

LA CHIMIE ENRICHIT NOS ASSIETTES

Emmanuel Durocher, Noël Baffier, Jean-Claude Bernier

D'après l'article *La chimie au service du goût*
de Patrick Etiévant publié dans l'ouvrage « La chimie et l'alimentation »
EDP Sciences, 2010, ISBN : 978-2-7598-0562-4

QU'EST-CE QUE LE GOÛT ?

Le goût est, parmi les cinq sens, celui qui associe à la fois la saveur et l'odeur, mêlées à l'ensemble des perceptions multiples et variées, dites somesthésiques (comme le son, la notion de craquant, l'irritation, le piquant, la température, etc.) qui accompagnent les sensations de saveur et d'odeur des aliments (figure 1).

Derrière notre perception du goût (1), il se passe de nombreux phénomènes très complexes qui font intervenir d'abord des constituants chimiques de l'aliment : on estime que la nature fournit environ 20 000 molécules odorantes perçues par l'homme, qu'elles soient musquées, mentholées, camphrées, éthérées, piquantes, putrides... (figure 2) et près de 5 000 pour les saveurs, qu'elles soient sucrées, salées, acides ou amères (figure 3).



Figure 1 – Ça craque, ça pique, c'est froid... Nombreuses sont les perceptions somesthésiques qui accompagnent les sensations de saveur et d'odeur des aliments.

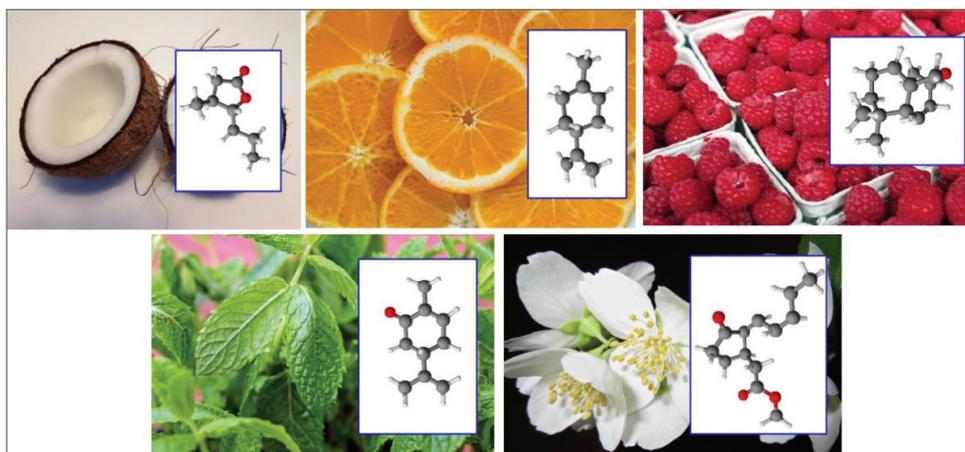


Figure 2 – Limonène, ionone, carvone, jasmonate... il se dégage des plantes et des fruits des milliers de molécules qui font les parfums et fragrances de la nature... et de nos aliments.

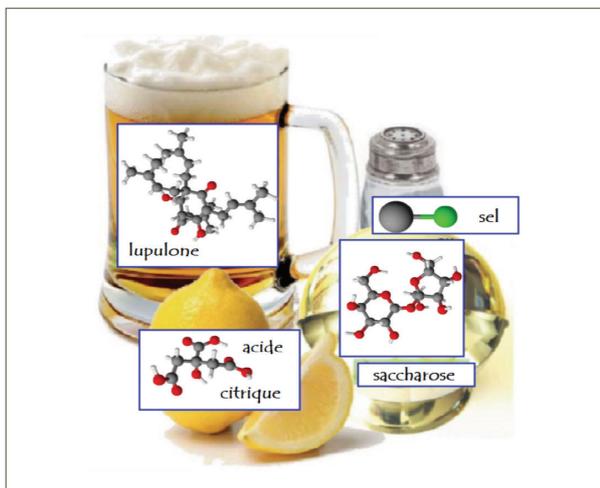


Figure 3 – Quelles molécules rendent donc nos aliments sucrés, salés, amers ou acides ? Derrière ces saveurs se cachent le saccharose, le chlorure de sodium, la lupulone, l'acide citrique, et des milliers d'autres molécules possibles...

