Reid IR, Bristow SM, Bolland MJ. Calcium supplements: benefits and risks. J Intern Med. oct 2015;278(4):354-68.
63. Reid IR, Ames R, Mason B, Reid HE, Bacon CJ, Bolland MJ, et al. Randomized Controlled Trial of Calcium Supplementation in Healthy, Nonosteoporotic, Older Men. Arch Intern Med. 10 nov 2008;168(20):2276.
64. Vitamine D | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 30 janv 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/vitamine-d
65. Tissandié E, Guéguen Y, A.Lobaccaro J-M, Aigueperse J, Souidi M. Vitamine D : Métabolisme, régulation et maladies associées. médecine/sciences. déc 2006;22(12):1095-100.
66. Pierre-Lecocq karine. Vitamines : références nutritionnelles pour la population (RNP) et apports satisfaisants (AS) [Internet]. CERIN. [cité 3 avr 2020]. Disponible sur: https://www.cerin.org/rapports/vitamines-references-nutritionnelles-population-rnp-apports-satisfaisants-as/
67. Baeke F, Takiishi T, Korf H, Gysemans C, Mathieu C. Vitamin D: modulator of the immune system. Curr Opin Pharmacol. août 2010;10(4):482-96.
68. Kuchuk NO, Schoor NM van, Pluijm SM, Chines A, Lips P. Vitamin D Status, Parathyroid Function, Bone Turnover, and BMD in Postmenopausal Women With Osteoporosis: Global Perspective. J Bone Miner Res. 2009;24(4):693-701.
69. Chan J, Jaceldo-Siegl K, Fraser GE. Serum 25-hydroxyvitamin D status of vegetarians, partial vegetarians, and nonvegetarians: the Adventist Health Study-21234. Am J Clin Nutr. mai 2009;89(5):1686S-1692S.
70. Les acides gras oméga 3 | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 30 janv 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/les-acides-gras-om%C3%A9ga-3
71. Pierre-Lecocq karine. Références nutritionnelles en protéines, lipides, glucides et fibres (adultes et personnes âgées) [Internet]. CERIN. [cité 3 avr 2020]. Disponible sur: https://www.cerin.org/rapports/references-nutritionnelles-proteines-lipides-glucides-fibres-adultes-personnes-agees/
72. NUT2017SA0141.pdf [Internet]. [cité 3 avr 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0141.pdf
73. 89-anc-acides-gras-adulte.pdf [Internet]. [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: https://www.cerin.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2011/02/89-anc-acides-gras-adulte.pdf
74. Burdge GC, Wootton SA. Conversion of α-linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in young women. Br J Nutr. oct 2002;88(4):411-20.
75. Herbaut C. Oméga-3 et santé. Disponible sur: https://www.amub.be/revue-medicale-bruxelles/download/270, http://www.chu-rouen.fr/page/acides-gras-omega-3
76. Filipovic MG, Aeschbacher S, Reiner MF, Stivala S, Gobbato S, Bonetti N, et al. Whole blood omega-3 fatty acid concentrations are inversely associated with blood pressure in young, healthy adults. J Hypertens. juill 2018;36(7):1548-54.
77. Mason RP, Libby P, Bhatt DL. Emerging Mechanisms of Cardiovascular Protection for the Omega-3 Fatty Acid Eicosapentaenoic Acid. Arterioscler Thromb Vasc Biol [Internet]. 26 mars 2020 [cité 15 avr 2020]; Disponible sur: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/ATVBAHA.119.313286
78. Rissanen T, Voutilainen S, Nyyssönen K, Lakka TA, Salonen JT. Fish Oil–Derived Fatty Acids, Docosahexaenoic Acid and Docosapentaenoic Acid, and the Risk of Acute Coronary Events: The Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. Circulation. 28 nov 2000;102(22):2677-9.

