



Marie Josèphe Amiot

Coordonnatrices

Véronique Coxam

Florence Strigler

Les
phytomicro-
nutriments

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

Chez le même éditeur

Des plantes et des plants – Nutrition et sensorialité

Arvy M.-P., 2012

Polyphénols et procédés

Collin S., Crouzet J. (sous la direction de), 2011

Atlas de poche de nutrition

Biesalski H.K., Grimm P., 2010

Encyclopédie des vitamines – Du nutriment au médicament

Guilland J.-C., Lequeu B., 2009

L'équilibre nutritionnel

Concepts de base et nouveaux indicateurs : le SAIN et le LIM

Darmon M., Darmon N., 2008

Lécithine, métabolisme et nutrition

Chanussot F., 2008

Aliments fonctionnels

Collection Sciences et techniques agroalimentaires

Roberfroid M.B., Coxam V., Delzenne N. (coord.), 2^e éd., 2008

Comportements et consommations alimentaires en France

Hebel P. (coord.), Crédoc, 2007

Nutrition et santé cardiovasculaire

Sciences des aliments vol. 29, n° 3-4, 2010

Sucre, sucreries, chocolat, quelle place ?

Sciences des aliments vol. 27 n° 4-5, 2007

Direction éditoriale : Emmanuel Leclerc

Édition : Chantal Arpino

Fabrication : Estelle Perez

Couverture : Isabelle Godenèche

Mise en pages : Atelier SMB



© LAVOISIER, 2012

ISBN : 978-2-7430-1417-9

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code pénal art. 425).

Préface

La parution de ce nouveau document, dans l'esprit des dossiers scientifiques de l'Institut Français pour la Nutrition (IFN) aujourd'hui intégré au Fonds français pour l'alimentation et la santé, est l'aboutissement d'une démarche de longue haleine pour clarifier une question difficile, d'un intérêt scientifique certain, et qui a reçu un intérêt médiatique croissant.

Microconstituants végétaux, voici en effet une appellation évocatrice : des plantes d'abord, avec tout le cortège implicite d'images champêtres d'une nature bienfaisante ; mais aussi de vertus cachées avec ce qualificatif de « micro » qui renvoie au secret alchimique de propriétés occultes et donc, oserait-on dire « forcément », tellement plus puissantes. Dans une époque en proie à bien des peurs et incertitudes quant à son alimentation, l'idéalisation symbolique de la nature, qu'elle emprunte ou non la voie du bio, a une valeur rassurante. Du reste nos grands-mères le disaient bien qui vantaient les vertus des simples, mais aussi du chou ou de la queue de cerise pour préserver notre santé.

Et puis voici que la science vient ajouter, en qualifiant ces microconstituants de « bioactifs », une sorte de validation. Bioactifs ! Vous voyez bien qu'ils sont actifs. Ils le sont en effet, mais le mot est heureux ; on le sent favorable, positif. Les voici parés d'un beau nom scientifique, fleurant bon le grec ancien et sa référence hippocratique : « phytomicronutriments ». Même la publicité s'en mêle, de la cosmétique à l'alimentaire, on nous vante les vertus antioxydantes de ces microconstituants végétaux. Les choses peuvent paraître simples. En effet quelle image facile que celle d'un organisme rouillé dont on effacerait l'oxydation d'un coup d'antirouille, naturel de surcroît !

Mais la nature n'est pas si simple. Elle recèle des substances bénéfiques et des poisons puissants, et bien des molécules ubiquistes capables du meilleur comme du pire selon les doses et les circonstances. Les microconstituants végétaux sont pour beaucoup d'entre eux des outils de défense du végétal contre un agresseur. Mais ces substances ont-elles les mêmes propriétés dans un organisme animal, notamment humain ? Les propriétés antioxydantes établies à l'échelle d'une culture

cellulaire ont-elles encore une pertinence dans le contexte de l'alimentation et d'un organisme entier. Ces très nombreuses molécules sont-elles présentes de manière reproductible dans nos produits alimentaires ? Ont-elles des propriétés homogènes, sont-elles biodisponibles, ont-elles réellement des effets sur les fonctions de l'organisme, dans quelles conditions ?

Le sujet est immense, difficile, et c'est tout le mérite de cet ouvrage que d'avoir tenté de clarifier, ordonner et expliquer l'état des connaissances. L'enthousiasme pour le naturel est sympathique. Cependant il faut savoir se défier des illusions et évaluer les bénéfices mais aussi les risques éventuels selon l'usage qui pourrait être fait des propriétés des microconstituants. Je remercie tous les auteurs et plus particulièrement les trois coordinatrices de l'ouvrage : nos collègues Marie Josèphe Amiot et Véronique Coxam, pour avoir accepté cette tâche délicate qu'elles ont menée à terme avec une grande compétence ; Florence Strigler, secrétaire générale de l'IFN, pour la constance avec laquelle elle a entretenu les liens entre tous les intervenants jusqu'à l'achèvement de cet ouvrage qui fournit un point à date sur les connaissances disponibles.

