

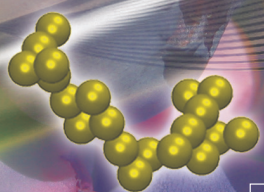
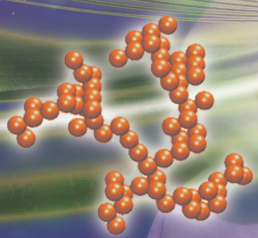
La chimie et l'alimentation

pour le bien-être de l'homme



Marie-Josèphe Amiot-Carlin
Marc Anton
Monique Axelos
Valérie Baduel
Michel Barel
Catherine Bonazzi
Cécile Canlet
Sylvie Chevolleau
Jean-Pierre Cravedi
Laurent Debrauwer
Marc Desprairies
Patrick Etiévant
Pierre Feillet
Vincent Gros
Sylvain Guyot
Claude-Marcel Hladik
Sabrina Krief
Xavier Lerverve
Gérard Pascal
Pierre Stengel
Hervé This
Gilles Trystram

*Coordonné par
Minh-Thu Dinh-Audouin
Rose-Agnès Jacquesy
Danièle Olivier
Paul Rigny*



Extrait de la publication

SCIENTIFICS

La chimie et l'alimentation, pour le bien-être de l'homme



Cet ouvrage est issu du colloque « Chimie et alimentation, pour le bien-être de l'homme », qui s'est déroulé le 7 octobre 2009 à la Maison de la Chimie.



Collection dirigée par Paul Rigny

La chimie et l'alimentation, pour le bien-être de l'homme

Marie-Josèphe Amiot-Carlin, Marc Anton, Monique Axelos, Valérie Baduel,
Michel Barel, Catherine Bonazzi, Cécile Canlet, Sylvie Chevolleau, Jean-Pierre Cravedi,
Laurent Debrauwer, Marc Desprairies, Patrick Etiévant, Pierre Feillet, Vincent Gros,
Sylvain Guyot, Claude-Marcel Hladik, Sabrina Krief, Xavier Leverve, Gérard Pascal,
Pierre Stengel, Hervé This, Gilles Trystram

Coordonné par Minh-Thu Dinh-Audouin,
Rose Agnès Jacquesy, Danièle Olivier et Paul Rigny



Conception de la maquette intérieure et de la couverture :
Pascal Ferrari

Conception des graphiques : Minh-Thu Dinh-Audouin

Mise en page : E-press (Casablanca)

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-0562-4

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 1^{er} 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.

© EDP Sciences 2010

EDP Sciences
17, avenue du Hoggar, P.A. de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

Extrait de la publication

Ont contribué à la rédaction de cet ouvrage :

Marie-Josèphe Amiot-Carlin

*Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Alimentation Humaine,
UMR 12660 INRA/476 INSERM
Nutrition humaine et lipides.
Biodisponibilité, métabolisme
et régulation
Universités Aix-Marseille I et II*

Marc Anton

*Biopolymères, Interactions,
Assemblages
Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Biopolymères,
Interactions, Assemblages,
UR 1268*

Monique Axelos

*Biopolymères, Interactions,
Assemblages
Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Biopolymères,
Interactions, Assemblages,
UR 1268*

Valérie Baduel

*Agence française de sécurité
sanitaire des aliments (Afssa)*

Michel Barel

*Académie française du
chocolat
Cirad UMR Qualisud*

Catherine Bonazzi

*Institut national de la
recherche agronomique (INRA)*

*Unité Ingénierie Procédés
Aliments, UMR 1145
INRA/CNAM/AgroParisTech*

Cécile Canlet

*Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Xénobiotiques, UMR 1089
ENVT/INRA*

Sylvie Chevolleau

*Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Xénobiotiques, UMR 1089
ENVT/INRA*

Jean-Pierre Cravedi

*Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Xénobiotiques, UMR 1089
ENVT/INRA*