79. Shearer GC, Savinova OV, Harris WS. Fish oil – how does it reduce plasma triglycerides? Biochim Biophys Acta. mai 2012;1821(5):843-51.
80. Phospholipid-derived fatty acids. In: Wikipedia [Internet]. 2020 [cité 14 avr 2020]. Disponible sur: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Phospholipid-derived_fatty_acids&oldid=938902448
81. Pinot M, Vanni S, Pagnotta S, Lacas-Gervais S, Payet L-A, Ferreira T, et al. Polyunsaturated phospholipids facilitate membrane deformation and fission by endocytic proteins. Science. 8 août 2014;345(6197):693-7.
82. Parker G, Gibson NA, Brotchie H, Heruc G, Rees A-M, Hadzi-Pavlovic D. Omega-3 Fatty Acids and Mood Disorders. Am J Psychiatry. 1 juin 2006;163(6):969-78.
83. Siscovick DS. Dietary Intake and Cell Membrane Levels of Long-Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and the Risk of Primary Cardiac Arrest. JAMA J Am Med Assoc. 1 nov 1995;274(17):1363.
84. Newman WP, Middaugh JP, Propst MT, Rogers DR. Atherosclerosis in Alaska Natives and non-natives. The Lancet. avr 1993;341(8852):1056-7.
85. Oméga-3 des huiles de poissons - EurekaSanté par VIDAL [Internet]. EurekaSanté. [cité 20 avr 2020]. Disponible sur: https://eurekasante.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/omega-3-huiles-poissons.html
86. Burns-Whitmore, Froyen, Heskey, Parker, San Pablo. Alpha-Linolenic and Linoleic Fatty Acids in the Vegan Diet: Do They Require Dietary Reference Intake/Adequate Intake Special Consideration? Nutrients. 4 oct 2019;11(10):2365.
87. Les protéines | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 31 janv 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines
88. Imágenes, fotos de stock y vectores sobre Protein+biochemistry | Shutterstock [Internet]. [cité 31 mars 2020]. Disponible sur: https://www.shutterstock.com/es/search/protein%2Bbiochemistry?clear_recent_searches=1&ref_context=keyword
89. 110712,0.pdf [Internet]. [cité 13 avr 2020]. Disponible sur: http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/110712%2C0.pdf
90. Bender - Secrétariat administratif.pdf [Internet]. [cité 17 avr 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT-Ra-Proteines.pdf
91. Lamont LS, McCullough AJ, Kalhan SC. Gender differences in the regulation of amino acid metabolism. J Appl Physiol. 1 sept 2003;95(3):1259-65.
92. FoodData Central [Internet]. [cité 16 avr 2020]. Disponible sur: https://fdc.nal.usda.gov/index.html
93. Olivier C. Cours Equilibre alimentaire. Faculté de Pharmacie; 2017.
94. Malnutrition protéinocalorique - Troubles nutritionnels [Internet]. Édition professionnelle du Manuel MSD. [cité 21 avr 2020]. Disponible sur: https://www.msdmanuals.com/fr/professional/troubles-nutritionnels/d%C3%A9nutrition/malnutrition-prot%C3%A9inocalorique?query=albumine
95. Thalacker-Mercer AE, Campbell WW. Dietary protein intake affects albumin fractional synthesis rate in younger and older adults equally. Nutr Rev. 1 févr 2008;66(2):91-5.
96. Santos EW, Oliveira DC, Silva GB, Tsujita M, Beltran JO, Hastreiter A, et al. Hematological alterations in protein malnutrition. Nutr Rev. 1 nov 2017;75(11):909-19.
97. Olivier C. Cours Nutrition de la personne âgée. 2018.
98. Leniaud L, Lévy R, Levy R. Nutrition et infertilité masculine : revue de la littérature. Cah Nutr Diététique. sept 2008;43(4):198-208.
99. Kristensen NB, Madsen ML, Hansen TH, Allin KH, Hoppe C, Fagt S, et al. Intake of macro- and micronutrients in Danish vegans. Nutr J [Internet]. 30 oct 2015 [cité 27 mai 2020];14. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4628270/
100. Lacraz G. Relation entre Stress Oxydant et Homéostasie Glucidique au cours du Diabète de Type 2: Adaptation de la Cellule Pancréatique. :301.
101. NUT2012SA0103Ra-2.pdf [Internet]. [cité 27 mai 2020]. Disponible sur:

