



# La chimie gastronomique

### L'ART CULINAIRE VU PAR LA SCIENCE

La gastronomie est l'ensemble des arts de la table qui comprend la cuisine, la composition des repas, les accords entre mets, etc. De tradition ancestrale, les méthodes et techniques culinaires se perpétuent. Certaines astuces, coups de main et secrets de confection ont été explorés par la science pour tenter de trouver des explications rationnelles à la réussite de tel ou tel plat. Mais la science est loin d'avoir tout révélé et l'expérimentation reste la base de création de nouveaux plats : de l'entrée au dessert, les possibilités sont infinies. Toutefois, certaines techniques sont bien connues – comme la montée des blancs d'œuf en neige ou la stabilisation d'une émulsion telle la mayonnaise – et ces connaissances ont permis de nombreuses améliorations et applications nouvelles. En revanche, l'industrie alimentaire s'est toujours appuyée sur des faits scientifiques pour la conception de produits alimentaires car les contraintes d'hygiène, de conservation, de stabilisation, etc., sont nombreuses dans ce domaine. La tendance actuelle des modes de consommation alimentaire est aux produits déjà préparés. En plus d'être pratiques, ces produits doivent répondre aux exigences gustatives des consommateurs. De nombreux gastronomes se penchent sur ces questions. Certains grands chefs de cuisine se sont lancés sur ce marché car la demande est forte.

### MISE EN BOUCHE

#### PHYSIOLOGIE DU GOÛT

En gastronomie, tous nos sens sont sollicités. Un mets s'apprécie pour son goût, ses saveurs et ses arômes, mais aussi par sa présentation et sa couleur ainsi que pour les parfums qu'il dégage.

Nous distinguons quatre saveurs différentes à travers les bourgeons du goût de notre langue. Il s'agit du sucré, du salé, de l'amer et l'acide. Pourtant, ces quatre

saveurs ne représentent que 10 % de la perception totale du goût.

L'odorat, les arômes et les sensations participent aussi à cette perception. Les arômes des aliments, que l'on peut comparer à l'odeur d'une fleur, sont perçus par des zones situées dans le fond de la gorge et l'arrière du nez.

Quant aux sensations – chaud, froid, fort, épicé... –, nous les percevons lors de la mastication des aliments. La texture joue aussi un rôle important dans l'appréciation d'un plat.

### ENTRÉES

Les entrées, qu'elles soient chaudes ou froides, sont nombreuses et variées. À base de légumes, d'œufs, de viandes, de poissons... la liste

des ingrédients utilisés et des combinaisons possibles est longue. Un acteur récurrent tout de même mérite une attention particulière. Il s'agit de l'œuf qui par ses propriétés remarquables, entre dans la composition de nombreux plats, de l'entrée jusqu'au dessert.

#### LES PROPRIÉTÉS DE L'ŒUF



Suivant les cas, on utilise l'œuf entier ou son jaune uniquement ou encore ses blancs le plus souvent montés en neige.

Le jaune d'œuf contient pour moitié de l'eau, environ un tiers de lipides (en particulier des lécithines et du cholestérol) et 15 % de protéines. Le blanc d'œuf lui contient 10 % de protéines, le reste étant de l'eau. Ici seront présentés deux types d'utilisation de l'œuf. Dans le cas du soufflé, ce sont ses blancs montés en neige qui sont indispensables à la tenue du soufflé, un des mets les plus difficiles à réaliser. Pour la mayonnaise, c'est le jaune de l'œuf qui permet la cohésion du mélange de l'huile dans l'eau.

#### Le soufflé

Lors de la confection d'un soufflé, qu'il soit au fromage, à la purée de légumes ou à base de viande hachée, ce sont les blancs d'œuf montés en neige qui vont donner la texture légère et délicate à ce plat, et aussi sa forme gonflée.