Laurent Debrauwer

*Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Xénobiotiques, UMR 1089
ENVT/INRA*

Marc Desprairies

Cargill France SAS

Patrick Etiévant

*Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Alimentation Humaine*

Pierre Feillet

*Académie d'agriculture et
Académie des technologies
Institut National de la
Recherche Agronomique (INRA)*

Vincent Gros
BASF France
Unité commerciale Protection
des cultures Europe
BASF Agro et BASF
Agri-Production

Sylvain Guyot
Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité de Recherches Cidricoles
Biotransformation des Fruits
et Légumes

Claude-Marcel Hladik
Muséum national d'histoire
naturelle
Laboratoire d'Éco-anthropolo-
gie et Ethnobiologie, UMR 7206

Sabrina Krief
Muséum national d'histoire
naturelle
Laboratoire d'Éco-anthropolo-
gie et Ethnobiologie, UMR 7206

Xavier Leverve
Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Nutrition humaine et
sécurité alimentaire

Gérard Pascal
Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Nutrition humaine et
sécurité alimentaire

Pierre Stengel
Institut national de la
recherche agronomique (INRA)

Unité Environnement,
Écosystèmes cultivés
et naturels

Hervé This
Groupe de gastronomie
moléculaire
Laboratoire de Chimie,
UMR 214 INRA/Institut des
sciences et industries du
vivant et de l'environnement
(AgroParisTech).
Fondation Sciences & Culture
Alimentaire (Académie
des sciences).

Gilles Trystram
AgroParisTech
Académie des technologies
Institut national de la
recherche agronomique (INRA)
Unité Ingénierie Procédés
Aliments, UMR 1145
INRA/CNAM/AgroParisTech

Équipe éditoriale

**Minh-Thu Dinh-Audouin,
Rose Agnès Jacquesy,
Danièle Olivier
et Paul Rigny**

Sommaire

Avant-propos : par **Paul Rigny** 9

Préface : par **Bernard Bigot**..... 11

Introduction

Chapitre 1 : Bienfaits et risques :
la recherche de l'équilibre
Table ronde : par **Valérie Baduel, Catherine Bonazzi, Cécile Canlet, Sylvie Chevolleau, Jean-Pierre Cravedi, Laurent Debrauwer, Pierre Feillet, Vincent Gros, Gérard Pascal et Gilles Trystram**..... 17

Chapitre 2 : Alimentation :
les différentes facettes de la qualité
D'après la conférence de **Xavier Lerverve** 53

Partie 1

Manger : le plaisir des sens !

Chapitre 3 : Couleur et coloration des aliments,
une simple affaire de chimie ?
par **Sylvain Guyot**..... 69

Chapitre 4 : Des additifs pour texturer des aliments
par **Marc Desprairies** 83

Chapitre 5 : La chimie au service du goût
par **Patrick Etiévant**..... 101

Partie 2 Manger, à quoi ça sert ?

- Chapitre 6** : Le chocolat est-il bon pour la santé ?
par **Michel Barel** 121
- Chapitre 7** : Que mangerons-nous demain ?
par **Hervé This** 135
- Chapitre 8** : L'homme et son métabolisme :
une usine chimique
par **Marie-Josèphe Amiot-Carlin** 151
- Chapitre 9** : La construction des aliments :
une question de chimie
par **Marc Anton** et **Monique Axelos** 171

Partie 3 Manger autrement

- Chapitre 10** : Au menu de nos cousins :
diversité, perception gustative et chimie
des aliments des primates
par **Sabrina Krief**
et **Claude-Marcel Hladik** 185
- Chapitre 11** : La science et la technologie
de l'alimentation vues par la chimie du bouillon
par **Hervé This** 203

Conclusion

- Chapitre 12** : La chimie en agriculture :
les tensions et les défis pour l'agronomie
par **Pierre Stengel** 217
- Glossaire** 239
- Crédits photographiques** 241