https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf
102. Ricci E, Al-Beitawi S, Cipriani S, Alteri A, Chiaffarino F, Candiani M, et al. Dietary habits and semen parameters: a systematic narrative review. Andrology. 2018;6(1):104-16.
103. Fontana R, Della Torre S. The Deep Correlation between Energy Metabolism and Reproduction: A View on the Effects of Nutrition for Women Fertility. Nutrients [Internet]. 11 févr 2016 [cité 8 juin 2020];8(2). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4772050/
104. Hassan MAM, Killick SR. Negative lifestyle is associated with a significant reduction in fecundity. Fertil Steril. 1 févr 2004;81(2):384-92.
105. Donnadieu A, Pasquier M, Meynant C, Hugues J-N, Cédrin-Durnerin I. Nutrition et infertilité féminine. Cah Nutr Diététique. févr 2009;44(1):33-41.
106. Chavarro JE, Rich-Edwards JW, Rosner BA, Willett WC. Diet and Lifestyle in the Prevention of Ovulatory Disorder Infertility. Obstet Gynecol. nov 2007;110(5):1050-8.
107. Crozier SR, Robinson SM, Godfrey KM, Cooper C, Inskip HM. Women's dietary patterns change little from before to during pregnancy. J Nutr. oct 2009;139(10):1956-63.
108. Livret_accompagnement_grossesse.pdf [Internet]. [cité 7 févr 2020]. Disponible sur: https://www.mangerbouger.fr/pro/IMG/pdf/Livret_accompagnement_grossesse.pdf
109. NUT2017SA0141.pdf [Internet]. [cité 3 juill 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0141.pdf
110. Ma RCW, Schmidt MI, Tam WH, McIntyre HD, Catalano PM. Clinical management of pregnancy in the obese mother: before conception, during pregnancy, and post partum. Lancet Diabetes Endocrinol. déc 2016;4(12):1037-49.
111. Sebastiani G, Herranz Barbero A, Borrás-Novell C, Alsina Casanova M, Aldecoa-Bilbao V, Andreu-Fernández V, et al. The Effects of Vegetarian and Vegan Diet during Pregnancy on the Health of Mothers and Offspring. Nutrients. 6 mars 2019;11(3).
112. Manta-Vogli PD, Schulpis KH, Dotsikas Y, Loukas YL. The significant role of amino acids during pregnancy: nutritional support. J Matern Fetal Neonatal Med. 17 janv 2020;33(2):334-40.
113. Human Fetus Placenta Anatomy Diagram Stock Vector - Illustration of chorion, diagram: 92185063 [Internet]. Dreamstime. [cité 30 sept 2020]. Disponible sur: https://www.dreamstime.com/stock-illustration-human-fetus-placenta-anatomy-diagram-all-part-including-mother-blood-vessels-umbilical-cord-placental-membrane-medical-image92185063
114. Elango R, Ball RO. Protein and Amino Acid Requirements during Pregnancy123. Adv Nutr. 11 juill 2016;7(4):839S-844S.
115. Toriyama M, Toriyama M, Wallingford JB, Finnell RH. Folate-dependent methylation of septins governs ciliogenesis during neural tube closure. FASEB J. août 2017;31(8):3622-35.
116. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. J Am Diet Assoc. 1 juill 2009;109(7):1266-82.
117. Themes UFO. Structure and Function of the Musculoskeletal System [Internet]. Basicmedical Key. 2016 [cité 14 sept 2020]. Disponible sur: https://basicmedicalkey.com/structure-and-function-of-the-musculoskeletal-system/
118. Wilson RL, Grieger JA, Bianco-Miotto T, Roberts CT. Association between Maternal Zinc Status, Dietary Zinc Intake and Pregnancy Complications: A Systematic Review. Nutrients [Internet]. 15 oct 2016 [cité 2 sept 2020];8(10). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5084028/
119. Revue générale de la fonction thyroïdienne - Troubles endocriniens et métaboliques [Internet]. Édition professionnelle du Manuel MSD. [cité 16 sept 2020]. Disponible sur: https://www.msdmanuals.com/fr/professional/troubles-endocriniens-et-m%C3%A9taboliques/troubles-thyro%C3%AFdiens/revue-g%C3%A9n%C3%A9rale-de-la-fonction-thyro%C3%AFdienne
120. Signorelli D. Cours Grossesse normale et pathologique. 2016.
121. Les infections urinaires chez la femme enceinte - EurekaSanté par VIDAL [Internet]. EurekaSanté. [cité 21 août 2020]. Disponible sur: https://eurekasante.vidal.fr/maladies/reins-