Jean-Paul Laplace
Président d'honneur de l'IFN

Liste des auteurs

Marie Josèphe Amiot

INRA, UMR 1260
Nutrition Obésité et
Risque Thrombotique
INSERM, UMR 1062
Aix-Marseille Université
27, boulevard Jean Moulin
13385 Marseille cedex 5

Pierre Astorg

Nutrition et Régulation Lipidique
des Fonctions Cérébrales INRA UR 909
78352 Jouy-en-Josas cedex

Pascale Barberger-Gateau

INSERM U897
Épidémiologie de la nutrition
et des comportements alimentaires
Université Bordeaux Segalen
33076 Bordeaux cedex

Catherine Bennetau-Pelissero

Université de Bordeaux
Bordeaux Science-Agro
1, cours du général de Gaulle
33175 Gradignan
INSERM U862 « Physiopathologie
de la Plasticité Neuronale »
Université Bordeaux Ségalen
33077 Bordeaux

Éric Birlouez

Consultant et enseignant en histoire
et sociologie de l'alimentation
Epistème
10, rue de la Paix
75002 Paris

Patrick Borel

INRA, UMR 1260
Nutrition Obésité et Risque
Thrombotique
INSERM, UMR 1062
Aix-Marseille Université
27, boulevard Jean Moulin
13385 Marseille cedex 5

Lionel Bretillon

UMR 1324 INRA, 6265 CNRS
Équipe Œil et Nutrition
Université de Bourgogne
21065 Dijon

Lucile Bruchet

UEN-CRNH Auvergne
Nutravita
7, allée Pierre de Fermat
63170 Aubière

Aurélie Caille

CHU Clermont-Ferrand
UEN-CRNH Auvergne
58, rue Montalembert
BP 321
63009 Clermont-Ferrand cedex 1

Marie-Chantal Canivenc-Lavier

Centre des Sciences du Goût
et de l'Alimentation
UMR 1324 INRA, 6065 CNRS
Université de Bourgogne
17, rue Sully BP 85610
21065 Dijon cedex

Louis Cara

Avantage Nutrition Laboratoire
Grand Luminy Technopôle – case 922
Luminy Entreprises
163, avenue de Luminy
13288 Marseille cedex 09

Lydie Combaret

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
63122 Saint Genès-Champanelle
Université Clermont 1, UFR Médecine,
63000 Clermont-Ferrand
CRNH Auvergne
63009 Clermont-Ferrand

Véronique Coxam

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
63122 Saint Genès-Champanelle
Université Clermont 1, UFR Médecine,
63000 Clermont-Ferrand
CRNH Auvergne
63009 Clermont-Ferrand

Dominique Dardevet

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
63122 Saint Genès-Champanelle
Université Clermont 1, UFR Médecine,
63000 Clermont-Ferrand
CRNH Auvergne
63009 Clermont-Ferrand

Marie-Jeanne Davicco

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
63122 Saint Genès-Champanelle
Université Clermont 1, UFR Médecine,
63000 Clermont-Ferrand
CRNH Auvergne
63009 Clermont-Ferrand

Monique Ferry

UMR U557 INSERM, U1125 INRA,
EA3200 CNAM, Université Paris 13
CRNH Ile-de-France
UFR SMBH Paris 13
74, rue Marcel Cachin
93017 Bobigny

Mariette Gerber

INSERM
Centre de Recherche en Cancérologie
CRLC – Val d'Aurelle,
34298 Montpellier cedex 5

Thierry Giardina

Université Aix-Marseille
Institut des Sciences Moléculaires
de Marseille
iSm2/BiosCiencs UMR-CNRS 7313,
Faculté des Sciences
13397 Marseille cedex 20

Aude Hyardin

ENSAIA-INPL
Laboratoire Unité de Recherche
Animale et Fonctionnalités des Produits
Animaux
Nancy-Université
54500 Vandœuvre

Claudine Junien

INRA Biologie du Développement
et Reproduction
UVSQ Université Versailles Saint-
 Quentin
UMR INRA-ENVA 1198
Domaine de Vilvert
78352 Jouy-en-Josas cedex

Christine Lafforgue

Université Paris Sud 11
Unité de Dermopharmacologie
et Cosmétologie
Faculté de Pharmacie
5, rue Jean-Baptiste Clément
92290 Châtenay-Malabry cedex

Jean-François Landrier

INRA, UMR 1260
Nutrition Obésité et Risque
Thrombotique
INSERM, UMR 1062
Aix-Marseille Université
27, boulevard Jean Moulin
13385 Marseille cedex 5

Sophie Layé

INRA, UMR 1286 CNRS
Psychoneuro-immunologie
Nutrition et Génétique PsyNuGen
Université Bordeaux Segalen
33076 Bordeaux

Alain Margotat

INRA, UMR 1260
 Nutrition Obésité et Risque
 Thrombotique
 INSERM, UMR 1062
 Aix-Marseille Université
 27, boulevard Jean Moulin
 13385 Marseille cedex 5

Ambroise Martin

Faculté de Médecine Lyon-Est,
 Université Claude Bernard Lyon I
 8, avenue Rockefeller
 69373 Lyon cedex 08

Christine Morand

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
 63122 Saint Genès-Champanelle
 Université Clermont I, UFR Médecine,
 63000 Clermont-Ferrand
 CRNH Auvergne
 63009 Clermont-Ferrand

Laurent Mosoni

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
 63122 Saint Genès-Champanelle
 Université Clermont I, UFR Médecine,
 63000 Clermont-Ferrand
 CRNH Auvergne
 63009 Clermont-Ferrand

Corinne Moundras

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
 63122 Saint Genès-Champanelle
 Université Clermont I, UFR Médecine,
 63000 Clermont-Ferrand
 CRNH Auvergne
 63009 Clermont-Ferrand

Gilbert Peres

Université Pierre et Marie Curie
 Paris VI
 Laboratoire de Physiologie et Médecine
 du Sport
 Faculté de médecine site Pitié-
 Salpêtrière
 91, boulevard de l'Hôpital
 75013 Paris