Avant- propos

Le partenariat entre la Fondation de la Maison de la Chimie et *L'Actualité Chimique* sur « La chimie et ... », qui veut montrer l'importance de cette discipline scientifique sur tous les pans de notre société, se poursuit par la publication de cet ouvrage « La Chimie et l'Alimentation, pour le bien-être de l'homme » dans la collection *L'Actualité Chimique - Livres*. Cette publication suit celle des livres « La Chimie et la Mer, ensemble au service de l'homme », « La Chimie et l'Art, le génie au service de l'homme » et « La Chimie et la Santé, au service de l'homme » (respectivement parus en août et décembre 2009, et en juin 2010 aux éditions EDP Sciences). Ces ouvrages, sans en être des comptes-rendus *stricto sensu*, sont directement issus des colloques organisés par la Fondation avec l'aide de la Fédération française pour les sciences de la Chimie, le présent ouvrage reprenant ainsi le colloque « Chimie et Alimentation » organisé le 7 octobre 2009.

Il faut ici souligner le très conséquent travail de l'équipe éditoriale de quatre scientifiques, constituée de Danièle

Olivier de la Fondation, de Rose Agnès Jacquesy de la Fédération Française pour les sciences de la Chimie et, pour *L'Actualité Chimique*, Paul Rigny et Minh-Thu Dinh-Audouin, coordinatrice, qui, à partir des enregistrements audio des conférences, a conduit au présent ouvrage – avec l'indispensable, active et bienveillante collaboration des conférenciers, cela va de soi.

La grande presse ou la radio témoignent, par l'intérêt (voire les polémiques) soulevé par les articles ou les émissions qui traitent de la qualité de l'alimentation, du haut degré de préoccupation de nos concitoyens en la matière. Ceci est important au plan sociétal, car indiquant la susceptibilité du consommateur – c'est-à-dire en fait sa méfiance rampante vis-à-vis de tous les acteurs de la chaîne alimentaire et principalement peut-être de l'industrie agroalimentaire. Ceci est important, d'un autre côté, pour l'image de la Chimie car celle-ci est représentée, trop souvent, comme pourvoyeuse de « mauvaises solutions », c'est-à-dire bonne pour les « marchands » et mauvaise pour le consommateur.

Cet ouvrage vient apporter des éléments de jugement plus argumentés, montrant que l'attitude de tous les acteurs est fondamentalement celle de la recherche de solutions stables, satisfaisant le consommateur (comment espérer le berner durablement ?) grâce à la recherche scientifique sollicitée à son plus haut niveau. Des experts et des responsables de l'INRA (Institut national pour la recherche agronomique), de l'Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) ou de l'industrie exposent leur préoccupation majeure dans leur métier : celle de la non-toxicité des aliments. Ils la garantissent par le développement de recherches sur les mécanismes biologiques de la nutrition, sur les effets des substances étrangères sur le métabolisme et finalement la santé, et par l'installation de méthodes de surveillance formalisées, rigoureuses et n'admettant aucun manquement – des contraintes majeures pour tous les acteurs de la chaîne dont il est important de prendre conscience.

Au-delà de cette exigence fondatrice, les acteurs de la chaîne alimentaire développent des recherches sophis-

tiquées pour comprendre et anticiper le besoin du consommateur. Cela conduit à des travaux de physico-chimie, de physiologie sur le sensoriel, voire aux sciences humaines et sociales, préoccupations qui certainement étonneront et passionneront le lecteur. Pour les citoyens, ce devrait être l'occasion de consolider leur confiance dans la qualité sanitaire de leur alimentation, gagnée grâce aux surveillances très strictes qui sont imposées. Pour les chimistes, ce sera aussi l'occasion de voir leur discipline exposée dans la diversité impressionnante (« la chimie est partout ! ») qu'ils connaissent et qu'ils souhaitent tant faire connaître.