Un soufflé monte grâce aux minuscules bulles d'air introduites dans les blancs fouettés. Ces bulles d'air sous l'effet de la chaleur et de la vapeur d'eau vont grossir. Grâce à un réseau très solide créé lors du montage des blancs au fouet, les bulles d'air n'éclatent pas et sont maintenues dans la masse. Le réseau qui maintient les bulles d'air emprisonnées est constitué d'un mélange de protéines, d'air et d'eau. Le fouettage introduit les bulles d'air qui deviennent de plus en plus petites avec la vigueur du fouettage. De même, les protéines normalement repliées sur elles-mêmes se déplient, ce qui favorise l'établissement de liaisons avec des molécules voisines. Ainsi se forme un réseau très serré. Il est souvent conseillé d'ajouter du sel ou un élément acide (vinaigre,

citron) pour la montée des blancs en neige. En effet, ces différents ingrédients favorisent la coagulation des protéines. Le soufflé est considéré comme un mets délicat à concevoir. Par exemple, l'introduction malencontreuse d'une petite quantité de jaune d'œuf lors de la séparation du blanc d'œuf du jaune (la clarification) empêcherait la réalisation d'un soufflé qui se tiennent. Le jaune d'œuf contenant des molécules dites tensioactives, celles-ci se lieraient aux protéines du jaune d'œuf, empêchant ainsi la formation de ce réseau eau-air-protéines qui est la clé de la réussite d'un soufflé gonflé.



D'autre part, les bulles d'air se dilatent sous l'effet de la température du four, le temps de cuisson et la température programmée sont deux paramètres très importants. Ouvrir la porte du four avant la fin de la cuisson entraînerait une baisse de température subite qui ferait se contracter les bulles d'air alors que les protéines qui les entourent ne seraient pas encore coagulées. Et en refermant le four, les protéines coaguleraient avant que les bulles d'air n'aient le temps de se dilater à nouveau.

#### La mayonnaise

Dans le cas de la mayonnaise, c'est le jaune d'œuf l'ingrédient indispensable à la stabilisation de cette émulsion. La mayonnaise est en effet un mélange hétérogène de deux liquides (l'huile et l'eau contenue dans le vinaigre par exemple) qui ne se mélangent pas. On dit que ces deux ingrédients sont non miscibles.

Ceci est visible dans une vinaigrette simple : si on arrête de fouetter le mélange eau-huile d'une vinaigrette, on observe que l'eau, plus dense que l'huile, reste au fond alors que les gouttelettes d'huile se rassemblent à la surface.

Pour la mayonnaise, des molécules tensioactives contenues dans le jaune d'œuf (principalement les lécithines) vont permettre de maintenir ce mélange. Une molécule tensioactive est composée d'une partie hydrophile qui se lie à l'eau et

### LES « GASTRONOMES MOLÉCULAIRES »



Dans un restaurant renommé d'Espagne, on sert de l'air de carotte, des sorbets grillés au barbecue et autres inventions...

Du côté de Montréal, des pâtes ont été élaborées sans œufs ni farine, les ingrédients de base étant du jus de tomate et de la gélatine végétale. Quelques grands chefs utilisent aussi des techniques spectaculaires, comme l'introduction de l'azote liquide dans une préparation culinaire.

Grâce à l'expérimentation, la maîtrise des techniques culinaires et la connaissance de la chimie, de nombreux mets inventifs et originaux ont pu être élaborés. Dépasant les techniques culinaires de tradition ancestrale, ces « gastronomes moléculaires » ne cessent de créer de nouveaux plaisirs gustatifs.

d'une partie hydrophobe qui se lie à l'huile. L'agitation de ce mélange va former des micelles, c'est-à-dire que des petites gouttelettes d'huile vont être entourées par des molécules tensioactives (parties hydrophobes à l'intérieur de la goutte d'huile) et les parties extérieures hydrophiles vont se lier à l'eau.

Là encore la température a son importance : plus la température est basse, moins l'huile et l'eau arrive à se mélanger.

### PLATS

#### LES CUISSONS

La cuisson est considérée par certains comme l'art de la cuisson. La cuisson permet de rendre les aliments assimilables et de leur donner du goût. En effet, les viandes s'attendrissent à la cuisson, de



même les légumes perdent leur raideur... C'est la chaleur qui est responsable de ces transformations. Sous l'effet de la chaleur, les molécules et les atomes emmagasinent de l'énergie et deviennent plus mobiles. Des réactions chimiques ont alors lieu

### Des goûts et des couleurs

10 %



La perception des saveurs par notre langue ne représente que 10 % de la perception totale du goût.