Josette Perrier

Université Aix-Marseille
 Institut des Sciences Moléculaires
 de Marseille
 iSm2/BiosCiencias UMR-CNRS 7313,
 Faculté des Sciences
 13397 Marseille cedex 20

Sylvie Rabot

INRA, UMR 1319 « Micalis »
 78350 Jouy-en-Josas

Catherine MGC Renard

INRA, Université d'Avignon et des Pays
 du Vaucluse,
 UMR 408 Sécurité et Qualité
 des Produits d'Origine Végétale
 84000 Avignon

Céline Riollet

INRA, UMR 1260
 Nutriment Lipidiques et Prévention
 des Maladies Métaboliques
 Campus Santé de la Timone
 Université Aix-Marseille I et II
 27, boulevard Jean Moulin
 13385 Marseille cedex 5

Marie-Hélène Siess

INRA, Services déconcentrés d'appui
 à la recherche
 84000 Avignon

Muriel Thomas

INRA, UMR 1319 « Micalis »
 78350 Jouy-en-Josas

Pierre Verdellat

58, avenida Maestro Falla
 080870 Sitges (Valpineda)
 Espagne

Yohann Wittrant

INRA, UMR 1019 Nutrition Humaine,
 63122 Saint Genès-Champanelle
 Université Clermont I, UFR Médecine,
 63000 Clermont-Ferrand
 CRNH Auvergne
 63009 Clermont-Ferrand

Remerciements

Les auteurs remercient infiniment Monsieur Alain Margotat de l'Unité Nutrition, Obésité et Risque Thrombotique de Marseille pour sa précieuse contribution dans les illustrations et la relecture des textes.

Table des matières

Préface (<i>Jean-Paul Laplace</i>)	III
Liste des auteurs	V
Introduction à la notion de phytomicronutriments (<i>Marie Josèphe Amiot et Véronique Coxam</i>)	1

Première partie

Contexte sociologique de l'intérêt des phytomicronutriments

Chapitre 1

Vers un nouveau retour du végétal ? (<i>Éric Birlouez</i>)	7
1. L'histoire des végétaux est caractérisée par l'alternance de périodes au cours desquelles ces aliments furent tour à tour valorisés ou, au contraire, dédaignés	7
2. Fruits, légumes, légumes secs, céréales complètes : des niveaux de consommation inférieurs aux recommandations nutritionnelles	9
3. L'amorce d'un nouveau retour du végétal dans les assiettes	10
4. Réhabiliter ces facteurs de santé dans l'assiette du mangeur	11

Chapitre 2

Pour les Français, la santé du corps et de l'esprit passe par le végétal (<i>Éric Birlouez</i>)	13
1. La quête de santé : une tendance de plus en plus lourde	13
1.1. Vieillir, tomber malade, souffrir... sont des risques devenus intolérables	14
1.2. La préoccupation de soi	14
1.3. La santé, nouvelle religion des sociétés post-industrielles ?	15

2. La santé est au bout de la fourchette	15
3. Le végétal et le frais, synonymes de naturalité et de santé	16
4. Le prix des fruits et des légumes frais : l'arbre qui cache la forêt	17
5. Pourquoi payer un « don de la Nature » ?	18

Deuxième partie

Données générales sur les phytomicronutriments

Chapitre 3

Classification et intérêt des phytomicronutriments

<i>(Marie Josèphe Amiot)</i>	21
1. Classification	21
1.1. Les terpénoïdes	21
1.2. Composés phénoliques	23
1.3. Alcaloïdes et composés soufrés	24
2. Intérêt	25

Chapitre 4

Sources, consommation et principaux facteurs de variation

des phytomicronutriments *(Catherine MGC Renard, Aude Hyardin et Pierre Verdellet)*

	27
1. Sources et consommation des phytomicronutriments	27
1.1. Remarque sur les teneurs publiées	27
1.2. Remarques sur les quantités consommées publiées	28
1.3. Vue globale des sources de phytonutriments	28
1.4. Source et consommation journalière des polyphénols	29
1.5. Polyphénols spécifiques	30
1.6. Caroténoïdes	32
1.7. Glucosinolates	34
1.8. Phytostérols	34
2. Principaux facteurs de variation	35
2.1. Sources de variation biologique d'ordre physiologique et génétique	35
2.1.1. Variations physiologiques	35
2.1.2. Variations génétiques	36
2.2. Sources de variations biologiques d'ordre agronomique et environnemental	37
2.2.1. Effet des facteurs de l'environnement	37
2.2.2. Effet des techniques et modes de culture au sens large	38
2.3. Variations dans la conservation et la transformation	39
2.3.1. La conservation du végétal vivant incluant l'épluchage : première et quatrième gammes	40

2.3.2. Impact du traitement thermique : deuxième et cinquième gammes	41
2.3.3. La conservation par le froid : troisième gamme	43
2.3.4. Autres procédés incluant les procédés innovants	44
Conclusion	45
Références bibliographiques	46

Chapitre 5

Biodisponibilité et métabolisme des phytomicronutriments

(Christine Morand, Sylvie Rabot, Muriel Thomas, Marie-Hélène Siess et Patrick Borel)