Une molécule odorante (2) doit être suffisamment volatile pour que, lorsque nous mangeons, ces molécules se fixent sur des récepteurs (protéines

situées sur notre langue et dans notre nez). Nous sommes ainsi dotés de près de 380 récepteurs olfactifs différents qui ont une affinité plus ou moins spécifique pour une centaine de molécules odorantes (figure 4). Dans les cas extrêmes, notre sensibilité à certaines molécules peut atteindre le mille milliardième de gramme de molécule odorante par kilogramme d'aliment, suffisant pour que nous puissions détecter une odeur. L'odorat joue ainsi un rôle capital dans la perception du goût à tel point qu'en cas de rhume, les sensations de goût sont considérablement réduites.

Quant aux récepteurs des molécules qui provoquent une saveur, tous ne sont pas encore connus et sont estimés à une trentaine seulement, principalement situés sur la langue (les papilles gustatives) et dans une moindre mesure le palais et le pharynx. Leurs sensibilités sont de l'ordre du milligramme par kilogramme. Parmi les plus faibles concentrations perceptibles par l'homme, on trouve la thaumatine (figure 5), une protéine extrêmement sucrée, environ

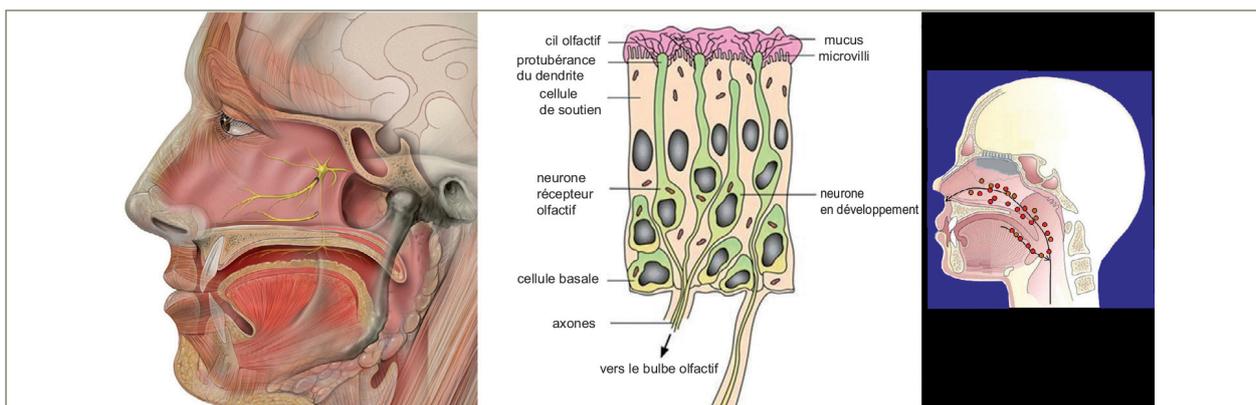


Figure 4 – La molécule odorante est captée par le système olfactif, situé au niveau de la muqueuse olfactive (dans le nez), qui recouvre environ 2 m² de la surface de la muqueuse nasale. Cette région est géographiquement très proche du cerveau, vers lequel elle transporte ses messages chimiques et communique avec le fond de la bouche. C'est ainsi que lorsqu'on mange, le nez perçoit les arômes par voie « rétro-nasale ». Source : Patrick J. Lynch, medical illustrator.

