



# Aliments fonctionnels dans un système alimentaire sain et durable

VÉRONIQUE COXAM, JEAN-MICHEL CHARDIGNY  
Coordonnateurs



**L**avoisier  
TEC & DOC

## SCIENCES & TECHNIQUES AGROALIMENTAIRES (STAA)

**Directrice de collection** : Marie-Noëlle Bellon-Fontaine, professeur, AgroParisTech (Massy)

**Membres du conseil scientifique :**

Thierry Bénézech, directeur de recherche, INRA (Villeneuve d'Ascq)

Véronique Bosc, maître de conférences, AgroParisTech (Massy)

Pascal Garry, chercheur, Ifremer (Nantes)

Christophe Hermon, directeur régional du pôle Ouest du CTCPA (Nantes)

Jean-Louis Multon, président de la Société scientifique d'hygiène alimentaire (SSHA, Paris)

Murielle Naïtali, maître de conférences, AgroParisTech (Massy)

### Dans la même collection

*Risques chimiques liés aux aliments- Principes et applications*, par V. CAMEL, G. RIVIÈRE, B. LE BIZEC, 2018

*La chaîne de la viande bovine – Production, transformation, valorisation et consommation*, M-P ELLIES-OURY, J-F HOCQUETTE, 2018

*Les algues alimentaires : bilan et perspectives*, J. FLEURENCE, 2018

*Les 7 fonctions de l'emballage*, P. DOLE Patrice, 2018

*Risques microbiologiques alimentaires*, par M. Naïtali, L. Guillier, F. Dubois-Brissonnet (coord.), 2017

*Conception hygiénique de matériel et nettoyage-désinfection pour une meilleure sécurité en industrie agroalimentaire*, par M.-N. Bellon-Fontaine, T. Bénézech, K. Boutroux, C. Hermon (coord.), 2016

*Traité pratique de droit alimentaire*, par J.-L. Multon, H. Temple, J.-L. Viruëga (coord.), 2013

*La couleur des aliments – De la théorie à la pratique*, par M. Jacquot, P. Fagot, A. Voilley (coord.), 2012

*Science et technologie de l'œuf – Production et qualité, volume 1*, par F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J.-L. Thapon † (coord.), 2010

*Science et technologie de l'œuf – De l'œuf aux ovoproduits, volume 2*, par F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J.-L. Thapon † (coord.), 2010

*Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires*, 4<sup>e</sup> éd., par B. de Reynal, J.-L. Multon (coord.), 2009

*Évaluation sensorielle – Manuel méthodologique*, 3<sup>e</sup> éd., par F. Depledt, SSHA (coord.), 2009

**Retrouvez tous les titres de la collection sur notre site : [editions.lavoisier.fr](http://editions.lavoisier.fr)**

**Pour plus d'informations sur nos publications :**



**SCIENCES & TECHNIQUES**

**AGROALIMENTAIRES**



COORDONNÉ PAR  
VÉRONIQUE **COXAM**  
JEAN-MICHEL **CHARDIGNY**

# Aliments fonctionnels dans un système alimentaire sain et durable

**L***avoisier*  
**TEC & DOC**

[editions.lavoisier.fr](http://editions.lavoisier.fr)

*Direction éditoriale* : Jean-Marc Bocabeille  
*Édition* : Fabienne Roulleaux – Concept Éditions  
*Couverture* : STDI  
*Composition* : STDI, Lassay-Les-Châteaux  
*Impression* : ISIPRINT

## PRÉFACE

---

Rédiger la préface de la 3<sup>e</sup> édition du livre consacré aux aliments fonctionnels est pour moi un grand honneur et, en même temps, source d'émotion et de fierté en voyant que cette œuvre se poursuit. Mais c'est aussi avec joie que je constate que cette version ouvre une nouvelle perspective dans la conception même de son objet. Elle marque donc un nouveau départ.

La 1<sup>re</sup> édition a vu le jour à la suite de l'action concertée financée par l'union européenne intitulée « FUFOSÉ » pour « Functional Food Science in Europe ». En clôture de cette recherche, une conférence de consensus, réunissant des chercheurs académiques et industriels ainsi que des experts des administrations publiques nationales et européenne, avait entériné une définition du concept d'alimentation fonctionnelle affirmant que :

*« par le biais de la nutrition il est possible de contrôler et moduler des fonctions de l'organisme en vue de les optimiser de façon à maintenir un état de bien-être et de santé et de réduire le risque de maladies ».*

C'est donc l'esprit de cette définition qui a largement inspiré son contenu et le choix des auteurs. Elle a connu un succès de librairie qui a justifié une réédition à laquelle j'ai été heureux de pouvoir associer Nathalie Delzenne et Véronique Coxam. Si elle a largement confirmé les choix éditoriaux précédents, cette 2<sup>e</sup> édition a cependant déjà, souvent en filigrane, répercuté plusieurs questionnements que suscitait le concept initial appelant, ainsi de nouvelles idées. Le concept même d'alimentation fonctionnelle n'a en effet jamais cessé d'évoluer sans doute pas toujours pour le meilleur !

Au moment de la parution de cette 3<sup>e</sup> édition je remercie sincèrement Véronique Coxam d'avoir accepté de poursuivre ce projet. En y associant son collègue Jean-Michel Chardigny, elle lui a donné une impulsion concrétisée par une mise en perspective dans un système alimentaire sain et durable ce qui renouvelle et approfondit toute la thématique. Ensemble ils ont convaincu une trentaine de leurs collègues de les rejoindre. Cette nouvelle « équipe » propose aux lecteurs un large contenu scientifique d'une grande qualité scientifique et souvent source d'idées nouvelles.

Ce qui m'a frappé, mais aussi me réjouit, dans cette nouvelle version, c'est l'accent mis sur l'approche « holistique » de l'alimentation que propose l'introduction. Cela pourrait paraître contraster avec les deux premières éditions dont, en grande partie, le contenu de la plupart des chapitres pourrait être caractérisé de « réductionniste ». En effet, comme l'écrit A. Fardet, ils développaient, prioritairement, « *des recommandations nutritionnelles basées sur un concept mécanique du corps humain considéré comme une "machine"* ». Dans cet esprit l'aliment a, souvent, été réduit à « *une somme de nutriments fractionnés en ingrédients parfois isolés puis reconstitués* ». Considérant « *l'alimentation comme modulatrice de la santé* », l'approche plus globale, qui est proposée, se veut inclusive de sa complexité et de ses dimensions physiologiques, psychologiques, socio-économiques, culturelles, hédonistes, environnementales... Mais finalement ne doit-on pas reconnaître qu'elle invite à revenir à l'esprit qui a inspiré la définition rappelée ci-dessus invitant à un retour aux fondamentaux ?