	49
Introduction	49
1. Les phytomicronutriments hydrophiles : les glucosinolates	50
1.1. Métabolisme dans la lumière du tube digestif	50
1.1.1. Dans la partie proximale du tube digestif : action de la myrosinase végétale	50
1.1.2. Dans la partie distale du tube digestif : action du microbiote intestinal	51
1.2. Absorption et métabolisme entérocytaire	52
1.3. Métabolisme post-absorptif, distribution tissulaire et élimination	52
1.4. Conclusion	53
2. Les phytomicronutriments lipophiles	53
2.1. Les caroténoïdes et les phytostérols	53
2.1.1. Métabolisme dans la lumière du tube digestif	53
2.1.2. Absorption et métabolisme entérocytaire	54
2.1.3. Transport sanguin post-prandial	55
2.1.4. Distribution tissulaire	55
2.1.5. Catabolisme	55
2.2. Les sulfures d'allyle	56
2.2.1. Métabolisme et absorption	57
2.2.2. Élimination	58
3. Les polyphénols	58
3.1. Absorption	59
3.1.1. Cas des formes glycosylées	59
3.1.2. Cas des polymères	59
3.1.3. Cas des esters	60
3.1.4. Catabolisme par le microbiote colique	60
3.2. Métabolisme	61
3.3. Transport intestinal	61
3.4. Formes circulantes	62
3.5. Distribution tissulaire	62
3.6. Catabolisme	62
3.7. Quelques données de biodisponibilité chez l'Homme	63
3.8. Conclusion	64
Conclusion générale	64
Références bibliographiques	65

*Troisième partie***Modes d'action des phytomicronutriments***Chapitre 6***Introduction aux modes d'action des phytomicronutriments***(Véronique Coxam et Marie Joséphe Amiot)* 73*Chapitre 7***Principes généraux de la fonctionnalité des phytomicronutriments***(Jean-François Landrier)* 75

1. Les actions physico-chimiques des phytomicronutriments 77
2. Les effets antibactériens des phytomicronutriments 77
3. Les phytomicronutriments, des piègeurs d'espèces réactives de l'oxygène. 78
 - 3.1. Les composés phénoliques 78
 - 3.2. Les terpénoïdes 79
 - 3.3. Les composés organosulfurés 79
4. Les effets antioxydants indirects et anti-inflammatoires des phytomicronutriments 81
 - 4.1. NF- κ B 81
 - 4.1.1. Les composés phénoliques 82
 - 4.1.2. Les terpénoïdes 82
 - 4.1.3. Les composés organosulfurés 82
 - 4.2. Nrf2 83
 - 4.2.1. Les composés phénoliques 83
 - 4.2.2. Les terpénoïdes 83
 - 4.2.3. Les composés organosulfurés 84
 - 4.3. MAP kinases 84
 - 4.3.1. Les composés phénoliques 85
 - 4.3.2. Les terpénoïdes 86
 - 4.3.3. Les composés organosulfurés 86
 - 4.4. AhR 87
 - 4.4.1. Les composés phénoliques 87
 - 4.4.2. Les terpénoïdes 87
 - 4.4.3. Les composés organosulfurés 88
5. Effets des phytomicronutriments sur les voies de signalisation en amont des facteurs de transcription NF- κ B, Nrf2, MAPK ou AhR 88
6. Les effets des phytomicronutriments sur les récepteurs nucléaires RAR, RXR et ER 88
 - 6.1. Les composés phénoliques 90
 - 6.2. Autres molécules 90
 - 6.3. Les terpénoïdes 90
7. Les effets des phytomicronutriments sur le métabolisme du cholestérol ... 90

7.1. Effets des phytomicronutriments sur la synthèse endogène du cholestérol	90
7.1.1. Les composés phénoliques	91
7.1.2. Les composés organosulfurés	91
7.2. Effets des phytomicronutriments sur l'efflux entérocytaire du cholestérol	91
7.2.1. Les terpénoïdes	92
8. Autres mécanismes de l'expression génique	92
Conclusion générale	93
Références bibliographiques	93

Chapitre 8

Phytomicronutriments et épigénétique (Claudine Junien)	99
Introduction	99
1. Épigénétique	100
2. Programmation au cours du développement	101
3. Les gènes à l'épreuve de l'environnement tout au long de la vie	103
4. Phytomicronutriments et modifications/altérations de l'épigénome	104
Conclusion	107
Références bibliographiques	110

Quatrième partie

Phytomicronutriments et physiopathologie

Chapitre 9

Phytomicronutriments et microbiote intestinal (Josette Perrier et Thierry Giardina)	117
Introduction	117
5. Structures générales des phytomicronutriments alimentaires	118
6. Phytomicronutriments et effets biologiques	120
7. Métabolisme des phytomicronutriments et microbiote colique	122
8. Effets des phytomicronutriments sur le microbiote colique	123
9. Conversion microbienne des phytomicronutriments et biodisponibilité	124
Conclusion	127
Références bibliographiques	128

Chapitre 10

Phytomicronutriments et syndrome métabolique (Céline Riollet, Jean-François Landrier et Marie Joséphe Amiot)	133
1. La pathogenèse du syndrome métabolique	134

2. Les effets des phytomicronutriments sur le syndrome métabolique	137
2.1. Les composés phénoliques	137
2.1.1. Les acides phénoliques	137
2.1.2. Les composés phénoliques flavonoïdes	137
2.1.3. Le resvératrol et la curcumine : deux phénols à fort potentiel	140
2.2. Les terpénoïdes	141
2.2.1. Les caroténoïdes	141
2.2.2. Les phytostérols	141
2.3. Les composés organosulfurés	142
Conclusion	142
Références bibliographiques	143