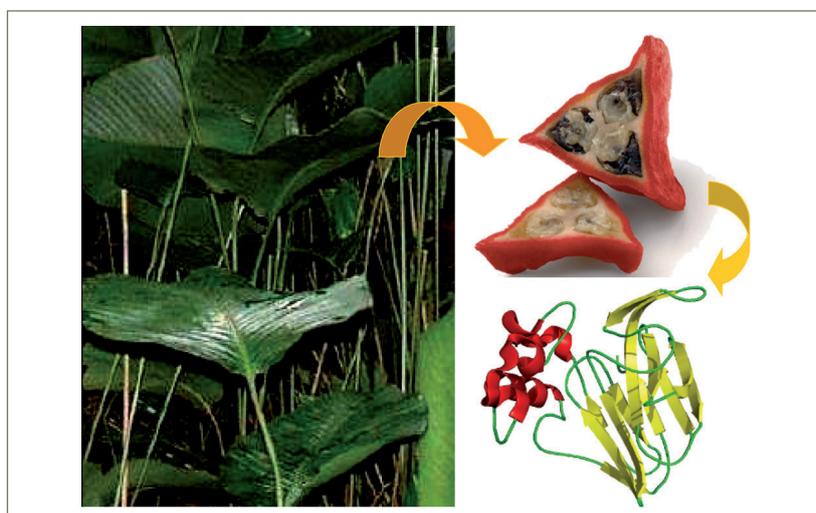


Figure 5 – De la graine de *Thaumatococcus daniellii* est extraite la molécule de thaumatococine, une petite protéine (en rouge et jaune) à fort pouvoir sucrant.

2 000 fois plus que le saccharose (3) ce qui en fait un excellent édulcorant et exhausteur de goût.

La figure 6 montre que l'arrière des yeux, les cavités nasale et buccale sont tapissées de terminaisons nerveuses et de récepteurs à l'origine des perceptions somesthésiques : pression, irritation, vibration, chaleur... Cependant, certains mécanismes restent encore à éclaircir (3).

DE L'ALIMENT À LA PERCEPTION DU GOÛT

Pour le fabricant, il est nécessaire d'en connaître plus sur la manière dont un additif va être perçu par l'organisme, de la mastication jusqu'à la déglutition finale, sachant qu'il sera mélangé à une multitude d'autres molécules de goût et que leurs perceptions ne nous atteindront jamais au même moment, jamais avec la même intensité. Il ne s'agit donc pas simplement de rajouter de l'arôme dans un aliment mais d'en comprendre le mécanisme de sa libération et de son cheminement jusqu'aux récepteurs olfactifs.

Tout d'abord, la plupart des molécules d'arôme sont solubles dans les graisses et peu dans l'eau ; elles restent généralement dans les lipides mais peuvent aussi s'associer à des macromolécules telles que l'amidon (4) : c'est par exemple le cas de la δ -déalactone (figure 7), une molécule à odeur de noix de coco capable de s'emprisonner dans de l'amidon. Les molécules d'arôme auront dès le départ du mal à s'extraire d'un aliment contenant à la fois des lipides et de l'amidon (par exemple dans la sauce blanche ou une purée avec de la crème). Par ailleurs, les arômes ont un trajet jonché d'obstacles au sein de l'aliment avant de s'en libérer et il arrive que des aliments (polysaccharides : yaourts,

jus de fruits...) soient texturés par de longs réseaux tridimensionnels de macromolécules qui limitent la diffusion des arômes dans les aliments, ce qui ralentit leur libération dans la bouche et on risque d'avaler l'aliment sans en reconnaître le goût.