Paul Rigny
Rédacteur en chef
L'Actualité Chimique
Directeur de la collection
L'Actualité Chimique – Livres

Équipe éditoriale :
Minh-Thu Dinh-Audouin,
L'Actualité Chimique – Livres
Rose Agnès Jacquesy,
Fédération Française pour
les sciences de la chimie (FFC)
Danièle Olivier, Fondation de
la Maison de la Chimie
Paul Rigny,
L'Actualité Chimique – Livres

Préface

Depuis trois ans, la Fondation de la Maison de la Chimie a pris d'importantes initiatives pour essayer de donner au grand public, et aux jeunes en particulier, une image des sciences de la Chimie attractive et responsable, présentant les apports et les limites de ce domaine scientifique et technique important, tout autant pour la compréhension du monde dans lequel nous vivons que pour la satisfaction de nos besoins de tout type. Les sciences et technologies de la Chimie sont souvent mal connues, ou injustement décriées pour leurs nuisances potentielles ou avérées lorsqu'il en est fait un usage irrespectueux de leurs règles ou recommandations d'usages, alors qu'elles ont d'innombrables, et souvent vitales, applications dans la vie de chacun, et plus globalement dans le fonctionnement de nos sociétés, grâce aux produits de l'industrie que nous pouvons nous procurer ou aux techniques que nous pouvons mettre en oeuvre.

C'est dans cet esprit que notre Fondation organise, en collaboration avec la Fédération Française pour les sciences de la Chimie (FFC), une série de colloques intitulés « Chimie et ... » sur des thèmes transdisciplinaires et d'intérêt sociétal qui réunissent les meilleurs spécialistes

des domaines choisis, et le contenu des conférences de ces colloques constituent les chapitres des ouvrages de la collection du même titre.

Après « La Chimie et la Mer », « La Chimie et la Santé », « La Chimie et l'Art », nous avons choisi le thème « La Chimie et l'Alimentation » qui, au regard du nombre de publications actuelles dans les médias, intéresse particulièrement à la fois les scientifiques, les relais d'opinion, les responsables politiques et en premier lieu le grand public. Cependant, les colloques scientifiques spécialisés sont le plus souvent inaccessibles à ce large public, et donc également aux médias généralistes, alors que les articles de la presse grand public émanent de sources certes plus accessibles, mais scientifiquement discutables.

Le résultat est que l'association de ces deux mots « chimie » et « alimentation » est source d'interrogations non seulement pour le grand public mais aussi pour certains scientifiques non spécialistes de ces domaines, quand elle n'inquiète pas !

Nous avons donc réuni des experts chimistes, agronomes, biologistes, médecins et même éthologues, pour débattre largement, et en termes aussi simples que

Extrait de la publication

possible, du juste équilibre à respecter entre les bénéfiques potentiels des applications de la chimie à la qualité de notre alimentation et les risques de ces mêmes applications si l'on procède sans discernement. De manière générale, il s'agit de discuter de la sécurité alimentaire et des moyens et conditions de préservation d'une alimentation abondante et saine.

Quelle est la place de la chimie dans une « bonne alimentation », bonne non seulement au niveau de la santé et de la sécurité, mais bonne aussi au niveau du plaisir gustatif qu'elle apporte ?

L'objectif a été de fournir, en particulier, aux jeunes lycéens et à leurs enseignants, des données et des informations précises leur permettant de se forger une opinion personnelle en réponse aux interrogations sur le thème de la chimie et l'alimentation.