Je m'inscris donc pleinement dans cette vision porteuse d'avenir et de renouveau pour le concept de la fonctionnalité non pas des aliments mais bien, et c'est essentiel, de l'alimentation qui, comme l'affirme l'extension du titre, doit, y compris pour être fonctionnelle, être saine et durable comme discuté dans le chapitre signé Catherine Esnouf.

J'aimerais cependant, pour terminer cette préface, proposer d'aller un pas plus loin dans cette réflexion en explorant la possibilité de distinguer « alimenter » et « nourrir », « alimentation » et « nourrissage ». Cette proposition trouve son origine dans la lecture, il y a quelques années déjà, d'un livre du philosophe et sinologue François Julien intitulé « Nourrir sa vie » (Seuil 2005) inspiré du « *Zhuangzi* », un texte de l'antiquité chinoise écrit par *Zhouang Zhou* (-370/-280). Son sujet concerne le « *principe du nourrissage vital* ». Pour expliquer le titre de son ouvrage, l'auteur écrit : « *Le point de départ (de mon écriture) m'est donné ici par une expression chinoise des plus familières 'nourrir sa vie'. Elle échappe à la grande scission du corps et de l'âme, comme aussi des sens propre ou figuré, à travers laquelle la culture européenne s'est si puissamment formée. (...) Car, en tirant sur le fil du nourrissage vital, je vois se défaire peu à peu la trame de nos oppositions catégorielles : non seulement celle du psychique et du somatique mais aussi la rupture de plans que nous avons institués entre le vital, le moral et le spirituel. L'enjeu ne devient-il pas alors de récupérer, au creux du verbe "nourrir" (...), la capacité à "nourrir sa vie" (...) en l'affranchissant de la pression du sens, (...), en affinant et décantant le vital en soi, de sorte qu'il soit porté à son plein régime ?* ». C'est cette dernière phrase, en forme d'interrogation, qui a, particulièrement éveillé ma curiosité et alimenter ma réflexion. Celle-ci m'a conduit d'une part à proposer de réserver le terme « alimentation » pour ce qui relève foncièrement de la satisfaction des besoins physiques et physiologiques et d'autre part à penser en termes de « nutrition » ou mieux de « nourrissage » quand il s'agit, « *non seulement [de] restaurer [mes] forces à mesure [que je] les dépenses, [mais] d'entretenir et de déployer ce potentiel de vie dont je suis investi, d'en nourrir la "quintessence"* ». Poursuivant sa réflexion, le penseur chinois écrit en effet : « *Pour penser ce "nourrir" il faut concevoir ce qui peut transcender (cette) forme physique et la vitaliser, l'énergétiser sans pour autant s'en dissocier* ».

Mon hypothèse est que, c'est dans cette voie qui combinerait les deux concepts « alimentation » d'une part et « nourrissage vital » d'autre part que se trouve notre véritable pouvoir de moduler nos pratiques et, sans doute aussi nos recherches pour préserver la santé mais aussi la renforcer tout en abordant, dans une perspective réellement constructive, les drames de la faim et de la malnutrition.

Je vous souhaite une bonne lecture. Puisse-t-elle vous être utile et profitable. Mais surtout puisse-t-elle susciter en vous de nouvelles interrogations, de nouveaux projets et vous conduire à de nouvelles pratiques personnelles qui, seules, nous font progresser.

**M. ROBERFROID**

Professeur émérite Université Catholique de Louvain, Belgique

## LISTE DES AUTEURS

---

**Marie Josèphe Amiot-Carlin**

Directrice de recherche ; INRA ; UMR MOISA, Montpellier

**Marie Bodinier**

Chargée de recherche ; INRA, UR BIA, Nantes

**Grégory Bouchaud**

Chargée de recherche ; INRA, UR BIA, Nantes

**Céline Bonnet**

Directrice de recherche ; INRA - Toulouse School of Economics

**Stanislas Bruley des Varennes**

PUPH, CHU Nantes, Service Hépatogastro-Entérologie & Assistance Nutritionnelle ; INSERM 1235

**Martine Champ**

Directrice de recherche honoraire ; INRA

**Emilie Chanséaume-Bussière**

PhD Consultante Nutrition ; Nutrifizz, Clermont-Ferrand

**Jean-Michel Chardigny**

Directeur de recherche ; INRA, Direction du Partenariat et du Transfert pour l'innovation, Paris

**Véronique Coxam**

Directrice de recherche ; INRA, Département Alimentation Humaine, Clermont-Ferrand

**Emilie Dalle**

Chargée de veille Nutrition ; Nutrifizz, Clermont-Ferrand

**Dominique Dardevet**

Directeur de recherche ; INRA, UMR de Nutrition Humaine, Clermont-Ferrand

**Dominique Darmaun**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, CHU Nantes

**Corinne Delamaire**

Chargée de projets et d'expertise en santé publique ; Santé publique France, Paris

**Mélanie Deschasaux**

Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle – EREN (U1153 Inserm U1125 Inra Cnam Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité

**Vincent Dochez**

Praticien Hospitalier, CHU Nantes

**Hédia El Ourabi**

Professeure de marketing, Département de marketing et SI, École de Gestion, Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), Canada.