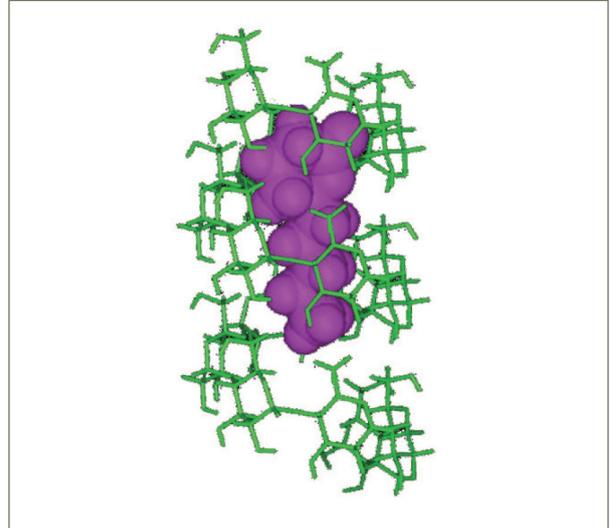


Figure 7 – Pour encapsuler la δ -déalactone (en violet), il suffit de la mélanger dans de l'eau à de l'amidon (en vert), puis de chauffer, ce qui favorise la formation du complexe amylose- δ -déalactone (l'amylose est une composante de l'amidon). Au refroidissement, le complexe précipite : l'arôme reste piégé dans l'amidon.

Par exemple, on a découvert récemment une particularité des cellules dites « entérochromaffines » dans le tube digestif (figure 8) qui possèdent leurs propres récepteurs olfactifs et peuvent percevoir l'odeur de l'aliment lors de son passage dans le tube digestif et émettre de la sérotonine qui va animer l'intestin et préparer la digestion, même si les molécules olfactives n'atteignent pas les récepteurs de la muqueuse nasale.

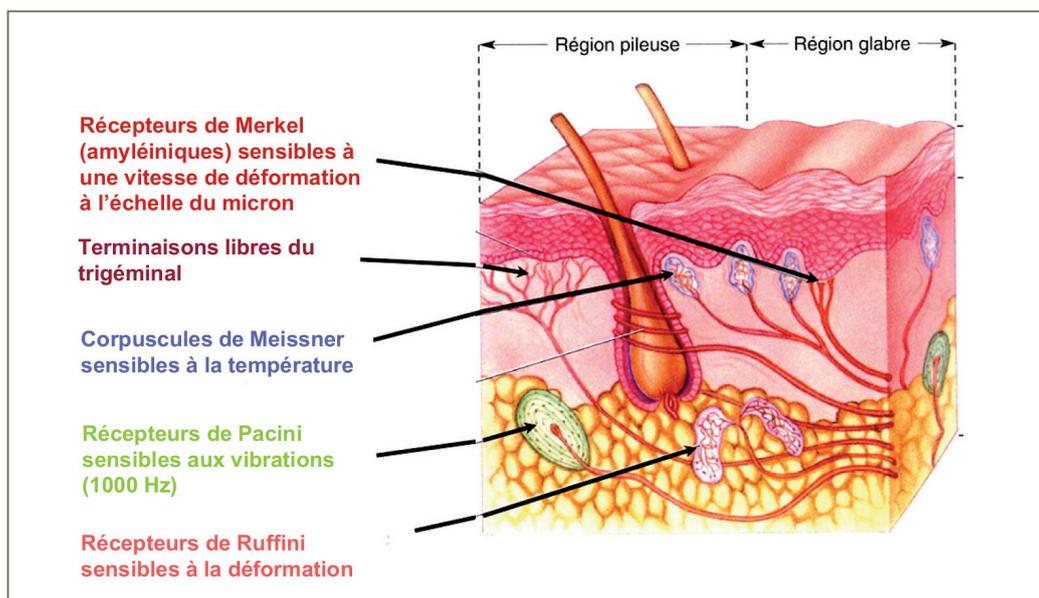


Figure 6 – Les récepteurs à l'origine des perceptions somesthésiques.