voies-urinaires/infection-urinaire-cystite.html
122. Chen Y-C, Chang C-C, Chiu THT, Lin M-N, Lin C-L. The risk of urinary tract infection in vegetarians and non-vegetarians: a prospective study. Sci Rep [Internet]. 30 janv 2020 [cité 21 août 2020];10. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6992707/
123. Besoins, apports et disponibilité du fer Iron deficiency in France : prevalence and prevention – Académie nationale de médecine | Une institution dans son temps [Internet]. [cité 30 sept 2020]. Disponible sur: http://www.academie-medecine.fr/besoins-apports-et-disponibilite-du-fer-iron-deficiency-in-france-prevalence-and-prevention/
124. Allen LH, Miller JW, de Groot L, Rosenberg IH, Smith AD, Refsum H, et al. Biomarkers of Nutrition for Development (BOND): Vitamin B-12 Review. J Nutr. déc 2018;148(Suppl 4):1995S-2027S.
125. http://www.spinabifida.net/spina-bifida-pictures-images.html/ [Internet]. [cité 5 oct 2020]. Disponible sur: http://www.spinabifida.net/spina-bifida-pictures-images.html/
126. Hypospadias_ant.pdf [Internet]. [cité 2 oct 2020]. Disponible sur: https://www.chirpediatric.fr/upload/documents/fiches_public/Hypospadias_ant.pdf
127. Jensen CL. Effects of n−3 fatty acids during pregnancy and lactation. Am J Clin Nutr. 1 juin 2006;83(6):1452S-1457S.
128. Leger J. Fonction thyroïdienne fœtale et maternelle durant la grossesse et impact cérébral. Ann Endocrinol. 1 oct 2014;75(5):252.
129. Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. J Food Sci Technol. févr 2015;52(2):676-84.
130. La germination | Germline, spécialiste de la germination et de l'alimentation vivante biologique [Internet]. [cité 15 janv 2021]. Disponible sur: http://www.germline.fr//pages/histoire-bienfaits-des-graines-germees/
131. Tout savoir sur la lacto-fermentation, méthode de conservation longue durée [Internet]. La Fourche. [cité 21 janv 2021]. Disponible sur: https://blog.lafourche.fr/tout-savoir-sur-la-lacto-fermentation
132. Petroski W, Minich DM. Is There Such a Thing as "Anti-Nutrients"? A Narrative Review of Perceived Problematic Plant Compounds. Nutrients [Internet]. 24 sept 2020 [cité 21 déc 2020];12(10). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7600777/
133. Baroni L, Goggi S, Battaglino R, Berveglieri M, Fasan I, Filippin D, et al. Vegan Nutrition for Mothers and Children: Practical Tools for Healthcare Providers. Nutrients [Internet]. 20 déc 2018 [cité 7 janv 2021];11(1). Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6356233/
134. Exemples de menus - VegPlate [Internet]. [cité 17 févr 2021]. Disponible sur: https://www.vegplate.info/sample-menus.html
135. Lefebvre C, Nicolas C. Les végétarismes Chez l'enfant, l'adolescent, la femme enceinte et allaitante. L'Harmattan. 2021.
136. Santé M des S et de la, Santé M des S et de la. Qu'est-ce qu'un médicament ? [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé. 2021 [cité 24 mars 2021]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/medicaments/le-bon-usage-des-medicaments/article/qu-est-ce-qu-un-medicament
137. DICOM_Anne.G, DICOM_Anne.G. Compléments alimentaires [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé. 2021 [cité 24 mars 2021]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/denrees-alimentaires/article/complements-alimentaires
138. Résultats de recherche pour [Internet]. VIDAL. [cité 1 févr 2021]. Disponible sur: https://www.vidal.fr/
139. Gynéfam supra GROSSESSE | Complément alimentaire | N°1 chez les gynécologues [Internet]. [cité 1 févr 2021]. Disponible sur: https://www.gynefam.fr/gamme/Gynefam-supra-grossesse
140. femmes_enceintes_recos.pdf [Internet]. [cité 10 févr 2021]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/femmes_enceintes_recos.pdf
141. Methylcobalamin vs. Cyanocobalamin [Internet]. Healthline. 2020 [cité 23 mars

