

Chimie et alimentation



Christian Campargue
Margaux Cavailles
Claire A. de March
Romain Joly
Georges Kass
Jean-Michel Lecerf
Gino Mangiante
Bernard Meunier
Verena Poinsot
Philippe Pointereau
Mathis Puech
Hervé This

Coordonné par
Danièle Olivier
et Paul Rigny



edp sciences

Fondation de la Maison de la Chimie

Chimie et alimentation

On le sait, il est vital de bien se nourrir pour rester en bonne santé. Mais l'alimentation est aussi source de plaisir et de convivialité ; de fait, elle a toujours été un enjeu majeur pour l'humanité. Aujourd'hui, celle-ci est confrontée à de nouveaux défis, que la chimie peut aider à relever : d'une part l'accroissement continu de la population mondiale impose de produire plus, d'autre part les aléas climatiques et les problématiques de disponibilité de l'eau compliquent la donne.

Ce livre aborde les questions fondamentales de souveraineté alimentaire et de sécurité sanitaire ; il ouvre également des pistes, issues de la recherche scientifique : les protéines alimentaires, texturants, arômes peuvent ainsi contribuer à l'élaboration de solutions innovantes. Un chapitre est consacré à la cuisine moléculaire.

De la « fourche à la fourchette », toute la chaîne alimentaire est concernée : agriculture, transformation, conservation, préparation, usages, besoins nutritionnels spécifiques… Présentés dans cet ouvrage par des spécialistes de haut niveau, académiques ou industriels, ces axes de travail font bien ressortir l'impact de la recherche actuelle, pour sans cesse s'adapter et optimiser l'alimentation.



9 782759 838745

ISBN : 978-2-7598-3874-5

edp sciences

www.edpsciences.org

Chimie
et alimentation



Cet ouvrage est issu du colloque « Chimie et eau »
qui s'est déroulé le 12 février 2025 à la Maison de la Chimie.

« COLLECTION CHIMIE ET ... »

Collection dirigée par Philippe Gœbel

Président de la Fondation internationale de la Maison de la Chimie

Chimie et alimentation

Christian Campargue, Margaux Cavailles, Claire A. de March, Romain Joly, Georges Kass, Jean-Michel Lecerf, Gino Mangiante, Bernard Meunier, Verena Poinsot, Philippe Pointereau, Mathis Puech, Hervé This

Coordonné par Danièle Olivier et Paul Rigny

edp sciences

Fondation de la Maison de la Chimie

Conception de la maquette intérieure et de la couverture :
EDP Sciences

Crédits couverture :
Images : © Hervé THIS – Adobe Stock : © Ruslan Batiuk –
© Nuttaya Nampai – © veiksme – © Curioso.Photography –
© HadK

Mise en pages et couverture : Christine Porchat
Conception graphique, visuel du colloque : CB Defretin

Imprimé en France

ISBN (papier) : 978-2-7598-3874-5
ISBN (ebook) : 978-2-7598-3875-2

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© 2026 – Fondation de la Maison de la Chimie

Fondation de la Maison de la Chimie
28, rue Saint-Dominique
75007 Paris, France

Ont contribué à la rédaction de cet ouvrage :

Christian Campargue
Directeur des sciences analytiques au centre de recherche de Danone

Margaux Cavailles
Responsable de la création aromatique et du développement stratégique chez MANE

Claire A. de March
Experte en biologie cellulaire et biochimie au service de l'étude de l'olfaction, chargée de recherche au CNRS, Institut de chimie des substances naturelles, Université Paris-Saclay

Romain Joly
Directeur de l'entité des protéines alternatives de la société Roquette

Georges Kass
Ancien expert principal – EFSA (European Food Safety Authority)

Jean-Michel Lecerf
Médecin, spécialiste en endocrinologie, maladies métaboliques et nutrition – Ancien directeur médical et chef du service de nutrition de l'Institut Pasteur de Lille, membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section Alimentation

Gino Mangiante
Expert R&D produits et technologies des hydrocolloïdes chez CARGILL

Bernard Meunier
Directeur de recherche émérite au CNRS, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie nationale de pharmacie

Verena Poinsot
Directrice de recherche première classe CNRS – Centre interuniversitaire de recherche et d'ingénierie des Mmatériaux (CIRIMAT)

Philippe Pointereau
Membre fondateur de l'association Solagro, administrateur de l'AFA (Association française d'agronomie), président de la fondation Terre de Liens et de l'Institut Agro-Campus de Florac

Mathis Puech
Doctorant à l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN, CNRS), sous la direction de Claire de March

Hervé This
Physico-chimiste, directeur du Centre international de gastronomie moléculaire et physique AgroParisTech-INRAE, directeur de la Fondation Science & Culture alimentaire de l'Académie des sciences, membre de l'Académie d'agriculture de France, membre correspondant de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique

Équipe éditoriale :
Danièle Olivier et Paul Rigny

Sommaire

Avant-propos, par **Paul RIGNY** 9
Préface, par **Danièle OLIVIER** 13

Partie 1 : L'alimentation a forgé l'espèce humaine et est indispensable à sa survie

Chapitre 1 : Manger, hier, aujourd'hui, demain... en chimie
par **Hervé THIS** 19

Chapitre 2 : Chimie, biologie, métabolisme : le trio gagnant pour comprendre la nutrition. L'exemple des acides gras
par **Jean-Michel LECERF** 47

Chapitre 3 : La souveraineté alimentaire en France
par **Philippe POINTEREAU** 59

Partie 2 : Bien manger

Chapitre 4 : Quelles sources d'avenir pour les protéines alimentaires ?
par **Verena POINSOT** 87

Chapitre 5 : Les protéines végétales, catalyseurs d'innovation pour une alimentation durable
par **Romain JOLY** 97

Chapitre 6 : Les secrets de l'olfaction – Voyage au cœur du sens de l'odorat
par **Claire A. de MARCH et Mathis PUECH** 109

Chapitre 7 : Les métaux dans l'alimentation : un bienfait ou un danger ?
d'après **la conférence de Bernard MEUNIER** ... 125

Partie 3 : L'industrie alimentaire ne cesse de progresser

Chapitre 8 : La compréhension moléculaire au service d'une alimentation innovante
par **Christian CAMPARGUE** 143

Chapitre 9 : Quand la chimie et les arômes réinventent l'alimentation de demain
d'après **la conférence de Margaux CAVAILLES**... 157

Chapitre 10 : Les texturants, une aide pour la nutrition des seniors
par **Gino MANGIANTE** 169

Chapitre 11 : La sécurité sanitaire des aliments
par **Georges KASS**..... 179

Paul Rigny

Avant-propos

Qu'est-ce qui dérange le simple consommateur de repas dans nos sociétés modernes ? La disponibilité de sa nourriture à un prix raisonnable, d'abord, la qualité de la cuisine qu'on lui prépare ou qu'il se prépare, voilà certainement l'essentiel. Mais il veut aller plus loin : de plus en plus, il considère que santé et alimentation sont indissociables – au point que le mot « bon » a maintenant deux significations intriquées, l'une gustative, l'autre sanitaire ! – et il veut que les aliments soient compatibles avec sa bonne santé. Par ailleurs, il pense toujours fortement à son portefeuille et veut manger bon marché !

Tout cela est tellement évident que nos sociétés se sont efforcées – et sauf situations exceptionnelles –, avec succès, de le satisfaire sur ces exigences considérées comme « élémentaires ». Et ce depuis fort longtemps – qu'on regarde les pratiques si anciennes de la salaison, de la fermentation, etc. : elles sont toujours en exercice.

Et c'est toujours ce cadre qui domine à l'ère de la technique et de la science du XXIe siècle qui a conquis le champ de l'alimentation. Plus précisément, d'abord on veut toujours mieux – meilleur, moins cher, plus varié. L'homme (ou la femme) est ainsi fait. Ensuite, on refuse obstinément tout risque à la santé. Toujours, on a pu déplorer des empoisonnements, à l'échelle individuelle ou, spectaculairement, à celle des épidémies, mais plus la science progresse, plus on la rend responsable de ces malheurs. En troisième lieu, pour l'alimentation comme pour tant de domaines, on souffre de l'explosion démographique ; elle menace la diversité des ressources alimentaires et la rareté de l'eau elle-même qui rendrait la vie impossible sur Terre.

La Maison de la Chimie a organisé en 2013 un premier colloque sur « Chimie et Alimentation » identifiant déjà ces évolutions. Traités de façon responsable par les autorités, les problèmes évoqués ci-dessus étaient déjà identifiés et pris en charge du mieux possible à l'époque. Mais l'histoire s'est accélérée : tous les critères ont bougé et il faut revenir sur le thème dans ce nouveau colloque « Chimie et Alimentation 2025 ».

Le changement climatique et l'explosion de la démographie étaient effectivement perçus il y a dix ans – mais ils n'ont pas assez convaincu. Sous bien des aspects, on est passé de prévisions à des réalisations, de conjectures aux catastrophes : les meilleurs prophètes sont rattrapés par les réalités. Le phénomène scientifique a aussi joué son rôle et a accéléré les prises de conscience : la chimie analytique (appuyée sur l'IA) gagne chaque année considérablement en performances et vient déstabiliser tout ce qui est « analyse de risque » et « modélisations de la nature ». Ces travaux font apparaître des décisions concrètes qu'il ne faut plus repousser, même si elles restent souvent impossibles à comprendre en détail et à mettre en œuvre. Qui prendra l'initiative de l'enfer du choix qui se profile et se matérialise ?