Chapitre 11

Phytomicronutriments et pathologies oculaires (<i>Lionel Bretillon et Patrick Borel</i>)	147
1. Les mécanismes impliqués dans l'étiologie de la dégénérescence maculaire liée à l'âge et de la cataracte	148
2. Phytomicronutriments et œil	150
2.1. Les caroténoïdes présents dans l'œil humain	150
2.2. Mécanismes d'action des caroténoïdes au niveau oculaire	151
2.3. Quelle réalité entre caroténoïdes, DMLA et cataracte chez l'Homme ?	152
2.4. Les composés phénoliques	154
Conclusion	154
Références bibliographiques	155

Chapitre 12

Phytomicronutriments, fonctions cognitives et maladies neuro- dégénératives (<i>Pascale Barberger-Gateau, Sophie Layé et Pierre Astorg</i>)	159
1. Les mécanismes impliqués dans l'étiologie de la pathologie et leurs relations avec l'état nutritionnel	160
1.1. Physiopathologie de la maladie d'Alzheimer	160
1.2. Rôle du stress oxydant	160
1.3. Rôle des processus neuro-inflammatoires	161
1.4. Alimentation et démence : place des phytomicronutriments	161
2. Effets des microconstituants contenus dans les végétaux	162
2.1. Caroténoïdes	162
2.2. Polyphénols phyto-œstrogènes : isoflavones, lignanes	163
2.3. Autres flavonoïdes	163
2.4. Fruits et légumes	164
2.5. Vin, polyphénols du vin, resvératrol	165
2.6. Curcumine	166
2.7. Caféine	166

Conclusion	167
Références bibliographiques	167

Chapitre 13

Phytomicronutriments et mémoire (<i>Catherine Bennetau-Pelissero</i>) . . .	171
1. Contexte	171
2. Le processus de mémorisation	172
3. Effets des œstrogènes sur la mémoire	173
4. Les effets des micronutriments à effets œstrogéniques complets sur la mémoire	174
4.1. Études chez l'homme	175
4.2. Études chez l'animal	176
4.3. Les données cellulaires et subcellulaires	176
5. Effet des flavonoïdes non apparentés aux effets œstrogéniques	177
Références bibliographiques	178

Chapitre 14

Phytomicronutriments et prévention de l'ostéoporose (<i>Véronique Coxam, Marie-Jeanne Davicco</i>)	183
1. Éléments de contexte	183
2. Place de la nutrition dans la prévention de l'ostéoporose	184
3. Mécanismes impliqués dans l'étiologie de l'ostéoporose et rôle des phytomicronutriments	185
3.1. Problématique de la carence hormonale et rôle des phyto-œstrogènes	185
3.2. Problématique de l'inflammation à bas bruit et du stress oxydant et rôle des polyphénols	188
3.2.1. Caroténoïdes	189
3.2.2. Polyphénols	189
3.2.3. Terpènes	192
Conclusion	192
Références bibliographiques	192

Chapitre 15

Phytomicronutriments et sarcopénie (<i>Dominique Dardevet, Laurent Mosoni et Lydie Combaret</i>)	197
1. Altérations musculaires observées au cours du vieillissement	197
1.1. Fonction vasculaire	198
1.2. Régénération musculaire	198
1.3. Défaut d'anabolisme postprandial au cours du vieillissement	198
1.3.1. Régulation de la protéosynthèse	199
1.3.2. Défaut de régulation de la protéolyse ubiquitine (Ub)-protéasome dépendante	200

2. Autres altérations observées avec le vieillissement	200
2.1. Statut inflammatoire à bas bruit	200
2.2. Stress oxydant	201
3. Rôle des antioxydants alimentaires	202
Conclusions	204
Références bibliographiques	205

Chapitre 16

Phytomicronutriments et prévention de l'athérosclérose

<i>(Christine Morand)</i>	207
Introduction	207
1. Mécanismes impliqués dans l'étiologie de l'athérosclérose	207
1.1. Genèse de la plaque	208
2. Phytomicronutriments et prévention de l'athérogenèse	209
2.1. Données épidémiologiques	209
2.2. Effets des phytomicronutriments sur l'oxydation des LDL	210
2.2.1. Rôle des LDL oxydées dans l'athérogenèse	210
2.2.2. Effet des polyphénols	210
2.2.3. Effet des caroténoïdes	211
2.3. Effet des phytomicronutriments sur la fonction endothéliale	212
2.3.1. Dysfonctionnement endothélial et pathologies cardio-vasculaires	212
2.3.2. Impact des polyphénols	212
2.3.3. Impact des caroténoïdes	213
2.4. Effet des phytomicronutriments sur la fonction plaquettaire	213
Conclusion	213
Références bibliographiques	214

Chapitre 17

Phytomicronutriments et prévention des cancers *(Pierre Astorg et Mariette Gerber)*

	215
1. Introduction : fruits et légumes et cancers	215
2. Caroténoïdes	220
2.1. Études épidémiologiques d'observation	221
2.2. Études d'intervention	222
2.3. Discussion : bilan et perspectives	223
3. Composés spécifiques des crucifères : glucosinolates, isothiocyanates, indoles	225
3.1. Études épidémiologiques d'observation	225
3.2. Études expérimentales	226
3.2.1. Modulation du métabolisme des cancérigènes	226
3.2.2. Interaction avec l'action des œstrogènes	227
3.2.3. Autres mécanismes	227
3.3. Études d'intervention	228