2021]. Disponible sur: https://www.healthline.com/nutrition/methylcobalamin-vs-cyanocobalamin
142. Recommandations Anémie ferriprive de l'adulte [Internet]. VIDAL. [cité 12 févr 2021]. Disponible sur: https://www.vidal.fr/
143. Li N, Zhao G, Wu W, Zhang M, Liu W, Chen Q, et al. The Efficacy and Safety of Vitamin C for Iron Supplementation in Adult Patients With Iron Deficiency Anemia: A Randomized Clinical Trial. JAMA Netw Open. 2 nov 2020;3(11):e2023644.
144. La vitamine D [Internet]. France Culture. [cité 2 avr 2021]. Disponible sur: https://www.franceculture.fr/emissions/revolutions-medicales/la-vitamine-d
145. NUT2013SA0240Ra.pdf [Internet]. [cité 4 avr 2021]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2013SA0240Ra.pdf
146. Archive du Service Commun de la Documentation de l'Université de Nantes [Internet]. [cité 2 avr 2021]. Disponible sur: http://archive.bu.univ-nantes.fr/pollux/show.action?id=6e4d2e26-656a-4004-895c-5f33bcf763f4
147. Excipients: What are the general considerations for vegan patients? [Internet]. SPS - Specialist Pharmacy Service. [cité 17 févr 2021]. Disponible sur: https://www.sps.nhs.uk/articles/excipients-what-are-the-general-considerations-for-vegan-patients/
148. Which oral vitamin D products are suitable for people with vegetarian or vegan diets? [Internet]. SPS - Specialist Pharmacy Service. [cité 17 févr 2021]. Disponible sur: https://www.sps.nhs.uk/articles/which-vitamin-d-preparations-are-suitable-for-a-vegetarian-or-vegan-diet/
149. Hever J, Cronise RJ. Plant-based nutrition for healthcare professionals: implementing diet as a primary modality in the prevention and treatment of chronic disease. J Geriatr Cardiol JGC. mai 2017;14(5):355-68.

**UNIVERSITÉ DE NANTES** **Année de la soutenance : 2021**

**Nom - Prénoms :** MANCIAUX Chloé

**Titre de la thèse :** Impact du régime alimentaire des végans sur la grossesse et rôle du pharmacien d'officine

**Résumé de la thèse :**

En 2016, la communauté végétarienne en France est estimée à 2% de sa population et la végétalienne représente moins de 0,5%, mais ces chiffres sont susceptibles d'augmenter car la France baisse sa consommation de viande chaque année depuis 1990. Les marchés végétariens et végans français augmentent considérablement d'une année sur l'autre, et le mouvement végan suscite un intérêt croissant. Les personnes véganes suivent un régime végétalien, exclusivement composé de végétaux. Ils excluent donc de leur alimentation toute chair animale, ainsi que tout produits issus de l'animal (produits laitiers, œufs, miel). Dans les pays occidentaux, la diminution la consommation des produits issus de l'animal est principalement motivée par le bien-être animal, l'écologie ou la santé. Le végétarien ou végétalien serait plutôt jeune, entre 18 et 34 ans, cadre ou étudiant, et urbain. Ce régime touche également plus de femmes d'où la réflexion suivante : quel impact pourrait avoir un régime végétalien pendant la grossesse ? Une alimentation à base de plantes riche est considérée comme bonne pour la santé. Cependant, les risques dus à des carences nutritionnelles ne doivent pas être sous-estimés pendant cette période où les besoins nutritionnels sont accrus afin de créer la vie.

L'objectif de cette thèse est d'évaluer si le régime alimentaire végétalien permet d'atteindre les recommandations nutritionnelles spécifiques aux femmes enceintes. Elle traitera du régime alimentaire végétalien dans la population générale, évaluera les nutriments susceptibles d'être en déficit par rapport au régime omnivore, et évaluera les effets bénéfiques ou néfastes sur la santé de la population végane. Seront ensuite abordés les impacts positifs et négatifs de ce régime alimentaire pendant la grossesse. Enfin, ce travail apportera des solutions et des outils aux pharmaciens d'officine ou autres professionnels de santé afin de répondre au mieux aux besoins de leurs patientes végétaliennes enceintes et plus largement à leurs patients végans.

**MOTS CLÉS :** REGIME ALIMENTAIRE, VEGETALIEN, VEGAN, NUTRIMENTS, VITAMINES, MINERAUX, CONCEPTION, GROSSESSE, CARENCES, ALIMENTS, COMPLEMENTS ALIMENTAIRES, CONSEILS NUTRITIONNELS

**JURY :**
PRÉSIDENT : M. Christophe OLIVIER, MCU de Toxicologie
ASSESSEURS : M. Guillaume ANDRE, Docteur en Pharmacie chargé de cours en nutrition appliquée, Directeur de thèse
Mme Bénédicte RENAUD-CHOLLET, Docteur en Pharmacie

Adresse de l'auteur : 6 rue des Bougrenets 44210 Sainte-Marie sur mer