**Catherine Esnouf**

Directrice Scientifique Adjointe honoraire ; INRA, Paris

**Anthony Fardet**

Chargé de recherche ; INRA, UMR de Nutrition Humaine, Clermont-Ferrand

**Monique Ferry**

Médecin gériatre honoraire ; Inserm/Université Paris 13

**Céline Gryson**

PhD Consultante Nutrition ; Nutrifizz, Clermont-Ferrand

**Fabienne Guillon**

Directeur de recherche ; INRA, UR BIA, Nantes

**Céline Jouteux**

Diététicienne, EIRL Céline Jouteux, NutriValem, Nantes

**Jean-Michel Lecerf**

Médecin nutritionniste, Chef du Service Nutrition et activité physique ; Institut Pasteur Lille

**Irène Margaritis**

Professeur des Universités, Direction d'évaluation des risques, Anses, Maisons Alfort

**Caroline Martineau**

Diététicienne, cadre de santé ; CHU Toulouse-Rangueil

**Catherine Michel**

Chargée de recherche ; INRA, UR BIA, Nantes

**Anne Morise**

Coordinatrice scientifique ; Anses, Maisons Alfort

**Laurent Mosoni**

Chargé de recherche ; INRA, UMR de Nutrition Humaine, Clermont-Ferrand

**Lionel Noah**

Global Medical Lead-Nutritionals ; Consumer Healthcare, Sanofi

**Patricia Parnet**

Directrice de recherche ; INRA, UMR PHAN, Nantes

**Etienne Pouteau**

Global Medical Head-Nutritionals ; Consumer Healthcare, Sanofi

**Didier Remond**

Directeur de recherche ; INRA, UMR de Nutrition Humaine, Clermont-Ferrand

**Vincent Réquillart**

Directeur de recherche ; INRA - Toulouse School of Economics

**Luc Saunier**

Directeur de recherche ; INRA, UR BIA, Nantes

**Louis-Georges Soler**

Directeur de recherche ; INRA, Direction Scientifique Alimentation & Bioéconomie, Paris

**Mathilde Touvier**

Directrice de Recherches Inserm, Centre de Recherche Épidémiologiques et Bio Statistiques de Sorbonne Paris Cité

**Stephane Walrand**

Professeur d'université et praticien hospitalier ; Université Clermont Auvergne & CHU  
Clermont-Ferrand

**Carolina Werle**

Chercheur à l'IREGE ; Université Savoie Montblanc, Grenoble.

**Sandrine Wetzler**

Coordinatrice scientifique ; Anses, Maisons Alfort

**Norbet Winer**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier, Université Nantes & CHU Nantes



# SOMMAIRE

---

Préface .....	V
Liste des auteurs .....	VII

## Introduction

### CHAPITRE 1

<b>Aliments fonctionnels dans un système alimentaire sain et durable</b> .....	3
Jean-Michel Chardigny .....	3
1. Introduction .....	3
2. Durabilité de l'alimentation .....	4
3. Des exemples concrets .....	5

### CHAPITRE 2

<b>Aliments fonctionnels et fonctionnalité de l'alimentation</b> .....	9
Anthony FARDET .....	9
1. Conceptions réductionniste et holistique de l'aliment : vers une nouvelle définition de la fonctionnalité .....	9
2. L'alimentation comme modulatrice de la santé .....	10
3. Approche holistique des modes alimentaires et de leur relation avec les grandes pathologies dégénératives et métaboliques .....	11

### CHAPITRE 3

<b>Les grands principes de l'équilibre alimentaire</b> .....	15
Dr Jean Michel Lecerf .....	15
1. Les outils de la connaissance .....	15
2. Les bases de l'équilibre alimentaire .....	16
3. Quels principes ? .....	20
3.1. Les incontournables .....	21
3.2. Les finalités de l'acte alimentaire .....	22
3.3. Le paysage alimentaire français .....	22
3.4. Quelles recommandations ? .....	23
3.5. Conseils pratiques .....	24
4. Conclusion .....	26

## Principes actifs et fonctionnalité au sein d'aliments complexes

### CHAPITRE 4

<b>Complexité alimentaire, des nutriments à l'aliment</b> .....	31
Anthony FARDET .....	31
1. Introduction .....	31
2. Multifonctionnalité & synergie .....	31
3. L'effet « matrice » .....	33
4. Vers des technologies plus « respectueuses » de l'aliment .....	34

CHAPITRE 5

**Les probiotiques : des bactéries conférant des propriétés fonctionnelles « santé » aux aliments** ..... 39

Muriel Thomas, Philippe Langella ..... 39

1. Introduction ..... 39
2. Définition et rappels historiques sur les probiotiques ..... 39
3. Les probiotiques dans l'alimentation ..... 40
4. Les probiotiques et la réglementation européenne ..... 42
5. Les effets fonctionnels liés aux ferments du yaourt ..... 43
  - 5.1. Allégation santé des ferments du yaourt ..... 43
  - 5.2. Mécanismes d'action des ferments du yaourt sous-tendant l'allégation santé ..... 43
  - 5.3. Ce que nous apprend l'allégation santé du yaourt ..... 43
  - 5.4. Vers de nouvelles allégations santé pour les levains du yaourt ..... 45
6. Les mécanismes d'action des probiotiques ..... 45
  - 6.1. Effet de barrière antipathogènes ..... 46
  - 6.2. Effets immunomodulateurs ..... 46
  - 6.3. Maintien des équilibres de populations de notre microbiote intestinal ..... 46
  - 6.4. Maintien et partenaire de l'homéostasie digestive ..... 46
7. Conclusion et perspectives : sur le chemin de l'innovation pour les probiotiques ..... 47

CHAPITRE 6

**Prébiotiques** ..... 51

Marie BODINIER, Grégory BOUCHAUD, Catherine MICHEL, Martine CHAMP ..... 51

1. Introduction ..... 51
2. L'avènement des prébiotiques ..... 51
3. Impact des prébiotiques sur le système immunitaire ..... 53
  - 3.1. Les études cliniques ..... 53
  - 3.2. Les mécanismes d'action ..... 54
4. Les allégations nutritionnelles et santé concernant les prébiotiques ..... 55
5. Conclusion ..... 56

CHAPITRE 7

**Fibres alimentaires** ..... 57

Martine CHAMP, Stanislas BRULEY DES VARANNES, Mélanie DESCHASAUX, Fabienne GUILLON, Catherine MICHEL, Luc SAULNIER, Mathilde TOUVIER ..... 57

1. Introduction ..... 57
2. Définitions et classifications ..... 58
3. Sources de fibres alimentaires dans l'alimentation humaine ..... 58
  - 3.1. Céréales et produits céréaliers ..... 60
  - 3.2. Légumes secs et autres légumineuses ..... 61
  - 3.3. Fruits et légumes ..... 61
  - 3.4. Concentrats et isolats de fibres alimentaires ..... 62
4. Devenir fermentaire et métabolique des fibres alimentaires (dont les prébiotiques) ..... 62
  - 4.1. La fermentation colique des fibres alimentaires ..... 63
  - 4.2. Fermentescibilité et profil fermentaire des différents types de fibres alimentaires ..... 64
  - 4.3. Devenir des produits de la fermentation colique ..... 64
5. Fibres alimentaires (dont prébiotiques) et microbiote intestinal ..... 65
6. Les fibres alimentaires dans la prévention des maladies chroniques ..... 66
  - 6.1. Les études cliniques ..... 66