3.3.1. Biodisponibilité et métabolisme	228
3.3.2. Modulation des enzymes du métabolisme des xénobiotiques et des hormones	228
3.3.3. Effets sur des paramètres intermédiaires	228
3.4. Conclusion et perspectives	229
4. Flavonoïdes (autres que phyto-œstrogènes)	229
4.1. Études épidémiologiques d'observation	229
4.2. Études expérimentales	230
4.3. Études d'intervention	231
4.4. Conclusion et perspectives	231
5. Phyto-œstrogènes	232
5.1. Introduction.	232
5.2. Études épidémiologiques d'observation	233
5.3. Études expérimentales	234
5.4. Études d'intervention	235
5.5. Conclusion et perspectives	236
Références bibliographiques	237

Chapitre 18

Phytomicronutriments et santé dentaire (Yohann Wittrant)	241
Introduction.	241
1. La dent et ses constituants	241
2. Les pathologies dentaires	243
2.1. La carie.	243
2.2. La plaque dentaire	243
2.3. Les maladies parodontales	244
3. La micronutrition végétale et la santé dentaire	244
3.1. Les pigments	244
3.2. Les alcaloïdes	245
3.3. Les polyphénols	245
3.4. Les polyols	246
Conclusions	247
Références bibliographiques	247

Chapitre 19

Phytomicronutriments, peau et phanères (Christine Lafforgue)	251
1. La peau : un organe à part entière.	251
2. Les phanères.	253
3. Impact et fonction des phytomicronutriments	253
4. Les polyphénols et les caroténoïdes	254
5. Les phytostérols	255
6. Perspectives et conclusion.	256
Références bibliographiques	256

Cinquième partie

Risques et bénéfices des phytomicronutriments

Chapitre 20

Risques et bénéfices du β-carotène (Pierre Astorg)	261
Références bibliographiques	262

Chapitre 21

Risques et bénéfices des phyto-œstrogènes (Marie-Chantal Canivenc-Lavier et Catherine Bennetau-Pelissero)	263
Introduction	263
1. Définition d'un phyto-œstrogène et effets œstrogéniques	264
1.1. Définition et identification d'un phyto-œstrogène	264
1.2. Cibles cellulaires des phyto-œstrogènes	265
1.2.1. Effets génomiques	266
1.2.2. Effets non-génomiques	266
2. Exposition : sources, apports et potentiel d'action des phyto-œstrogènes	267
2.1. Diversité structurale et distribution	267
2.2. Traditions alimentaires et « novel foods »	268
2.2.1. En Asie	269
2.2.2. Dans les pays de culture méditerranéenne	269
2.2.3. En Occident et dans les pays industrialisés	270
2.3. Potentiel œstrogénique	270
3. Données épidémiologiques : niveaux d'imprégnation et « santé »	271
3.1. Protection des maladies cardiovasculaires	271
3.2. Action sur les phénomènes liés à la ménopause	271
3.3. Effets sur l'ostéoporose	272
3.4. Impact sur les cancers hormonaux	272
3.5. Impact sur les fonctions de reproduction	274
3.5.1. Chez l'homme	274
3.5.2. Chez les femmes	274
3.5.3. Chez l'enfant et les nourrissons	275
3.5.4. Chez le mâle	275
3.6. Effets anti-allergéniques du soja	276
3.7. Obésité et diabète	276
4. Données expérimentales et risques émergents	277
4.1. Effets doses et fenêtres d'exposition	277
4.2. Phyto-œstrogènes et comportement	277
4.3. Faibles doses et multi-exposition	278
Conclusion	278
Références bibliographiques	279

Chapitre 22

Risques et bénéfices des phytostérols (Marie Joséphe Amiot)	285
Introduction.	285
1. Sources alimentaires de phytostérols	286
2. Effets sur le taux de cholestérol	286
3. Absorption des phytostérols	287
4. Enjeux réglementaires et précautions	288
Conclusion	289
Références bibliographiques	290

Chapitre 23

Phytomicronutriments et sportifs (Gilbert Peres et Louis Cara)	293
1. Effets des phytomicronutriments sur les paramètres de l'activité physique.	294
1.1. Caféine et APS	294
1.2. Polyphénols et APS	295
1.3. Caroténoïdes et APS	296
1.4. Cas des plantes, feuilles et racines	296
1.5. Cas des baies et autres fruits	296
1.6. Cas des algues	296
1.7. Cas du cacao	296
1.8. Quels mélanges ergogènes de phytomicronutriments ?	297
2. Bilan des cibles des phytomicronutriments en vue d'une politique d'administration personnalisée	297
Références bibliographiques	298

Chapitre 24

Phyto-œstrogènes et ménopause (Corinne Moundras, Marie-Jeanne Davicco et Véronique Coxam).	301
Introduction.	301
1. Ménopause : symptômes vasomoteurs (mécanismes)	301
2. Symptômes associés à la ménopause et phyto-œstrogènes	304
2.1. Conclusions de l'Afssa/Afssaps (2005)	304
2.2. Études d'intervention (depuis 2005)	305
2.2.1. Publications décrivant un effet significatif.	305
2.2.2. Travaux n'ayant pas mis en évidence une protection	307
2.3. Méta-analyses et revues (publiées après 2005)	307
2.3.1. Existence d'un effet potentiel	307
2.3.2. Aucun effet.	312
3. Maladies cardiovasculaires	316
3.1. Conclusions de l'Afssa/Afssaps (2005)	318
3.2. Études d'intervention (depuis 2005)	319
3.2.1. Publications décrivant un effet significatif.	319