24 litres

Certains gastronomes scientifiques ont réussi à préparer 24 litres de mayonnaise à partir d'un seul jaune d'œuf.

### Une cuisson sans chaleur



La cuisson dans l'acide (jus de citron, vinaigre), tout comme la chaleur, assure la coagulation des protéines. C'est le cas par exemple des carpaccios de bœuf ou de saumon.

### Épices et aromates



On distingue les épices des aromates : le premier est odorant alors que le second excite la saveur et n'a en général que peu d'odeur. À noter que l'ail, par exemple, est une épice et un aromate en même temps.

### Les réactions de Maillard



À partir de 145 °C

Les réactions les plus célèbres

### Structure des micelles

#### Tensioactif :

Partie hydrophile (ionique)

Partie lipophile

#### Micelle :

Goutte d'huile

Partie hydrophile soluble dans l'eau

Partie lipophile soluble dans l'huile

#### Mayonnaise :

eau

huile



d'eau vont grossir. Grâce à un réseau très solide créé lors du montage des blancs au fouet, les bulles d'air n'éclatent pas et sont maintenues dans la masse. Le réseau qui maintient les bulles d'air emprisonnées est constitué d'un mélange de protéines, d'air et d'eau. Le fouettage introduit les bulles d'air qui deviennent de plus en plus petites avec la vigueur du fouettage. De même, les protéines normalement repliées sur elles-mêmes se déplient, ce qui favorise l'établissement de liaisons avec des molécules voisines. Ainsi se forme un réseau très serré. Il est souvent conseillé d'ajouter du sel ou un élément acide (vinaigre,

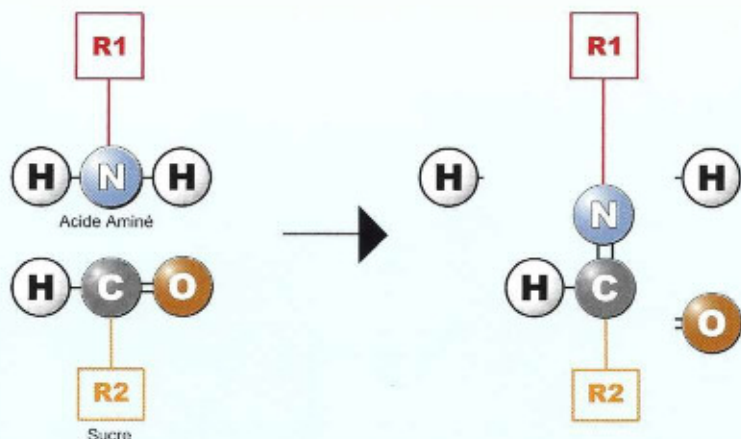


on observe que l'eau, plus dense que l'huile, reste au fond alors que les gouttelettes d'huile se rassemblent à la surface.

Pour la mayonnaise, des molécules tensioactives contenues dans le jaune d'œuf (principalement les lécithines) vont permettre de maintenir ce mélange. Une molécule tensioactive est composée d'une partie hydrophile qui se lie à l'eau et



## Réaction de Maillard



car les molécules se rencontrent - qu'elles soient de même nature ou de nature différente - et forment de nouveaux composés. La chaleur se communique aux plats suivant trois mécanismes : la convection, la conduction et le rayonnement.

### La conduction

La conduction concerne plus particulièrement les aliments solides. Lors de la cuisson d'un **gigot** dans



un four par exemple, les molécules de surface sont agitées par la chaleur et vont transmettre leur énergie à des molécules situées plus en profondeur. Cette transmission d'énergie progressive permet une cuisson lente de ce type de plat.

