

# DU PRODUIT À LA BOUCHE : LA CHIMIE DES ALIMENTS

Noël Baffier, Jean-Claude Bernier, Emmanuel Durrocher

D'après l'article *La construction des aliments : une question de chimie* de Marc Anton et Monique Axelos publié dans l'ouvrage « La chimie et l'alimentation, pour le bien-être de l'homme », EDP Sciences, 2010, ISBN : 978-2-7598-0562-4.

Un des plus grands défis de l'humanité consiste à pouvoir nourrir de plus en plus d'habitants, tout en sachant que les surfaces utilisables de notre planète Terre sont limitées (1). Et si on arrivait à « construire » l'aliment, tout simplement à partir de ses molécules constituantes, ne serait-ce pas une des solutions à ce problème ? On prend ici comme exemple la mayonnaise, même si ce délicieux accompagnement n'a pas vocation à nourrir l'humanité...

## LA MAYONNAISE (Figure 1)

Elle est un système assez complexe, tant par la multiplicité des molécules qui la composent, que par la diversité des interactions à différentes échelles qui s'y déroulent.



Figure 1 – La mayonnaise.

On pourrait comparer la mayonnaise à une voiture, qu'il suffit de démonter entièrement en pièces détachées pour voir la complexité de sa composition et pour comprendre combien les multiples interactions entre les pièces participent au fonctionnement du produit final (Figure 2).

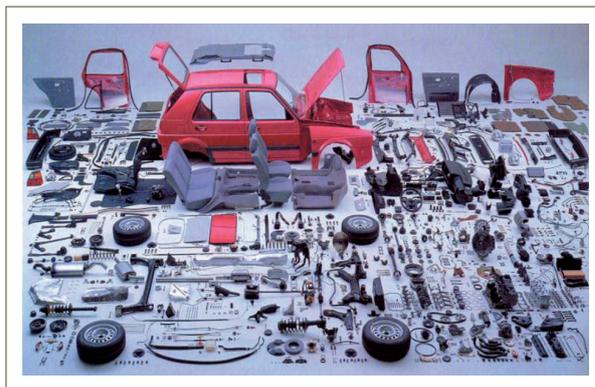


Figure 2 – Pièces détachées d'une voiture.

Par analogie, la composition microscopique d'une mayonnaise (Figure 3) permet d'identifier une phase aqueuse dans laquelle baignent des protéines

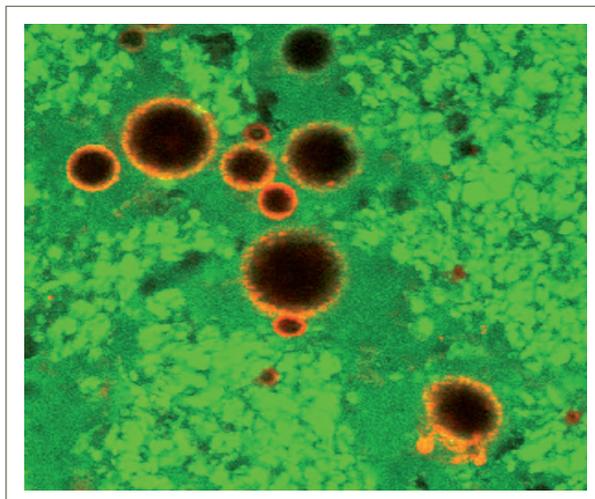


Figure 3 – Composition microscopique d'une mayonnaise.

(molécules chimiques à longues chaînes contenant à la fois une fonction acide et une fonction basique – en vert sur la figure), des gouttelettes d'huile (en marron sur la figure), avec un film interfacial entourant celles-ci (en orange sur la figure). L'étude complète de ce système devra commencer par l'identification des ingrédients de la mayonnaise, afin de comprendre les fonctions de chacun d'eux au sein de l'édifice [2].

Une mayonnaise du commerce (Figure 4) contient, en plus de jaune d'œuf et de moutarde, de l'huile, du vinaigre, du citron, du sucre, et différents additifs qui contribuent à sa texture [3].

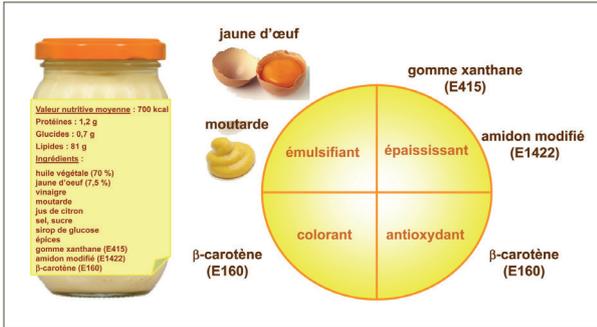


Figure 4 – Composants d'une mayonnaise du commerce.