6.2. Les mécanismes d'action .....	67
7. Impact des fibres alimentaires chez les patients atteints de diabète de type 2, de surpoids ou d'obésité, de maladies cardiovasculaires .....	68
8. Les fibres alimentaires dans le cadre de la prévention des maladies du tube digestif .....	68
8.1. Les études cliniques .....	68
8.2. Les mécanismes d'action .....	69
9. Impact des fibres alimentaires (incluant les prébiotiques) chez les patients atteints de troubles et maladies gastro-intestinaux .....	69
9.1. Les études cliniques .....	70
9.2. Les mécanismes d'action .....	70
10. Effets antitumoraux des fibres alimentaires .....	70
10.1. Les études épidémiologiques .....	70
10.2. Les mécanismes d'action .....	71
11. Recommandations, consommation et allégations concernant les fibres alimentaires .....	72
11.1. Recommandations concernant la consommation de fibres alimentaires .....	72
11.2. Consommation de fibres alimentaires en France .....	72
11.3. Les allégations nutritionnelles et santé européennes concernant les fibres alimentaires .....	72
12. Conclusion .....	73
 CHAPITRE 8	
<b>Glucides complexes</b> .....	75
Martine CHAMP .....	75
1. Introduction .....	75
2. Définitions et classifications des glucides complexes .....	75
3. Les principales sources d'amidon de l'alimentation .....	76
3.1. Évolution des propriétés des amidons au cours des traitements technologiques .....	76
3.2. Utilisations des amidons purifiés et/ou modifiés en alimentation .....	77
4. Devenir digestif et métabolique de l'amidon et de ses dérivés .....	77
4.1. La digestion de l'amidon et de ses dérivés .....	77
4.2. Absorption et métabolisme du glucose .....	78
5. Biodisponibilité de l'amidon et activité physique .....	78
5.1. Optimisation du stockage de glycogène .....	78
5.2. Les recommandations nutritionnelles concernant les glucides chez les sportifs .....	78
6. Biodisponibilité de l'amidon et maladies chroniques .....	79
6.1. Les études cliniques .....	79
6.2. Les mécanismes d'action .....	80
7. Les allégations concernant les aliments amylicés .....	81
8. Conclusion .....	81
 CHAPITRE 9	
<b>Acides aminés et protéines</b> .....	83
Laurent Mosoni, Dominique Dardevet, Didier Rémond .....	83
1. Le rôle des protéines et des acides aminés dans l'organisme .....	83
1.1. Les protéines .....	83
1.2. Les acides aminés .....	83
2. Les besoins nutritionnels en protéines et en acides aminés .....	86
2.1. Critères d'évaluation des besoins protéiques minimaux .....	87
2.2. Critères d'évaluation des besoins en acides aminés indispensables .....	88
3. La qualité nutritionnelle des protéines alimentaires .....	90

3.1. Critères minimaux .....	90
3.2. Nouveaux critères .....	91
4. Quel équilibre entre protéines animales et protéines végétales dans notre alimentation .....	92
5. Conclusion .....	93

## CHAPITRE 10

### **Futures sources de protéines et de composés bioactifs : insectes, algues et micro-organismes** 95

Samir Mezdour, Catherine Dupré, Dominique Grizeau, Jack Legrand, Gholamreza Djelveh, Philippe Michaud, Marie-Christine Champomier Verges, Anne Perraut .....

1. Introduction .....	95
2. Les protéines, un enjeu majeur pour l'alimentation du futur .....	95
2.1. Rééquilibrer le ratio protéines végétales, protéines animales .....	96
2.2. Au-delà des protéines végétales, des alternatives en émergence .....	96
2.3. Un marché étroitement connecté à celui de l'alimentation animale .....	97
3. Les insectes : microbétail de demain ? .....	97
3.1. Éléments de contexte .....	97
3.2. Les bénéfices en alimentation humaine et animale .....	98
3.3. L'émergence d'une filière industrielle en Europe .....	100
4. Microalgues : l'or vert du futur ? .....	102
4.1. Éléments de contexte .....	102
4.2. Les bénéfices en alimentation humaine .....	103
5. Bactéries, levures, champignons : de super-usines à protéines ? .....	107
5.1. Éléments de Contexte .....	107
5.2. Les substrats .....	107
6. Les micro-organismes .....	108
6.1. Bactéries .....	108
6.2. Levures .....	108
6.3. Champignons .....	109
6.4. Types de fermentation .....	109
6.5. Apports nutritionnels et risques toxicologiques .....	110
7. Conclusion .....	110

## CHAPITRE 11

### **Acides gras, lipides** .....

Jean-Michel Chardigny .....

1. Introduction .....	115
2. Rappel sur les acides gras et leur classification .....	115
3. Les acides gras indispensables .....	116
3.1. L'acide linoléique .....	116
3.2. L'acide $\alpha$ -linoléique .....	116
3.3. L'acide docosahexaénoïque (DHA) .....	117
4. Les sources d'acides gras indispensables .....	117
5. Les apports en acides gras indispensables .....	117
5.1. Les acides linoléique et $\alpha$ -linoléique .....	118
5.2. L'acide docosahexaénoïque .....	118
6. Couvrir les besoins avec des sources durables .....	118
7. Une meilleure biodisponibilité selon les matrices ? .....	119
8. Conclusion .....	119

## CHAPITRE 12

<b>Les phytomicronutriments</b> .....	121
Marie Josèphe Amiot, Véronique Coxam .....	121
1. Introduction .....	121
2. Classification des phytomicronutriments, structures chimiques et principales sources, consommation (Amiot, 2012) .....	122
2.1. Les terpénoïdes .....	124
2.2. Les composés phénoliques .....	125
2.3. Les composés soufrés .....	125
3. Effets biologiques des phytomicronutriments (Amiot <i>et al.</i> , 2012) .....	126
3.1. Les terpénoïdes .....	126
3.2. Les composés phénoliques .....	126
3.3. Les composés soufrés .....	127
4. Conclusion .....	127