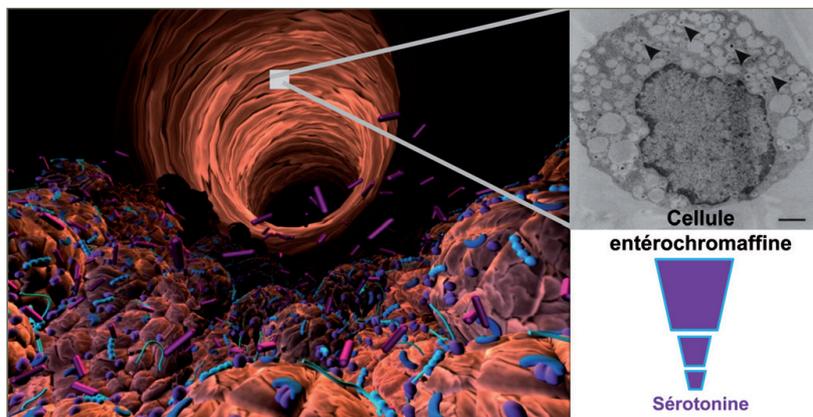


Figure 8 – Dès l'arrivée des molécules d'arôme dans le tube digestif, elles sont perçues par des récepteurs des cellules entérochromaffines, qui donnent alors le signal (sécrétion de la sérotonine) à l'intestin pour qu'il se prépare à travailler.

Pour aider les arômes à atteindre nos récepteurs, il est possible de saler nos plats (le sel favorise la libération des aliments, surtout s'ils sont pauvres en lipides). La mastication facilite la libération des arômes dans la bouche et c'est encore mieux si l'on mâche longtemps car la salive est renouvelée en permanence au cours de cette phase, contribuant à un lavage continu des aliments, une sorte d'« inondation » qui emporte de plus en plus les molécules d'arôme. De plus, la respiration provoque une « tempête » entraînant les molécules dans l'air vers la cavité nasale.

À proximité des récepteurs, une nouvelle difficulté apparaît pour ces molécules généralement hydrophobes entraînées par le flux respiratoire : les récepteurs olfactifs sont situés dans les cils olfactifs qui baignent dans un mucus principalement constitué d'eau. Les molécules d'arôme vont donc devoir traverser cette phase aqueuse mais il semble que le transport de ces arômes vers leur destination finale soit facilité par des protéines capables de les fixer et présentes en grande quantité dans la salive. Une fois arrivées, les molécules d'arôme se fixent sur les récepteurs et délivrent un signal chimique qui est transformé en un signal électrique : ce dernier est envoyé vers le cerveau par des milliers de fibres nerveuses qui sont la prolongation interne des mêmes neurones émettant côté externe leurs cils olfactifs. C'est à ce niveau que nous prenons conscience du goût (ici en particulier de l'arôme).

LES MOLÉCULES DU GOÛT : COMMENT FAIRE LE TRI ?

Les consommateurs étudient mieux les emballages (origines, normes de qualité, compositions) et deviennent exigeants en matière de goût et de santé ; les informations sont nombreuses et l'on



Figure 9 – Le Blue Book, bible des produits alimentaires de la Communauté européenne. Source : INRA/Patrick Etiévant.

peut parfois s'y perdre. Les réglementations en matière de produits alimentaires sont de plus en plus strictes : par exemple pour les arômes (5), près de 2 550 molécules sont répertoriées, faisant l'objet d'autorisations spécifiques, elles figurent sur une « liste positive » décrivant la molécule elle-même, les sources à partir desquelles on peut l'extraire, les aliments dans lesquels on a le droit de l'ajouter, ses éléments toxicologiques... comme on peut le voir dans le *Blue Book* de la Communauté européenne (figure 9). Des études ont été réalisées sur la toxicité des molécules, pouvant aboutir à l'établissement d'une dose journalière admissible afin de ne pas avoir d'effets dommageables sur la santé. Les origines des molécules peuvent être de trois types :

- ▶ 70 % des arômes consommés en France sont d'origine naturelle. Largement utilisés comme additifs, on trouve dans cette catégorie des arômes d'origine végétale, tels que les

aromates (cannelle, vanille, poivre...) et les arômes de fruits, de légumes et de céréales, les huiles essentielles (citronnelle, menthe...); les arômes d'origine animale (viandes, lait et fromages, poissons). Ils sont obtenus par distillation, par pression à froid, par infusion (macération dans de l'alcool), ou au moyen de solvants organiques [6];