Le premier chapitre relate les débats sur « la recherche de l'équilibre entre les risques et bienfaits » apportés par la chimie et la notion de qualité de l'alimentation : quiconque a le plus petit jardin (ou même une jardinière de balcon) sait que l'humanité ne pourrait faire croître des plantes de manière satisfaisante, et donc se nourrir, quand elle compte quelques milliards d'individus, sans engrais et sans produits phytosanitaires. Et pourtant, dans un monde où la préoccupation sécuritaire est portée à son paroxysme dit du risque zéro, quel que soit le degré déraisonnable de cette exigence, même si nul ne peut en contester l'objectif, il nous

faut absolument essayer de connaître l'effet, même à toute petite dose, pourvu qu'elle soit mesurable (et Dieu sait que la Chimie a développé des capacités remarquables à cet égard), connaître donc l'effet des composés utilisés dans l'agriculture et la conservation alimentaire, qu'ils soient d'origine humaine ou d'origine naturelle. De plus, nous devons aussi essayer de connaître les composés qui se forment lors des transformations culinaires effectuées soit dans l'industrie soit à domicile.

Ce chapitre est complété par celui sur l'évaluation ô combien difficile de la notion de qualité.

Nous découvrons que nos amis les grands singes, tout comme les espèces du genre *Homo sapiens* ou *erectus* qui nous ont précédées, sont des chimistes sans le savoir et que les modifications physiques et chimiques qui rendent les aliments plus savoureux et plus digests sont à l'origine du développement de l'espèce humaine.

Nous apprendrons aussi que la construction des aliments est une question de chimie et pourquoi le chocolat est bon pour la santé.

Certains chapitres sont plus « philosophiques » comme celui d'Hervé This sur l'histoire de la chimie dans l'alimentation, ou « psychologique » comme celui sur la couleur des aliments. D'autres sont plus directement liés à la compréhension de la chimie de notre corps comme celui de Marie-Josèphe Amiot-Carlin sur le métabolisme,

de Michel Barel sur les bienfaits du chocolat ou de Patrick Etiévant sur les origines du goût. D'autres encore seront très pratiques et tenteront de répondre à des questions d'actualité comme l'intérêt de texturer les aliments par l'ajout d'additifs.

Dans une perspective d'alimentation et de développement durable au niveau de la planète, nous avons besoin d'une agriculture à la fois productive et écologique. Devra-t-elle et peut-elle se faire sans l'apport des moyens que lui a offert et que lui offre la chimie, et avec quelle vision des impacts à long terme ? Le chapitre sur les enjeux agronomiques et environnementaux associés à la chimie en agriculture fera le point sur cette révolution verte à concevoir.

Les thèmes débattus dans ce livre sont, je le crois, passionnants ; les experts qui nous ont aidé à le concevoir et à le réaliser sont parmi les meilleurs spécialistes et je veux les remercier très chaleureusement de leur disponibilité en dépit de leur charge. S'ils n'ont pu répondre à toutes vos interrogations, car l'humilité et l'honnêteté scientifiques veulent que l'on reconnaisse les limites de son savoir, ils vous aideront à coup sûr à y voir plus clair et à mieux mesurer comment utiliser à bon escient la chimie pour une alimentation saine et abondante.

Bernard Bigot

**Président de la Fondation
de la Maison de la Chimie**

Vj k'ir ci g'kpvgpvkqpcmf 'igh'dnc pm

Introduction

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'igh'dnc pm

Bienfaits et risques :

la recherche de l'équilibre

Les sciences et technologies associées à la chimie sont souvent mal connues ou injustement décriées pour leurs nuisances potentielles ou avérées lorsqu'il en est fait un usage irrespectueux de leurs règles ou recommandations d'usage, alors même qu'elles ont d'innombrables applications dans la vie de chacun grâce aux produits de l'industrie que nous pouvons nous procurer ou aux techniques que nous pouvons mettre en œuvre. La sécurité alimentaire a de tout temps été un enjeu important. En quoi la chimie peut-elle y contribuer ou l'affecter ? Quel est le juste équilibre à respecter entre les bénéfices apportés et les risques à ne pas prendre, et plus généralement quels sont les moyens et conditions de préservation d'une alimentation suffisamment abondante et saine pour que nous puissions continuer à prendre du plaisir à bien manger ?