### La convection

La convection, elle, accélère la transmission de chaleur dans les liquides. C'est le cas lorsqu'on chauffe une casserole d'eau. L'eau du fond, en contact avec le fourneau, chauffe tout d'abord par conduction. Puis, des mouvements de liquide ont lieu au sein de la casserole. L'eau chaude du fond étant moins dense que l'eau froide qui se trouve au-dessus, l'eau chaude va monter à la surface et être remplacée par de l'eau froide de surface qui va alors être chauffée par conduction, etc. Grâce à ces mouvements de convection, on peut préparer un bouillon à être transformé en sauce. On



appelle cette technique le **dépouillement** : on écume le liquide dans lequel a cuit une viande, c'est-à-dire qu'on élimine les **particules solides** qui sont remontées à la surface. Ensuite, on peut incorporer ce bouillon clair à un roux (farine revenue dans du beurre) par exemple.

### Le rayonnement

Le chauffage par rayonnement est le principe du rôtissage des viandes. Le feu ou le grill émet des rayons analogues à ceux de la lumière mais invisibles pour l'homme : ce sont des rayonnements infrarouges. Ces rayons se propagent en ligne droite et sont arrêtés par des corps opaques qu'ils chauffent et cuisent.

Il existe un autre type de chauffage par rayonnement : le **micro-onde**. Dans ce



cas les rayons pénètrent les aliments : ils agitent les molécules d'eau qui vont transmettre leur énergie aux molécules avoisinantes, insensibles à ce type de rayonnement.

### Rôtir, griller, saisir, rissoler... : les réactions de Maillard

Par différentes méthodes culinaires, on obtient le brunissement des aliments et la formation de nombreux composés savoureux. Cette cascade de réactions chimiques dont tous les secrets n'ont pas encore été révélés, se déroulent à partir de 145 °C entre un sucre réducteur et un acide aminé. Ces deux éléments sont présents dans les viandes, mais aussi le **pain** (la croûte



du pain brunit à la cuisson), la bière, le chocolat, etc. Les substances aromatiques et colorées qui se forment sont des produits volatils et odorants qui donnent couleur et saveur à cette multitude d'aliments.

D'un point de vue chimique, un acide aminé et un sucre réagissent ensemble pour former une base de Schiff et une molécule d'eau. La base de Schiff étant instable, elle se transforme rapidement en composé d'Amadori. D'autres réactions en découlent suivant l'environnement et d'autres paramètres

encore mal connus.

À noter qu'en présence de graisse, les molécules formées diffèrent et sont de qualité gastronomique supérieure.

### LES SAUCES



La gastronomie française est aussi réputée pour ses **sauces**. Une sauce doit présenter une certaine viscosité : elle doit napper la viande, le poisson ou le légume qu'elle accompagne et apporter de nouveaux arômes. Il existe plusieurs types de sauces : principalement les sauces liées et les sauces émulsionnées chaudes.

### Les liaisons

Une liaison sert à donner de la consistance à un jus de cuisson ou à un fond. Un fond est une préparation culinaire liquide et aromatique plus ou moins concentrée. On l'obtient en faisant pocher dans de l'eau une garniture aromatique (carotte, oignon, bouquet garni, etc.) et des morceaux de carcasse et d'os de viande, ou encore d'arêtes et de parures de poisson.

Il existe plusieurs types de liaisons : la liaison au jaune d'œuf et/ou à la crème, la liaison au sang, à l'amidon... La



liaison avec un roux - blanc, blond ou brun, tout dépend de la couleur et du goût de la sauce désirée - est fréquemment utilisée. Le roux permet aussi de faire des **béchamel**s et autres sauces dérivées. Là encore, la réaction de Maillard intervient. En effet, un roux étant constitué de farine revenue dans du beurre, suivant le temps de cuisson, on obtient un roux plus ou moins coloré car les acides aminés et les sucres contenus dans la farine ont réagi ensemble.

### Les sauces émulsionnées chaudes

Les sauces émulsionnées chaudes sont plus ou moins stables. Par exemple, les

beurre blanc, beurre nantais et beurre



fondus sont des sauces émulsionnées chaudes instables. En revanche, les sauces béarnaise, **hollandaise** et autres déclinaisons sont

semi-coagulées.

Le principe est similaire à la confection d'une mayonnaise sauf que pour la sauce hollandaise, c'est du beurre fondu qu'on ajoute à un mélange d'eau et de jaune d'œuf. Cette opération se faisant à chaud, toute la difficulté réside dans la coagulation des protéines de l'œuf : elle ne doit pas être trop rapide.