3.2.2. Aucun effet.	320
3.3. Revues de la littérature (publiées après 2005)	321
4. Ostéoporose.	321
4.1. Conclusions de l'Afssa/Afssaps (2005)	322
4.2. Études d'intervention (depuis 2005)	322
4.3. Revues de la littérature (publiées après 2005)	323
5. Fonctions cognitives et humeur	326
5.1. Études d'intervention (depuis 2005)	326
5.1.1. Publications décrivant un effet significatif.	326
5.1.2. Aucun effet.	327
5.2. Revues de la littérature (publiées après 2005)	328
6. Sécurité de l'utilisation des phyto-œstrogènes	328
6.1. Cas du cancer du sein	328
6.2. Recommandations de l'Afssa (2005)	329
6.3. Études prospectives.	330
6.4. Revues et méta-analyses.	331
6.5. Cas particulier des lignanes	333
6.6. Mécanismes d'action des phyto-œstrogènes.	334
7. Effets indésirables	335
7.1. Recommandations de l'Afssa (2005)	336
7.2. Études cliniques.	337
7.3. Revues et méta-analyses.	338
Conclusion	339
Références bibliographiques	339

Chapitre 25

Phytomicronutriments et sujets âgés (Monique Ferry et Mariette Gerber).	347
1. Le vieillissement et ses conséquences.	348
1.1. Modification des besoins énergétiques.	348
1.2. Modification de l'appétit	348
1.3. Modification du goût	348
1.4. Modification de la denture	348
1.5. Modification des fonctions digestives	349
1.6. Modification des métabolismes	349
1.6.1. Modification glucidique.	349
1.6.2. Modification protidique	349
1.6.3. Modification hydrique	349
2. La dénutrition	350
2.1. Fréquence	350
2.2. Causes	350
2.2.1. Causes des déficits d'apports	350
2.2.2. Augmentation des besoins, due à l'âge, mais aussi aux pathologies	352
3. Valeur pronostique de la dénutrition protéino-énergétique	354

3.1. Quelle place pour les phytomicronutriments dans ce schéma ?	354
3.2. Quels phytomicronutriments ?	354
Conseils pratiques	357
Références bibliographiques	357

Chapitre 26

Les polyphénols dans nos menus (Aurélie Caille et Lucile Bruchet) . . . 361

Tout d'abord, quelle quantité de polyphénols est-il nécessaire de consommer chaque jour ?	361
Mais notre consommation en polyphénols varie-t-elle d'une saison à l'autre ?	363
Comment peut-on optimiser nos menus pour faire le plein de polyphénols ?	365

Chapitre 27

Couleurs, phytomicronutriments et santé (Marie Joséphe Amiot et Alain Margotat) 369

Références bibliographiques	370
---------------------------------------	-----

Conclusion

Le chemin est encore long pour les phytomicronutriments... (Ambroise Martin) 371

1. La sécurité des substances et leur addition aux aliments	372
2. Le discours santé	372
3. La caractérisation de la substance	374
4. La caractérisation de l'effet	375
5. La justification de l'allégation	375
Conclusion	375
Références bibliographiques	376

Formules chimiques des principaux phytomicronutriments. 377

Index 381

Introduction à la notion de phytomicronutriments

Marie Joséphe Amiot et Véronique Coxam

Des données épidémiologiques, ainsi que des travaux expérimentaux chez l'animal et chez l'Homme, indiquent que la consommation de fruits, de légumes et de produits dérivés est associée à la réduction du risque de plusieurs pathologies dégénératives, notamment du risque cardiovasculaire et d'incidence de certains cancers et de maladies neurodégénératives. Cette protection est principalement attribuée aux fibres, vitamines et minéraux. Mais les végétaux renferment aussi une grande variété de composés, dépourvus de valeur nutritionnelle *sensu stricto*, les phytomicronutriments, pour lesquels de nombreux travaux établissent qu'ils pourraient avoir également un effet bénéfique pour notre santé, d'où la tendance actuelle au retour du végétal dans nos assiettes (première partie).

Les phytomicronutriments appartiennent à des familles de molécules présentant des structures très diverses, tels que les terpénoïdes (dont les terpènes, triterpènes, phytostérols, saponines et caroténoïdes), les polyphénols (dont les flavonoïdes), les composés organosulfurés ou nitrogénés, les iridoïdes et autres (co-enzyme Q10, bétacyanines, chlorophylles). Toutes ces substances issues du métabolisme secondaire des végétaux sont rapportées dans la figure 1 et sont présentées dans la deuxième partie.

Ces microconstituants jouent un rôle important dans les stratégies de défense des plantes vis-à-vis des possibles agressions de l'environnement. Les composés phénoliques sont connus comme des métabolites s'accumulant chez les végétaux en réponse à un stress. Dans certains cas, on leur a attribué le nom de phytoalexines, substances se formant après l'attaque de pathogènes ou d'insectes. Ainsi, le resvératrol est un stilbène de structure phénolique se formant dans la baie de raisin après une attaque fongique (*Botrytis*) et se retrouve dans le vin.

Ces composés peuvent moduler les systèmes de régulation des mammifères, car beaucoup d'entre eux présentent des analogies structurales de nos molécules endogènes (hormones, constituants membranaires...). Ainsi, compte tenu du rôle possible de ces substances des végétaux sur la santé humaine et du fait de leur

présence dans l'alimentation, il est admis par la communauté scientifique de les nommer phytomicronutriments, même si leur intérêt potentiel n'a pas encore été traduit en recommandations. En effet, aucun apport nutritionnel conseillé (ANC) n'a été établi.