## CHAPITRE 13

<b>Phytostérols : des promesses aux résultats</b> .....	129
Anne Morise, Sandrine Wetzler .....	129
1. Introduction .....	129
2. Les phytostérols, un espoir pour les hypercholestérolémiques .....	129
2.1. Qu'est-ce que les phytostérols ? .....	129
2.2. Des 1 <sup>ers</sup> travaux prometteurs .....	131
3. Quinze ans de recul de consommation et toujours des incertitudes .....	133
3.1. Des bénéfiques sujets à une variabilité individuelle .....	133
3.2. Des risques liés à une augmentation de la phytostérolémie à confirmer .....	135
3.3. Quelle résultante pour le risque cardiovasculaire ? .....	137
4. Conclusion .....	138

## CHAPITRE 14

<b>Phyto-œstrogènes</b> .....	143
Catherine Bennetau-Pelissero, Marie-Chantal Canivenc-Lavier .....	143
1. Introduction .....	143
2. Présentation des phyto-œstrogènes et de leurs sources alimentaires .....	144
2.1. Les isoflavones .....	144
2.2. Les lignanes .....	145
3. Description des effets œstrogéniques des phyto-œstrogènes .....	148
3.1. Les isoflavones .....	148
3.2. Les lignanes .....	149
4. Stabilité, métabolisme et biodisponibilité des phyto-œstrogènes .....	149
4.1. Les isoflavones .....	149
4.2. Les lignanes .....	151
5. Risque ou Bénéfices associés à la consommation des phyto-œstrogènes .....	153
5.1. Les isoflavones .....	154
5.2. Les coumestanes .....	156
5.3. Les lignanes .....	156
6. Conclusion .....	156

CHAPITRE 15

<b>Vitamines et minéraux</b> .....	161
Émilie Chanséaume, Céline Gryson, Émilie Dalle .....	161
1. Introduction .....	161
2. Apports Nutritionnels Conseillés et niveaux de consommation .....	162
2.1. Apports Nutritionnels Conseillés en vitamines et minéraux (tableaux 15.I et 15.II) .....	162
2.2. Comment identifier les vitamines et minéraux dont l'apport peut être critique pour une population ? .....	163
2.3. Place des vitamines et minéraux en terme d'objectifs nutritionnels de Santé Publique .....	163
3. Révision des valeurs de référence européennes concernant les apports en vitamines et minéraux .....	164
4. Principaux aliments contributeurs des apports en vitamines et minéraux .....	164
5. Estimation du statut nutritionnel en vitamines et minéraux de la population française .....	165
5.1. Risque d'insuffisance d'apport en vitamines et minéraux .....	165
5.2. Vitamines et minéraux provenant de l'alimentation « enrichie » .....	166
5.3. Vitamines et minéraux provenant de la consommation de compléments alimentaires .....	167
5.4. Risque de dépassement des limites de sécurité .....	167
6. Structure, métabolisme et principales fonctions des vitamines et minéraux .....	168
6.1. Vitamine C .....	168
6.2. Vitamine D .....	169
6.3. Vitamine B6 .....	171
6.4. Vitamine B9 .....	171
7. Calcium .....	172
7.1. Magnésium .....	174
7.2. Fer .....	175
7.3. Sélénium .....	176
8. Comportement des vitamines et minéraux dans l'aliment .....	177
8.1. Intérêt technologique .....	177
8.2. Impact des procédés .....	177
9. Conclusion .....	178

CHAPITRE 16

<b>Structurer l'aliment pour piloter sa déconstruction dans le tube digestif et optimiser la biodisponibilité des nutriments</b> .....	181
Didier Dupont, Steven Le Feunteun, Sébastien Marze, Isabelle Souchon .....	181
1. Introduction .....	181
2. Le processus digestif ou comment transformer un aliment en nutriments assimilables par l'organisme .....	182
3. Pourquoi faut-il comprendre les mécanismes de déconstruction de l'aliment dans le tube digestif ? .....	183
4. La structure de la matrice joue-t-elle un rôle sur la digestion des aliments ? .....	183
5. Quel impact de la structure de l'aliment sur le processus oral et sur les cinétiques de digestion ? .....	186
6. Modélisation du processus digestif - Peut-on prédire l'effet physiologique d'un aliment ? .....	187
7. Ingénierie réverse : intégrer nos connaissances sur la déconstruction de l'aliment pour concevoir des aliments adaptés aux besoins nutritionnels de l'homme .....	188
8. Conclusion .....	189

## Cibles biologiques, de l'alimentation des populations à la nutrition personnalisée

### CHAPITRE 17

<b>Population générale</b> .....	195
Irène Margaritis .....	195
1. Introduction .....	195
2. Définir des valeurs de références .....	195
2.1. Construire des valeurs de références pour les nutriments .....	196
2.2. Besoin nutritionnel moyen .....	197
2.3. Référence Nutritionnelle pour la population .....	197
2.4. Apport satisfaisant .....	197
2.5. Intervalle de référence .....	197
2.6. Limite supérieure de sécurité : évaluation des risques .....	198
2.7. Une référence nutritionnelle pour l'eau .....	198
2.8. Une référence nutritionnelle pour le besoin énergétique .....	198
2.9. Des intervalles de référence pour les macronutriments énergétiques .....	199
2.10. Adapter les références nutritionnelles en Europe .....	200
3. Besoins nutritionnels et apports alimentaires .....	200
3.1. Inadéquations des apports nutritionnels .....	200
3.2. Excès d'apports en nutriments .....	203
4. Enjeux de l'enrichissement des aliments courants .....	203
4.1. Cadre réglementaire de l'enrichissement .....	204
4.2. Contribution de l'évaluation des risques sanitaires .....	205
5. Repères nutritionnels, évaluation des risques sanitaires et offre alimentaire .....	206
5.1. Illustration 1 : effets de l'actualisation des valeurs de référence pour les acides gras .....	206
5.2. Illustration 2 : analyse de l'offre en glucides simples par les pouvoirs publics .....	207
5.3. Illustration 3 : reformulation de produits au regard des teneurs en acides gras <i>trans</i> .....	208
5.4. Illustration 4 : risques liés aux apports sodés et offre alimentaire .....	208
6. Bénéfices des aliments fonctionnels pour la population : le plus est-il le mieux ? .....	209
6.1. Rôle clef de la réglementation européenne .....	209
6.2. Évaluation scientifique de l'allégation santé par l'Autorité européenne .....	210
6.3. Les allégations santé : intérêt et pièges .....	210
6.4. Les allégations santé et leur évaluation posent la question des produits frontières .....	211
6.5. Risque et facteurs de risque .....	211
6.6. L'appui sur les données disponibles et la recherche en nutrition .....	212
7. Conclusion .....	213