### DESSERTS

Entre glaces, sorbets, entremets, gâteaux et confiseries... la liste des desserts est longue. Là



encore, les œufs, la farine, les laitages jouent un rôle de premier ordre. Un autre ingrédient se rencontre souvent dans différents types de dessert : le **chocolat**. Grâce à la torréfaction des fèves de cacao, la fameuse réaction de Maillard apporte des composés aromatiques qui sont tant appréciés dans le chocolat.

Dans tous les cas, la particularité première d'un dessert est d'être sucré.

### L'UTILISATION DU SUCRE

Le sucre et ses différentes formes, tel le caramel, est un ingrédient indispensable pour la confection d'un dessert.

Il existe différentes phases de cuisson du sucre et suivant la température du sucre cuit, le sucre sera utilisé dans telle ou telle préparation.

Par exemple, le sucre dit nappé (environ 105 °C) sert pour la confection des confitures, gelées et marmelades. Le sucre appelé boulé, vers 120 °C, est incorporé à des blancs montés en neige pour la réalisation d'une meringue italienne. Une meringue italienne est généralement utilisée sans cuisson.

C'est elle qu'on utilise pour décorer une tarte au citron meringuée par exemple. Elle peut caraméliser au four ou sous la salamandre (sorte de grill) après avoir été saupoudrée de sucre glace. En revanche, une omelette norvégienne est réalisée avec une meringue dite française. La meringue française est réalisée à partir de blancs montés en neige et de sucre non cuit.

Le sucre à une température de 145 à 150 °C, sucre appelé grand cassé, permet la réalisation de décors en sucre



comme les îles flottantes qui sont présentées dans une cage en sucre dans certains restaurants gastronomiques.

Le **caramel** lui, apparaît vers 170 à 180 °C. Au-delà de cette température, on obtient un caramel foncé utilisé comme colorant.

## CHIMIE GASTRONOMIQUE ET INDUSTRIE ALIMENTAIRE

L'industrie alimentaire a toujours appliqué des principes scientifiques rigoureux dans ses cuisines et ses laboratoires.

En effet, l'objectif essentiel des industriels est de proposer des produits faciles d'emploi et qui se conservent. Par exemple, les vinaigrettes qui sont des émulsions instables, sont présentées dans l'industrie agroalimentaire comme des fluides homogènes, stables et capables de rester plusieurs semaines sur les étagères d'un **supermarché**



et plusieurs jours dans le réfrigérateur d'un consommateur après ouverture. Pour beaucoup, l'industrie agroalimentaire est synonyme de produits chimiques et de cuisine d'usine.

Inspirés par les propriétés naturelles de certains aliments, comme les propriétés anti-oxydantes de la vitamine C ou les propriétés émulsifiantes de certains agents tensioactifs, les industriels ajoutent à leurs préparations des produits de synthèse aux mêmes propriétés, souvent améliorées par la chimie pour garantir protection, couleur et

stabilisation des aliments.

Ainsi, dès la fin des années 1940, on pouvait trouver dans l'industrie des poudres à bavaroi qui faisaient des mousses de très bonne tenue ou encore des arômes de truffe élaborés sans un milligramme de truffe.

Pourtant, rien n'égale le goût de la truffe en tant que champignon. La chimie des arômes étant très complexe, les chimistes n'ont réussi à resituer que 4 ou 5 arômes sur les 9 arômes que contient la truffe.

Aujourd'hui encore les recherches en physico-chimie des aliments ont permis de mettre sur le marché de nouveaux produits (du beurre facilement tartinable, ou qui ne brûle pas à la cuisson ; du chocolat maintenu liquide à température ambiante, prêt à l'emploi...) y compris des plats cuisinés qui se conservent.

C'est en effet dans ce domaine que la recherche est la plus active actuellement. Pour répondre à la demande du consommateur, certains grands chefs tentent même de proposer de plats préparés gastronomiques. Connaissant les contraintes de l'industrie agroalimentaire (utilisation d'additifs, de colorants et de conservateurs), le défi est de taille. Et aujourd'hui encore, rien ne peut égaler le plaisir des sens que l'on peut rencontrer à la table d'un grand restaurant.