- ▶ 30 % des molécules sont dites « **identiques naturels** ». Elles sont synthétisées à l'identique de celles fournies par la nature, dont l'extraction à partir de leurs sources peut être coûteuse; de plus, elles ne sont pas toujours présentes en grande quantité dans le milieu naturel. Elles reviennent beaucoup moins chères mais n'ont pas droit, selon la législation européenne, à l'étiquetage « arôme naturel ». Ces molécules peuvent être synthétisées à partir de précurseurs fossiles issus de la pétrochimie, ou issues, si c'est possible, de milieux naturels plus accessibles – on parle alors d'« hémisynthèse ». C'est le cas de la vanilline, principal

arôme de la vanille, arôme le plus fabriqué dans le monde (figure 10). L'extraction de cette molécule à partir des gousses de vanille étant très chère, il est possible de l'obtenir par hémisynthèse à partir du gaïacol (présent dans le bois de gaïac), de l'eugénoïl (extrait du clou de girofle) ou encore la lignine (un des constituants du bois) [7];

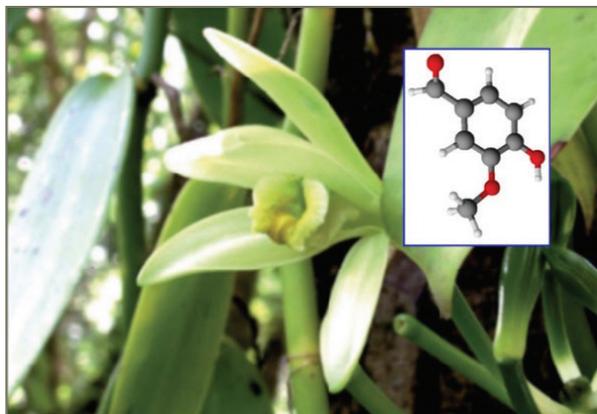


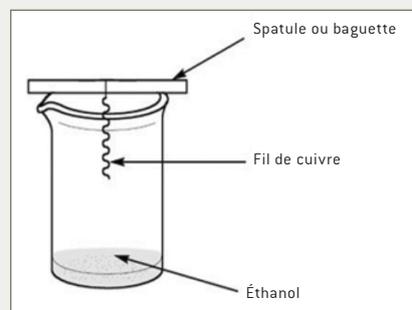
Figure 10. La vanilline principal arôme de la vanille, est l'additif alimentaire le plus fabriqué au monde.



Petite expérience olfactive : transformation de l'éthanol pour obtenir l'odeur d'une pomme verte

Protocole

- ▶ Dénuder un fil électrique de cuivre.
- ▶ Enrouler le fil de cuivre nu sur une baguette pour avoir un genre de tire-bouchon qu'on accroche à son extrémité à une spatule ou une baguette de bois.
- ▶ Chauffer le tire-bouchon au rouge avec un bec électrique (ou bec bunsen) ou un chalumeau.
- ▶ Le suspendre au-dessus d'un bécher contenant un fond d'éthanol sans toucher le liquide.
- ▶ Après quelques minutes enlever le morceau de cuivre.

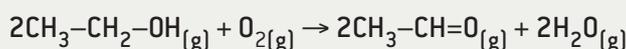


Observations

Lorsque le morceau de cuivre est au-dessus de l'alcool, le cuivre reste rouge et une odeur de pomme se répand dans l'atmosphère. Lorsqu'on retire la spirale de cuivre, le cuivre n'est plus rougeoyant.

Explication et modélisation

Cette transformation chimique est modélisée par la réaction d'oxydation de l'alcool par l'oxygène de l'air selon l'équation suivante :



Cette réaction entraîne la production d'éthanal, cette molécule sent l'odeur de pomme. Cette réaction est catalysée par le cuivre incandescent.