### CHAPITRE 18

<b>Populations ayant une dépense énergétique augmentée (activité physique accrue)</b> .....	215
Xavier Bigard, Irène Margaritis .....	215
1. Introduction .....	215
2. Définir le périmètre de notre développement .....	215
3. Modifications des besoins en macronutriments .....	216
3.1. Glucides .....	216
3.2. Protéines .....	216
3.3. Lipides .....	217
3.4. Hydratation .....	218
4. Dépenses énergétiques élevées et besoins en micronutriments .....	219
5. La recherche de bénéfices fonctionnels .....	219

6. Les risques sanitaires .....	220
7. Conclusion .....	221
 CHAPITRE 19	
<b>Les sujets sportifs</b> .....	<b>223</b>
Stéphane Walrand .....	223
1. Introduction .....	223
2. Modification des besoins nutritionnels chez le sujet sportif .....	224
2.1. Les besoins énergétiques .....	224
2.2. Les besoins en macronutriments .....	225
2.3. Les besoins en micronutriments .....	227
3. Compléments et suppléments au cours de la pratique sportive .....	231
4. Conclusion .....	232
 CHAPITRE 20	
<b>Femmes enceintes/Empreinte fœtale</b> .....	<b>235</b>
Norbert WINER, Céline JOUTEUX, Vincent DOCHEZ, Dominique DARMAUN, Martine CHAMP, Patricia PARNET .....	235
1. Introduction .....	235
2. Les besoins nutritionnels de la femme enceinte en bonne santé .....	235
2.1. Modifications liées à la grossesse .....	235
2.2. Besoins en énergie .....	236
2.3. Besoins en macronutriments .....	237
2.4. Boissons .....	240
2.5. Besoins en vitamines et minéraux (lien avec le Chapitre 2.9) .....	240
3. Substances à limiter pendant la grossesse .....	243
3.1. Alcool .....	243
3.2. Caféine .....	244
3.3. Méthylmercure .....	244
3.4. Phyto-œstrogènes (voir Chapitre 2.8) .....	244
3.5. Phytostérols (voir Chapitre 2.7) .....	244
4. Apport des pré/probiotiques pendant la grossesse .....	245
5. Situations particulières .....	245
5.1. Végétariennes, végétaliennes .....	245
5.2. Pathologies métaboliques .....	246
6. Nutriment et empreinte fœtale .....	247
6.1. Qu'est-ce que l'empreinte nutritionnelle ? .....	247
6.2. Quels sont les mécanismes responsables ? .....	247
6.3. Quelles situations nutritionnelles peuvent laisser une empreinte ? .....	248
6.4. Comment prévenir ou corriger l'empreinte nutritionnelle ? .....	248
7. Conclusion .....	248
 CHAPITRE 21	
<b>Enfants</b> .....	<b>251</b>
Emmanuel Mas .....	251
1. Introduction .....	251
2. Définition des besoins chez l'enfant .....	251
2.1. Besoins énergétiques et en macronutriments .....	251
2.2. Autres besoins : quelques exemples .....	255
3. Construction de l'offre .....	256

3.1. Allaitement .....	256
3.2. Diversification alimentaire .....	257
3.3. Alimentation de l'enfant en restauration collective .....	257
3.4. Adéquation/inadéquation d'apports .....	258
4. Questions à résoudre .....	259
4.1. Est-il possible de mieux définir certaines limites ? .....	259
4.2. Rôles du microbiote intestinal .....	260
4.3. Fenêtre d'opportunité (1 000 premiers jours de vie) .....	260
5. Conclusion .....	261
CHAPITRE 22	
<b>Personnes âgées .....</b>	<b>263</b>
Monique Ferry, Véronique Coxam .....	263
1. Introduction .....	263
2. Problématique du vieillissement des populations en quelques chiffres .....	264
3. Alimentation et capital santé de l'Homme .....	264
3.1. La première règle, pister la dénutrition .....	265
3.2. Les bases nutritionnelles pour « mieux vieillir » .....	267
3.3. L'alimentation et l'activité physique sont synergiques .....	269
4. Conclusion .....	269
CHAPITRE 23	
<b>De la médecine « de précision » à la prise en charge médicale holistique personnalisée .....</b>	<b>271</b>
Pr. Yves-Jean Bignon .....	271
1. Introduction : une nouvelle compréhension des maladies .....	271
2. De la médecine « 4P » à la médecine de précision .....	273
2.1. La médecine 4P .....	273
2.2. La médecine de précision .....	274
3. La médecine de précision en France .....	276
3.1. Exemples sélectionnés de médecine de précision et de prise en charge médicale holistique personnalisée .....	276
4. Conclusion : la nutrition dans la médecine de précision .....	280
 <b>Alimentation, santé et comportement du consommateur</b>	
CHAPITRE 24	
<b>Aliments fonctionnels, alimentation et santé : une meilleure alimentation pour tous ? .....</b>	<b>285</b>
Faustine Régnier .....	285
1. Introduction .....	285
2. La satisfaction des besoins alimentaires : quantité, qualité et enjeux sociaux .....	286
2.1. Alimentation, santé et médicalisation .....	286
2.2. Des besoins quantitatifs aux besoins qualitatifs .....	286
2.3. Polarisation sociale et enjeux sociaux .....	287
3. Facteurs sociaux et choix alimentaires .....	287
3.1. Le caractère déterminant des facteurs sociodémographiques .....	287
3.2. Dimensions dynamiques et trajectoires .....	288
3.3. Facteurs culturels .....	288
4. L'alimentation, une question de santé ? D'importants clivages sociaux .....	289
4.1. Une perception différente des recommandations « alimentation/santé » .....	289
4.2. Alimentation et prévention : quatre facteurs explicatifs majeurs .....	290