C'est pour répondre à ces questions qui passionnent mais parfois inquiètent le grand public, ainsi que certains scientifiques non spécialistes de ces domaines, qu'ont été réunis des experts chimistes, agronomes, médecins et biologistes, dont les interventions sont reportées dans les lignes qui suivent.

1 Chimie et alimentation : produits de synthèse/ produits naturels (Pierre Feillet)

1.1. Réflexion sur le « naturel » et le « synthétique »

Par analogie avec le sujet du baccalauréat 2009 « *La technique s'oppose-t-elle à la nature ?* », on peut se demander : « *La chimie s'oppose-t-elle à une alimentation qui, pour être bonne, devrait être naturelle ?* »

Tout le monde est conscient que les produits chimiques, quand on les appelle sous leur nom scientifique de molécules, sont partout dans la nature, les animaux, les aliments... et personne ne s'en inquiète outre mesure. Mais ce qui est perçu comme foncièrement mauvais et dangereux, c'est le produit chimique fabriqué par l'homme, synthétique, artificiel, alors que ce qui est perçu comme bon, c'est le produit chimique issu de la vie, biologique et naturel. On fait donc une dichotomie entre ce qui est naturel et ce qui est artificiel, et, par définition, « ce qui est naturel est bon » et « ce qui est artificiel est mauvais » (Figure 1). On en conclut que l'industrie chimique est dangereuse dans l'alimentation et que les

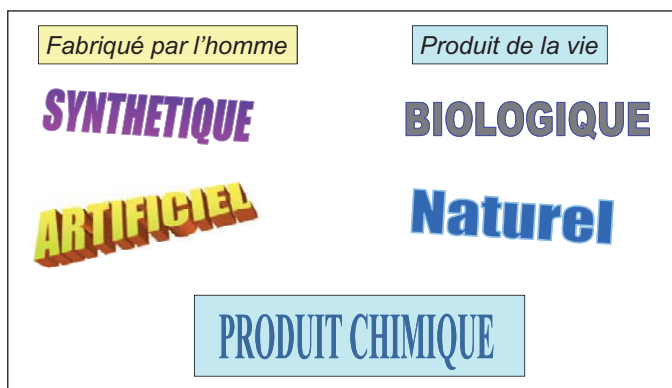


Figure 1

La chimie s'oppose-t-elle à une alimentation qui, pour être bonne, devrait être naturelle ? Mais finalement, un être vivant est-il « naturel » ?

Figure 2

Au-delà de la réalité des mots, il faut aller vers la réalité des objets. L'additif E300 n'est autre que la vitamine C, présente dans de nombreux fruits (citron, orange, kiwi...) et dont la carence affaiblit l'organisme et peut entraîner de graves maladies (scorbut).

aliments produits de l'agriculture naturelle, biologique, sont forcément bons.

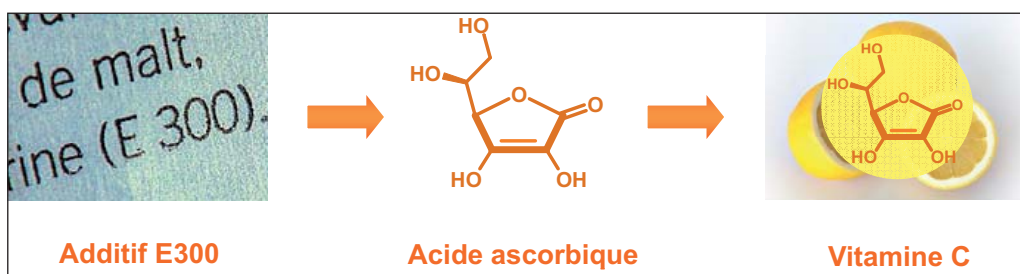
Cela conduit à une autre question : est-ce que l'être vivant est naturel ? Ce qui n'est plus du tout évident : les champs de blé, les poulets dans leurs basses-cours, les vaches dans leurs étables, ont été transformés par l'homme. Or, ce qui est artificiel c'est le produit de l'art, c'est le produit de l'activité de l'homme. L'être vivant qui produit nos aliments n'est pas naturel puisqu'il a été transformé par l'homme. Selon le biologiste philosophe Dubos¹, « la nature, c'est le monde transformé par l'homme » ; en effet, la nature autour de nous a été