Évolution logique des thématiques entre nos deux colloques sur « Chimie et Alimentation » de 2013 et de 2025 : en douze ans, les priorités se sont affirmées. On parle un peu moins de ce qui se passe dans l'assiette, un peu moins de chimie moléculaire – domaines en pleine vigueur –, un peu plus des ressources agricoles et plus de techniques passées dans ce domaine, du stade projets au stade réalisations pour, par exemple, préserver ce que l'on peut en matière d'eau réutilisable.

Les priorités scientifiques de 2013 sont toujours là mais il s'en ajoute d'autres. Et l'attitude « recherche scientifique exploratoire » se complète par « développement de nouvelles démonstrations pratiques ». Aucun champ de ces études ne doit être ralenti.

On verra dans le présent colloque comment la connaissance des mécanismes intimes de l'alimentation a progressé, et la compréhension de leur prévention et de la disponibilité de nouvelles ressources est devenue réaliste (les arômes, les algues, les métaux rares…). On verra dans tous les domaines l'implication croissante des laboratoires industriels à côté de la recherche académique – signe de leur maturité.

Bien que toutes ces préoccupations soient très anciennes, l'intérêt qu'elles suscitent ne se dément pas. S'agit-il d'un réflexe de peur de la part de nos sociétés ? De confiance dans les capacités croissantes de la science ? Est-ce le début de priorités universelles qui prennent place à côté des querelles purement humaines dont souffrent nos sociétés ?

D'une manière comme d'une autre, les laboratoires de recherche continueront à s'impliquer de plus en plus dans ce thème « Chimie et Alimentation », comme ce sera le cas pour les thèmes qui leur sont reliés que sont l'environnement, la gestion des ressources agricoles ou minières. Les hommes politiques d'autrefois considéraient ces thèmes comme « accessoires », ceux des années qui viennent les réaliseront comme d'importance vitale.

Tous les chapitres issus du présent colloque seront publiés sur le site mediachimie.org

publié par la Fondation de la Maison de la Chimie. L'expérience d'une vingtaine d'années que nous avons sur ce site montre que les chapitres répondent largement aux questions qui intéressent le monde enseignant – fin des classes des lycées et début de l'enseignement supérieur. Tous les lecteurs apprécient de façon concrète l'intérêt de la chimie pour poser, analyser et résoudre pratiquement les problèmes posés par les évolutions si importantes et si rapides de notre civilisation.

Paul Rigny
Conseiller du président de la Fondation de la Maison de la Chimie

Danièle Olivier

Préface

L'alimentation a forgé l'espèce humaine et est étroitement liée à sa survie, à son évolution sanitaire, sociale, économique et culturelle. Ces points fondamentaux sont illustrés par les trois chapitres de la première partie de cet ouvrage.

Hervé This nous montre, à travers la fresque historique « **manger bien, hier, aujourd'hui et demain vu de la chimie** », comment la transformation des aliments et le stockage des denrées, d'abord empiriques, ont évolué d'une merveilleuse manière grâce à la compréhension et à la maîtrise de la chimie de l'alimentation pour développer le plaisir de nos sens et valoriser les nutriments. Mais que mangerons-nous demain quand il y aura dix milliards d'individus à nourrir ?

La nutrition, qui a pour objet de comprendre les mécanismes métaboliques qui permettent à l'organisme de s'adapter en permanence pour satisfaire nos besoins nutritionnels et nous maintenir en bonne santé, est une discipline pluridisciplinaire et complexe dans laquelle la chimie joue un rôle important. **Jean-Michel Lecerf**, à partir des exemples du métabolisme des acides gras (oméga 6 et oméga 3) et du cholestérol, illustre les processus mis en œuvre par l'organisme pour maintenir stables ces équilibres.

La souveraineté alimentaire est un sujet d'actualité sur lequel **Philippe Pointereau** fait le point au niveau national dans un contexte international particulièrement difficile sur les plans environnemental, scientifique et politique. Son exposé est illustré par des données officielles.

La seconde partie « Bien manger » a pour objectif de mieux comprendre les choix nutritionnels, ludiques et sanitaires que nous devons faire.

Bien que les protéines animales contiennent les acides aminés essentiels et les autres nutriments (fer, zinc et vitamine B12) indispensables à notre nutrition et qu'elles présentent un excellent taux de digestibilité, les considérations environnementales, sanitaires et l'accroissement de la demande mondiale imposent la recherche d'alternatives.