4.3. L'impact social des messages de l'industrie agro-alimentaire .....	292
5. Conclusion .....	292

CHAPITRE 25

<b>Disparités socio-économiques des consommations alimentaires .....</b>	<b>295</b>
Katia Castetbon, Caroline Méjean .....	295
1. Introduction .....	295
2. Quels indicateurs socio-économiques individuels ? .....	295
3. Position socio-économique et alimentation chez les adultes : études internationales .....	296
3.1. Consommations par groupes d'aliments .....	297
3.2. Apports en nutriments .....	298
3.3. Alimentation de façon globale .....	299
4. Position socio-économique et alimentation chez les enfants et adolescents : études internationales .....	299
4.1. En Europe .....	299
4.2. En Amérique du Nord, Canada et Australie .....	300
5. Position socio-économique et alimentation en France .....	300
5.1. Chez les adultes .....	300
5.2. Chez les enfants et adolescents .....	302
6. Consommations alimentaires dans les populations vulnérables .....	303
6.1. Aspects généraux .....	303
6.2. Populations précaires ou pauvres .....	303
6.3. Populations des territoires d'Outre-Mer .....	304
7. Conclusion .....	305

CHAPITRE 26

<b>Comment prendre en compte les aliments fonctionnels d'un point de vue du comportement du consommateur ? .....</b>	<b>309</b>
Carolina O.C. Werle, Hédia El Ourabi .....	309
1. Introduction .....	309
2. Définition des aliments fonctionnels .....	310
3. Importance du marché des aliments fonctionnels .....	310
4. Comportement des consommateurs à l'égard des aliments fonctionnels .....	310
5. Transmission des messages au consommateur par le biais des allégations santé .....	311
6. Influence de l'allégation santé inscrite sur les étiquettes des aliments fonctionnels sur le comportement du consommateur .....	311
7. Les labels de qualité des aliments fonctionnels : l'effet de halo de santé .....	313
8. Conclusion .....	315

CHAPITRE 27

<b>Connaissance et perception des messages du Programme national nutrition-santé par le grand public .....</b>	<b>317</b>
Corinne Delamaire .....	317
1. Introduction .....	317
2. Les messages du Programme national nutrition-santé et les moyens de diffusion .....	317
3. Évaluer la réception des messages par le grand public .....	318
4. Un niveau de connaissance des messages différent selon les groupes d'aliments et certaines variables sociodémographiques .....	319

5. Un niveau de compréhension et une perception des messages à prendre en compte dans les actions d'information .....	321
6. Face aux messages nutritionnels, des réactions et perceptions très spécifiques chez les enfants .....	322
7. Conclusion .....	323
 CHAPITRE 28	
<b>Compréhension des repères nutritionnels</b> .....	<b>325</b>
Caroline Martineau .....	325
1. Introduction .....	325
2. Ce qui influence la compréhension du consommateur.....	325
2.1. Les représentations du mangeur du lien santé/alimentation .....	325
2.2. Les conseils médicaux.....	326
2.3. Les habitudes alimentaires en France .....	326
2.4. La disponibilité alimentaire .....	327
3. Les différents repères nutritionnels .....	327
4. Quels repères compris par quel consommateur ?.....	328
4.1. La connaissance en nutrition .....	328
4.2. La politique nutritionnelle en France .....	329
4.3. Les critères sociodémographiques .....	329
5. Conclusion .....	329
 CHAPITRE 29	
<b>Un bilan des politiques nutritionnelles</b> .....	<b>331</b>
Céline BONNET, Vincent REQUILLART, Louis-Georges SOLER .....	331
1. Introduction .....	331
2. Étiquetages nutritionnels .....	333
2.1. Quel est l'impact des étiquetages nutritionnels sur la consommation ? .....	333
2.2. Les étiquetages nutritionnels modifient-ils les stratégies des entreprises ? .....	334
3. Campagnes d'information .....	334
3.1. Quel est l'impact des campagnes de promotion des fruits et légumes ? .....	335
3.2. Quel est l'impact des campagnes d'information pour réduire la consommation de sel ? .....	335
4. Régulation publicitaire .....	336
5. Mesures fiscales .....	337
5.1. Quel est l'impact des taxes sur les prix au consommateur ? .....	337
5.2. Quel impact des taxes sur la consommation ? .....	337
6. Agir directement sur la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire .....	338
6.1. Les outils pour inciter à une amélioration de la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire.....	338
6.2. Quels impacts sur la qualité de l'offre alimentaire et en santé publique ? .....	339
7. Conclusion/Perspectives .....	340
 CHAPITRE 30	
<b>Le mangeur face à l'innovation alimentaire</b> .....	<b>343</b>
Éric BIRLOUEZ .....	343
1. Introduction .....	343
2. Les peurs alimentaires ne sont pas récentes.....	344
3. Les raisons de la peur et de la défiance .....	345
3.1. La nouveauté suscite chez le mangeur omnivore un comportement paradoxal, source d'anxiété .....	346

3.2. Depuis les années 1950, ces peurs archaïques ont été réactivées et amplifiées .....	347
4. Une société globalement de plus en plus inquiète et « risquophobe » .....	348
5. L'apport des recherches sur l'acceptabilité sociale des innovations .....	349
6. Le rôle amplificateur d'internet et des réseaux sociaux .....	351
7. Comment réduire les peurs face à l'innovation ? .....	352

#### CHAPITRE 31

<b>Innovation santé et recherche pharmaceutique, perception du monde médical</b> .....	355
Étienne Pouteau, Lionel Noah .....	355
1. Introduction .....	355
1.1. Contexte : un contexte sociodémographique et économique en faveur d'une prise en charge individuelle de la santé .....	355
2. Pour quelle population .....	357
2.1. Consommation de compléments alimentaires en France .....	357
2.2. Les déficiences en vitamines et minéraux dans la population française .....	357
2.3. Des attentes de maintien/amélioration de la santé physique et psychologique .....	359
2.4. Les populations à risque de déficiences en vitamines et minéraux .....	360
2.5. Populations à besoins physiologiques particuliers .....	360
2.6. Populations à risque de maladie .....	361
2.7. Dénutrition du sujet sain et du patient .....	362
3. Recherche en nutrition : du sujet sain au malade .....	363
3.1. La nutrition thérapeutique : des opportunités chez les malades ? .....	363
3.2. Quels challenges ? .....	364
4. Conclusion .....	365