1. René Dubos (1901-1982), agronome, biologiste et écologue français, a participé aux travaux préparatoires du premier sommet de la Terre à Stockholm en 1972.

entièrement transformée. Notre question devient donc : est-ce parce que c'est fabriqué par l'homme que c'est dangereux ? Est-ce parce que c'est un produit de la vie que c'est bon ?

1.2. L'exemple de la vitamine C

Prenons l'exemple de l'additif alimentaire E300. Est-il chimique ? Est-il biologique ? Est-il synthétique ? Est-il naturel ? Si on applique le raisonnement exposé ci-dessus, si le E300 est chimique et synthétique, on en conclura qu'il est sans doute dangereux. Cette molécule est l'acide ascorbique et cette dénomination ne plaît pas trop aux consommateurs... encore moins si on le nomme, selon la nomenclature officielle, par : (5R)-5-[[1S]-1,2-dihydroxyéthyl]3,4-dihydroxyfuran-2(5H)-one. Mais c'est aussi un antioxydant, qui protège donc des maladies cardiaques ! Qui plus est, son autre nom est la vitamine C. Aujourd'hui on dirait même une « bioamine », ce qui remporterait une totale adhésion des consommateurs, car ce nom intègre le préfixe « bio » ! Tout cela montre à quel point, au-delà de la réalité des mots, il faut aller vers la réalité des objets (Figure 2).



Comme il sera régulièrement montré dans cet ouvrage, les additifs alimentaires, désignés sous les codes E100..., E200..., E400..., sont pour la plupart des produits naturels, contrairement à certaines idées reçues... ce qui ne signifie pas forcément qu'ils sont tous « bons » !

Il faut aussi s'intéresser à la « réalité des transformations » qui conduisent au produit. Il existe deux grandes voies pour fabriquer l'acide ascorbique, qui partent toutes deux du glucose : une voie naturelle et une voie de l'industrie chimique (Figure 3). Si c'est de l'acide ascorbique issu de l'industrie chimique, on aura tendance à dire que c'est mauvais. Ainsi, la vraie question n'est pas tant de savoir comment est fabriqué un produit mais quelle est la caractéristique du produit fini. Au niveau des réglementations internationales, nous trouvons deux grandes philosophies : la philosophie anglo-saxonne et américaine qui consiste à dire que ce qui compte c'est le produit, et la philosophie européenne qui est de privilégier la manière dont on a obtenu le produit. Ainsi, les Américains

peuvent ne pas étiqueter un produit OGM alors que les Européens vont le faire ! Il faudrait donc se poser les bonnes questions pour savoir si le produit chimique de notre alimentation est dangereux ou ne l'est pas, et ne pas se demander uniquement s'il est naturel ou artificiel.

1.3. Comment se construit le mode de pensée du consommateur ?

On peut à présent se poser la question : est-ce que le consommateur mange comme il pense ? Même si la plupart des consommateurs affirment qu'ils mangent comme ils en ont envie, ils peuvent néanmoins s'interroger : « Est-ce qu'un être vivant est naturel ? », « est-ce qu'un produit chimique est artificiel ? ».