Comme l'eau et l'huile ne se mélangent pas naturellement (mélange dit hétérogène), il faut apporter une énergie mécanique (fouet ou mixeur) de manière à générer une émulsion, c'est-à-dire une suspension de gouttes d'huile dans une phase aqueuse (Figure 5). Le problème est alors le suivant : comment stabiliser cette émulsion et lui conférer une durée de conservation suffisante ?

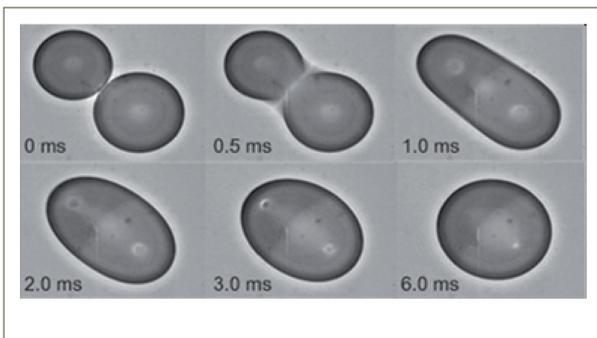


Figure 5 – Émulsion : suspension de gouttelettes d'huile dans la phase aqueuse.

(a) On ajoute des « émulsifiants » qui contiennent une « tête » soluble dans l'eau (dite tête « hydrophile ») et une « queue » soluble dans l'huile mais pas dans l'eau (dite « tête hydrophobe ») [4]. C'est le cas de la lécithine contenue dans le jaune d'œuf (Figure 6). Elle évite que les gouttes d'huile fusionnent ensemble pour former une plus grosse goutte et ainsi de suite, conduisant à la formation d'une couche d'huile uniforme au-dessus de la phase aqueuse, et non à une émulsion.

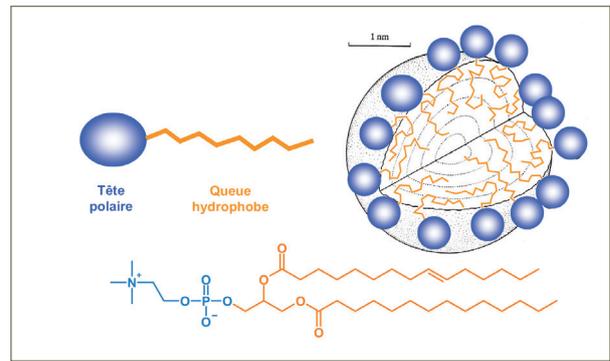


Figure 6 – Structure d'un émulsifiant tel que la lécithine.

(b) On ajoute des « épaississants » à la phase aqueuse pour en augmenter la viscosité (résistance de la phase liquide à son écoulement) et ainsi limiter le déplacement des gouttelettes d'huile en les empêchant de fusionner entre elles (Figure 7). C'est le cas de l'amidon [5] et de la moutarde.

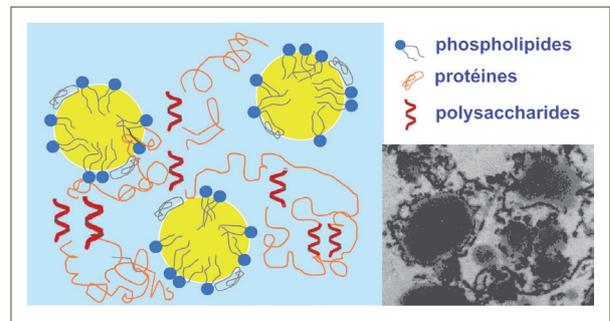


Figure 7 – Rôle de l'épaississant empêchant les gouttelettes d'huile de fusionner entre elles.

Le procédé industriel de fabrication est schématisé sur la Figure 8. On crée l'émulsion, soit à l'aide d'un « rotor-stator » qui donne une émulsion grossière, soit grâce à un « homogénéisateur haute pression » qui produit une émulsion beaucoup plus fine dans laquelle les gouttelettes mesurent entre 2 et 5 micromètres. Les émulsifiants présents dans le mélange permettent de stabiliser l'émulsion, en s'agrégeant à la surface des gouttelettes [6].