## Aliments fonctionnels, alimentation fonctionnelle en pratique

#### CHAPITRE 32

<b>Le Programme National Nutrition Santé (PNNS) : enjeux, stratégie, impact et perspectives</b> ..	371
Serge Herberg, Chantal Julia .....	371
1. Introduction .....	371
2. Les enjeux de santé publique justifiant la mise en place du PNNS .....	371
3. La stratégie du PNNS .....	372
3.1. Des objectifs nutritionnels de santé publics chiffrés et réévalués dans le temps .....	372
3.2. La mise en place d'actions et de mesures cohérentes et synergiques .....	376
4. Impact du PNNS .....	377
5. Perspectives .....	379

#### CHAPITRE 33

<b>Traduction des références nutritionnelles en repères de consommations alimentaires et politiques nutritionnelles</b> .....	381
Sandrine WETZLER, Anne MORISE .....	381
1. Introduction .....	381
2. Exemples à l'international .....	382
2.1. Le Canada : pays précurseur en matière d'élaboration de recommandations alimentaires .....	382
2.2. L'Europe : que recommande l'EFSA ? .....	384
3. D'un point de vue français .....	385
3.1. Élaboration des recommandations de consommations alimentaires : méthode d'évaluation de type bénéfice-risque ? .....	385

3.2. Données à considérer pour l'élaboration des recommandations de consommation .....	388
4. Quelle utilisation des recommandations nutritionnelles et de consommations par les pouvoirs publics ? .....	392
4.1. Cas du sel .....	392
4.2. Cas de la vitamine D .....	393
5. Conclusion .....	394
 CHAPITRE 34	
<b>Aspects réglementaires .....</b>	<b>397</b>
Ambroise MARTIN .....	397
1. Introduction .....	397
2. Comment choisir le cadre réglementaire applicable ? .....	398
3. Définir précisément l'aliment considéré (Martin, 2013) .....	398
3.1. Définition d'un aliment .....	398
3.2. Définition d'un aliment fonctionnel .....	399
3.3. Autres définitions pertinentes à considérer .....	400
4. Un prérequis obligatoire : la sécurité des produits .....	402
4.1. Les exigences générales de sécurité .....	402
4.2. La sécurité des substances ajoutées aux aliments .....	403
4.3. Les nouveaux aliments .....	403
4.4. Les OGM .....	404
5. L'information délivrée au consommateur .....	404
5.1. Obligations générales .....	404
5.2. Obligations spécifiques pour les compléments alimentaires .....	405
5.3. L'information volontaire .....	405
6. Les allégations nutritionnelles et de santé .....	406
6.1. Définitions et classification des allégations .....	406
6.2. Les allégations nutritionnelles .....	407
6.3. Les allégations de santé .....	407
6.4. Allégations génériques et spécifiques .....	408
6.5. L'évaluation des allégations par l'Efsa .....	408
6.6. Les principes de l'évaluation .....	409
6.7. L'autorisation de l'allégation .....	410
6.8. Les possibilités de recours .....	410
7. Conclusion .....	411
 CHAPITRE 35	
<b>Approche des Bénéfices et Risques des Aliments Fonctionnels .....</b>	<b>413</b>
Marie-Chantal Canivenc-Lavier .....	413
1. Introduction .....	413
2. De la réglementation à l'approche systémique de l'évaluation bénéfique/risque .....	414
2.1. En absence d'un consensus sur la définition de l'aliment fonctionnel .....	414
2.2. Définition d'une stratégie d'approche à l'échelle européenne .....	414
2.3. Limites des modalités d'évaluation et risque pour le consommateur .....	416
3. Évolution des besoins et nouvelles approches de l'évaluation : de l'identification des cibles aux études intégratives .....	418
3.1. Intégration de la diversité d'effets dans l'établissement des preuves épidémiologiques .....	418
3.2. Du concept de xenohormesis aux effets pleiotropiques des phytonutriments .....	419
3.3. Apports des nouvelles technologies dans l'évaluation des effets .....	419
4. Facteurs d'influence de la balance bénéfique-risque .....	420

4.1. Facteurs nutritionnels et biodisponibilité .....	420
4.2. Interactions et effets potentiels d'actions .....	422
4.3. Populations cibles et consommations à risques .....	424
5. De l'évaluation des effets à la gestion du risque .....	425
6. Conclusion .....	426

## Conclusion

### CHAPITRE 36

#### **Aliments fonctionnels éco-conçus pour un système alimentaire durable – Les grands enjeux** 433

Catherine Esnouf .....	433
1. Introduction : le contexte se caractérise par une incertitude croissante et des contraintes en augmentation .....	433
2. Démographie et incertitude .....	433
3. Le défi de la sécurité alimentaire mondiale .....	434
3.1. La sécurité en calories .....	434
3.2. La faim cachée (Maire, B, 2015) .....	435
4. Les pertes et gaspillages .....	437
5. Changement climatique .....	438
6. Impacts des systèmes alimentaires sur l'environnement .....	439
7. Évolution nutritionnelle et enjeux de santé .....	440
8. Accroissement de la circulation des biens et des personnes .....	442
9. Un enjeu social : les inquiétudes croissantes des mangeurs .....	442
10. Conclusion .....	443



Dans un contexte réglementaire contraint et une demande sociale et sociétale en pleine évolution, une refonte complète de l'ouvrage « Aliments fonctionnels » voit le jour. Grâce à la contribution de plus d'une cinquantaine d'experts aux compétences complémentaires, « Aliments fonctionnels » s'enrichit d'approches nouvelles en lien avec la durabilité des systèmes alimentaires.

Ainsi cet ouvrage fournit de multiples pistes de réflexion et de nombreux axes de recherche pour l'innovation alimentaire.

Aux chapitres des précédentes éditions entièrement réactualisés, s'ajoutent des volets illustrant les comportements, les inégalités sociales, la compréhension des

messages, l'acceptabilité des innovations et les enjeux de la durabilité.

Ce livre présente donc des questions nouvelles en lien avec la sécurité alimentaire du consommateur et les perspectives d'évolution de la démographie mondiale.

« Aliments fonctionnels » s'adresse aux ingénieurs en R&D agroalimentaire, aux professionnels de la nutrition et de l'alimentation, de la santé, aux spécialistes du marketing, de l'innovation et de la communication et à tous les acteurs de la sécurité alimentaire.

VÉRONIQUE COXAM et JEAN-MICHEL CHARDIGNY sont Directeurs de Recherche à l'Institut National de la recherche Agronomique.



9 782743 020262

editions.lavoisier.fr