Pour répondre à ces questions, le consommateur peut raisonner rationnellement ou irrationnellement ; il peut aussi avoir un comportement paradoxal : si l'on prend l'exemple du barbecue, le consommateur peut penser que c'est dangereux, mais il mange de la nourriture grillée au barbecue parce que c'est bon. De même, il ne

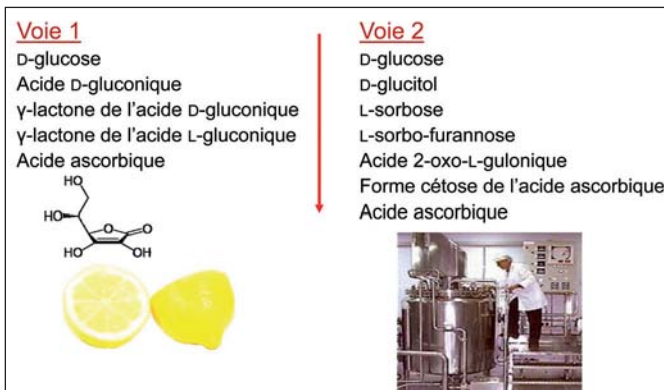


Figure 3

Les deux grandes voies existant pour produire l'acide ascorbique : la voie naturelle (N°1) et la voie de l'industrie chimique (N°2) : elles font toutes deux intervenir des nombreux intermédiaires chimiques.

Crédits photographiques

INTRODUCTION

(TABLE RONDE)

- Fig 4, 6, 9, 10 et 11 : Afssa
- Fig 8A : Licence CC-BY-SA, Rude
- Fig 17 : Chips et frites : Licence CC-BY-SA, Rainer Zenz

PARTIE 1-CHAPITRE 3

(GUYOT)

- Fig 6A : N. Le Marre, INRA
- Fig 6B, 12, 14 et 16 : S. Guyot, INRA
- Fig 7 : lavage et pressurage : IFPC ; râpage : S. Guyot, INRA
- Fig 9 : Minh-Thu Dinh-Audouin

PARTIE 1-CHAPITRE 4

(DESPRAIRIES)

- Fig 8A : Licence CC-BY-SA, Pedro Servera
- Fig. 15C, 22A, 22B, 22C, 22D, 22F, 22G, 22J et 22K : Photos de Algaebase/M.D. Guiry
- Fig. 22E, 22H et 22I : Photos de Algaebase/Katrin Österlund

PARTIE 1-CHAPITRE 5

(ETIÉVANT)

- Fig. 1A : Minh-Thu Dinh-Audouin

- Fig. 1B : Jean-Marc Serdel
- Fig. 3, 4, 5 et 21 : Montages Minh-Thu Dinh-Audouin
- Fig 4A : Noix de coco : Licence CC-BY-SA, Nicolai Schäfer
- Fig. 6B : Patrick J. Lynch, medical illustrator
- Fig. 9 : INRA - Patrick Etiévant.
- Fig. 17 et 18 : INRA - Christian Salles
- Fig. 19 : INRA - Sabrina Gasser
- Fig. 20 : INRA - Patrick Etiévant

PARTIE 2-CHAPITRE 6

(BAREL)

- Fig. 2 : Licence CC-BY-SA, Yelkrokoyade
- Fig. 3 : Licence CC-BY-SA, André Karwath aka
- Fig. 5 : Myrtilles : Licence CC-BY-SA, Aconcagua ; cacao : Licence CC-BY-SA, Woki Frank Wouters
- Fig. 6, 7, 8, 10, 12 : Minh-Thu Dinh-Audouin

PARTIE 2-CHAPITRE 8

(AMIOT-CARLIN)

- Fig 4 et 13 : Montage : Minh-Thu Dinh-Audouin

- Fig 6 : Montage : Minh-Thu Dinh-Audouin ; Lentilles : Licence CC-BY-SA, Docteur Cosmos ; Noix : Licence CC-BY-SA, Böhlinger Friedrich
- Fig. 8 : champ de colza : Daniel Schwen
- Fig. 10 : David Monniaux
- Fig. 12 : Ponsero. Licence CC-BY-SA

**CONCLUSION-
CHAPITRE 12 (STENGEL)**

- Fig. 15 : Johann Dréo. Licence CC-BY-SA,
- Fig. 16 : Thesupermat. Licence CC-BY-SA
- Fig. 17 : TitTornado. Licence CC-BY-SA