En fait, chaque jour, nous consommons une multitude de ces composés apportés par tous les aliments et boissons d'origine végétale : fruits, légumes, légumineuses, céréales, épices et plantes aromatiques, chocolat, jus de fruits, café, thé, tisanes, sans oublier les boissons alcoolisées comme le vin et la bière. Des évaluations montrent des apports très différents selon les classes de molécules. Nous consommons environ 1 g de polyphénols par jour, 200 mg de phytostérols et seulement 3 mg de caroténoïdes non provitaminiques A. Toutefois, pour une classe de phytomicronutriments donnée, les quantités ingérées varient selon les sources végétales, mais aussi en fonction de la variété, du stade physiologique de la plante, du climat (lumière, température), des pratiques culturales (fertilisation, irrigation), des conditions de conservation après la récolte de stockage, et des pratiques culinaires (produit frais, ou cuit, séché...).

Si les effets sur la santé de ces phytomicronutriments sont bien évidemment liés à la consommation, ils dépendent avant tout de leur biodisponibilité, qui, pour un nutriment, peut être définie comme la quantité active au niveau du tissu cible. Ce paramètre dépend de la structure du phytomicronutriment, de la matrice alimentaire dans laquelle il se trouve, de la manière dont on l'ingère (en particulier des interactions avec les composants du repas), de nos gènes, de notre âge... Cette complexité liée à la biodisponibilité est détaillée dans le chapitre dédié à cette problématique du métabolisme.

Après une analyse des différents modes d'action (agents antibactériens, antioxydants, anti-inflammatoires, protecteurs de l'ADN, normalisateurs de la fonction endothéliale ou hypocholestérolémiantes, modulateurs épigénétiques) (troisième partie), la quatrième partie détaille la fonctionnalité de ces phytomicronutriments. Leurs bénéfices ont été ainsi proposés pour la physiologie digestive, la prévention de pathologies nutritionnelles (syndrome métabolique), des maladies oculaires et neurologiques, des anomalies de la fonction cognitive. Ces molécules sont également étudiées dans le cadre de la prise en charge de l'ostéoporose, de la sarcopénie, de la prophylaxie de l'athérosclérose et des cancers. En outre, leurs implications dans la santé dentaire et sur la qualité de la peau et des phanères sont discutées. Toutefois, si ces molécules présentent des bénéfices santé, il ne faut pas exclure les risques potentiels associés à leur consommation : intrinsèques à la molécule (alcaloïdes...), liés à leur surconsommation (effet pro-oxydant des caroténoïdes...), liés à l'aliment/boisson vecteur (polyphénols et alcool dans le vin). La cinquième partie est consacrée aux risques/bénéfices de quelques exemples : le β -carotène, les phyto-oestrogènes et les phytostérols.

La sixième partie aborde ensuite l'impact de ces substances dans des populations spécifiques : sportifs, femmes ménopausées et personnes âgées.

Au regard des données actuelles, la septième partie illustre le calcul de la composition en phytomicronutriments dans des « menu-type » à partir de tables de composition (phenolexplorer, phenobase). Il exploite la possibilité de repérer les phytomicronutriments dans les aliments sur la base de leur couleur.

Cet ouvrage résulte d'un travail collectif initié par l'Institut Français pour la Nutrition (IFN). Il tente de répondre aux questionnements scientifiques posés, dans le double contexte de transitions nutritionnelles et du vieillissement de la population, par une analyse de la place du végétal, et plus particulièrement des phytomicronutriments, dans la quête de santé du consommateur. Toutefois, le chemin est encore long avant l'obtention de recommandations nutritionnelles, voire d'allégations santé pour ces molécules.

Cet ouvrage répond aux questionnements scientifiques posés sur les effets biologiques des phytomicronutriments (polyphénols, phytostérols, caroténoïdes, glucosinolates...), dans le double contexte de transition nutritionnelle et du vieillissement de la population, et dans le cadre du rôle potentiel de notre alimentation dans la gestion de notre santé.

Fruit d'un travail collectif initié par l'Institut français pour la nutrition (IFN), **Les phytomicronutriments** présentent :

- une classification des différentes familles de phytomicronutriments ;
- les principaux facteurs de variation influant sur les quantités ingérées et sur leur biodisponibilité, car les effets santé des phytomicronutriments dépendent de leurs niveaux de consommation et de leur biodisponibilité ;
- leur fonctionnalité puis leur impact au sein de populations spécifiques (femmes ménopausées, sportifs et personnes âgées) ;
- les bénéfiques/risques de quelques classes de molécules, les plus étudiées : phyto-œstrogènes, phytostérols et caroténoïdes ;
- une illustration de la composition en phytomicronutriments dans des menus types et la possibilité de les repérer dans les aliments sur la base de la couleur de ces derniers.

Cet ouvrage s'adresse aux scientifiques, aux professionnels de l'industrie alimentaire, aux professionnels de la santé, aux enseignants et aux étudiants dans le domaine de la nutrition et de la santé.

Marie Josèphe Amiot

directrice de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), est directrice adjointe de l'unité Nutrition, obésité et risques thrombotiques et travaille depuis plus de vingt-cinq ans sur les phytomicronutriments.

Véronique Coxam

directrice de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), est directrice adjointe de l'unité Nutrition humaine spécialisée dans la prévention nutritionnelle des pathologies métaboliques et dégénératives liées au vieillissement.

Florence Strigler

a été pendant vingt ans secrétaire générale de l'Institut français pour la nutrition. Depuis 2011, elle est responsable de la coordination scientifique au Fonds français pour l'alimentation et la santé.

www.lavoisier.fr



978-2-7430-1417-9