Véronique Poinsot fait l'examen des sources d'avenir les plus crédibles pour les

protéines alimentaires et compare insectes, végétaux, levures, champignons filamenteux et microalgues. Elle compare les aspects nutritifs, l'acceptabilité, l'impact et le potentiel de développement à moyen terme.

Parmi les ressources les plus crédibles se trouvent les végétaux, et les protéines végétales sont traitées en détail dans le chapitre de **Romain Joly** qui permet de découvrir ces protéines et expose les développements et innovations réalisés depuis une vingtaine d'années.

Bien manger, c'est manger avec plaisir, et le chapitre de **Claire de March** nous montre l'immense rôle que joue l'olfaction dans ce domaine. À travers « **les secrets de l'olfaction, voyage au cœur du sens de l'odorat** », nous comprenons le fascinant parcours d'une odeur, de sa source à sa perception consciente par notre cerveau, et les mécanismes à la fois chimiques et neurologiques de ce champ d'études en pleine expansion qui mêle la science et l'exploration sensorielle.

Le dernier chapitre de cette seconde partie montre que, malgré leur très faible taux dans notre corps, les métaux jouent un rôle important, et **Bernard Meunier** va faire le point sur la question. Est-ce un bienfait ou un danger ?

Au-delà du rôle connu du fer, nous avons besoin, souvent à l'état de traces, de zinc, de cobalt, de cuivre, de molybdène, de sélénium, regroupés sous l'appellation « oligoéléments ». Il explique comment, grâce à des systèmes de régulation, le corps humain contrôle la concentration de ces oligoéléments alors que nous sommes mal équipés pour éliminer les métaux toxiques comme le plomb et le mercure.

La troisième partie a pour objet, sur quelques exemples donnés par de grands groupes, de montrer que l'industrie alimentaire ne cesse de progresser, avec les besoins d'innovation sous-jacents et les perspectives d'avenir pour les jeunes.

Christian Campargue, pour le groupe Danone, permet de comprendre, sur des exemples, que la compréhension moléculaire, donc la chimie, est indispensable pour concevoir une alimentation innovante. À partir de l'exemple des diverses variétés de yaourts, il présente la complexité et la diversité de cette chimie où la structure moléculaire, la fonctionnalité des polymères, la disposition des composés volatils, les processus industriels, la caractérisation fine des ferments sont indispensables pour comprendre et maîtriser la perception sensorielle des produits et répondre aux préférences des consommateurs. Derrière un petit pot de Danone, c'est toute une chimie associée aux techniques structurales les plus modernes qui est mobilisée.

Il en est de même pour **les arômes** pour lesquels **Margaux Cavailles** souhaite, sur des exemples, prouver que, dans le groupe Mane, la chimie des arômes réinvente l'alimentation de demain.

Comme pour les parfums, la chimie est essentielle pour la création des arômes. Elle permet de reproduire des composés essentiels, mais également de répondre aux attentes des consommateurs en développant des solutions innovantes pour les grandes marques d'aliments ou de boissons.

Les additifs texturants sont largement utilisés dans le domaine alimentaire et cosmétique. **Gino Mangiante**, du groupe Cargill, présente une application innovante des texturants alimentaires mise au point pour répondre aux difficultés rencontrées pour la nutrition des seniors atteints de dysphagie (trouble de la déglutition).

La sécurité sanitaire des aliments est très contrôlée en Europe. **Georges Kass** présente les travaux de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) pour laquelle l'évaluation de tous les produits chimiques ainsi que ceux d'origine naturelle contenus dans les aliments constitue une mission importante. À partir d'exemples, il montre les développements méthodologiques actuels et les nouveaux défis venant des nouveaux types d'aliments mais aussi de l'environnement.

Les chapitres de cet ouvrage seront déclinés :
– en fiches pédagogiques : les fiches « Chimie et… » adaptées au programme du secondaire et validées par la DGESCO ;
– en fiches directement utilisables en classe, pour les filières générales et professionnelles et pour la préparation du grand oral du baccalauréat. Ces « fiches Nathan » sont réalisées en partenariat avec les équipes pédagogiques des éditions Nathan.

L'ensemble de ces ressources est gratuitement accessible sur notre médiathèque www.mediachimie.org.

L'information scientifique objective du public et l'aide à la formation des jeunes et à leur orientation professionnelle font partie des missions principales de la Fondation internationale de la Maison de la Chimie. Nous espérons que cet ouvrage y contribuera.

Je vous souhaite une bonne lecture.

Danièle OLIVIER
Vice-présidente de la Fondation internationale de la Maison de la Chimie
Présidente du comité d'organisation des colloques de la série : « Chimie et… »

Partie 1

L’alimentation a forgé l’espèce humaine et est indispensable à sa survie