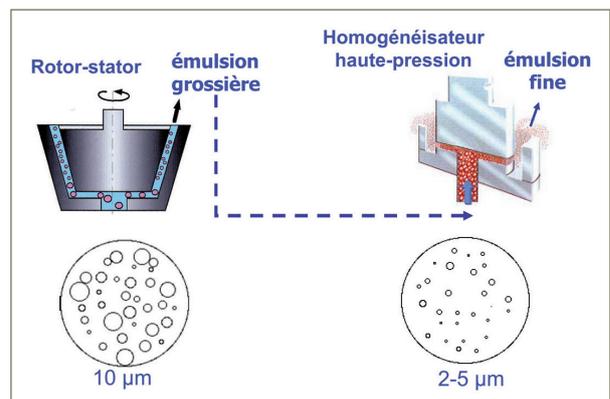


Figure 8 – Schéma du procédé industriel de fabrication d'une mayonnaise.

## LES NOUVELLES APPROCHES DE LA « CONSTRUCTION » DES ALIMENTS

Il s'agit de concevoir des aliments qui allient à la fois le plaisir (goût, aspect, texture) et la facilité d'usage, tout en prenant en compte les questions de santé et de sécurité, et ceci en utilisant des procédés de fabrication compatibles avec la notion de développement durable.

Pour répondre à ces attentes, il est nécessaire d'analyser d'abord l'ensemble des besoins des consommateurs, puis de concevoir les aliments en fonction de ces besoins.

(a) *La phase d'analyse* requiert des connaissances approfondies sur l'ingestion et la digestion des aliments, c'est-à-dire sur la « déconstruction » des aliments au cours de ces deux étapes : (i) l'ingestion au niveau de la bouche (actions mécanique et enzymatique) couplée à l'arrivée au cerveau des signaux chimiques dus à l'interaction des molécules (ou particules) avec les récepteurs sensoriels (7) (notion de goût et de plaisir ressenti) puis (ii) l'analyse des phénomènes au niveau du tube digestif dans lequel se produisent des modifications physique, chimique et enzymatique, conduisant à un passage possible de l'aliment dans la circulation sanguine et l'obtention d'effets nutritionnels particuliers (8).

(b) *La phase de conception* doit être en accord avec ce que le consommateur attend d'un aliment : des propriétés sensorielles, nutritives, sanitaires et écologiques contrôlées et maîtrisées (9). Dans les étapes de cet ensemble complexe, la chimie joue un rôle majeur, en interaction constante avec la biologie, la physique et le génie des procédés. Les enjeux économiques et sociétaux sont énormes et les connaissances à acquérir, comme les défis à relever, laissent un large terrain d'exploitation aux scientifiques (10).

## POUR EN SAVOIR PLUS

(1) Valorisation biologique des agro-ressources  
<http://www.mediachimie.org/ressource/valorisation-biologique-des-agro-ressources>

(2) L'ingénierie des réactions chimiques dans l'élaboration des aliments  
<http://www.mediachimie.org/ressource/l%E2%80%99ing%C3%A9nierie-des-r%C3%A9actions-chimiques-dans-l%E2%80%99%C3%A9laboration-des-aliments>

(3) Des additifs pour texturer les aliments  
<http://www.mediachimie.org/ressource/des-additifs-pour-texturer-des-aliments>

(4) Les plantes à savon (les herbonautes)  
<http://www.mediachimie.org/ressource/les-plantes-%C3%A0-savon>

(5) Alchimie du végétal (vidéo, 8 min 31)  
<http://www.mediachimie.org/ressource/alchimie-du-v%C3%A9g%C3%A9tal>

(6) La science et la technologie de l'alimentation vues par la chimie du bouillon  
<http://www.mediachimie.org/ressource/la-science-et-la-technologie-de-l'alimentation-vues-par-la-chimie-du-bouillon>

(7) La chimie au service du goût  
<http://www.mediachimie.org/ressource/la-chimie-au-service-du-go%C3%BBt>

(8) La toxicologie alimentaire et la compréhension des effets alimentaires sur l'organisme  
<http://www.mediachimie.org/ressource/la-toxicologie-alimentaire-et-la-compr%C3%A9hension-des-effets-alimentaires-sur-l%E2%80%99organisme>

(9) Alimentation : les différentes facettes de la qualité  
<http://www.mediachimie.org/ressource/alimentation-les-diff%C3%A9rentes-facettes-de-la-qualit%C3%A9>

(10) La chimie des sens ? Il y a des découvertes à faire !  
<http://www.mediachimie.org/ressource/la-chimie-des-sens-il-y-des-d%C3%A9couvertes-%C3%A0-faire>

**Jean-Claude Bernier**, professeur émérite de l'Université de Strasbourg, ancien directeur scientifique des sciences chimiques du CNRS

**Noël Baffier**, professeur honoraire d'université, ancien directeur des Études de l'École d'Ingénieurs de Chimie Paristech

**Emmanuel Durrocher**, professeur de physique chimie, formateur dans l'académie de Créteil

**Grégory Syoën**, professeur agrégé, chef de projet Mediachimie-Fondation de la maison de la chimie