De plus cette réaction est exothermique, la réaction chimique libère de l'énergie thermique, celle-ci est communiquée au fil de cuivre, le fil de cuivre reste incandescent. Cette expérience est aussi connue sous le nom de « la lampe sans flamme ».

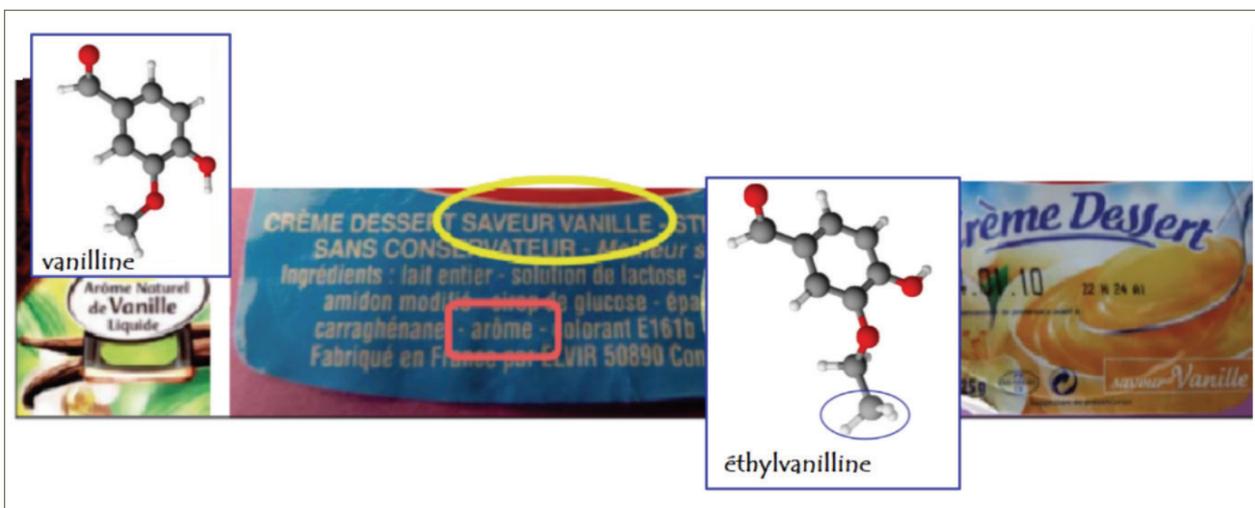


Figure 11 – Le flacon de sucre vanillé de gauche indique « arôme naturel de vanille liquide », ce qui garantit le fait que le produit contient de la vanilline extraite de gousses de vanille. Quant aux crèmes desserts sur lesquelles est indiquée la mention « saveur vanille », nous n'avons pas à faire de la vanilline naturelle, mais à de la vanilline « identique naturelle », ou plus probablement à de l'éthylvanilline. La mention légale figurant alors sur l'étiquette est celle d'« arôme », excluant une origine naturelle, et on ne trouve pas d'image de gousses de vanille car elle n'y est dans ce cas pas autorisée.

- ▶ enfin, une infime quantité des arômes que nous consommons correspond à des arômes dits « artificiels » dont quatorze seulement sont autorisés. Les molécules n'ont jamais été trouvées dans la nature et ont été créées en laboratoire : l'éthylvanilline, dont la structure diffère très légèrement de celle de la vanilline (figure 11), a été imaginée et synthétisée par les chimistes, puis son utilisation a été répandue à partir des années 1930. Elle possède un pouvoir aromatisant trois fois supérieur à celui de la vanilline, ce qui permet d'en utiliser en quantité moindre dans les aliments, par exemple dans les sachets de sucre vanillé.

Mieux connaître les propriétés des arômes, c'est aussi mieux les choisir et mieux les doser en fonction des caractéristiques des aliments que l'on aromatise mais aussi comprendre les comportements entraînant un risque pour la santé et développer des aliments plus adaptés aux besoins de populations à

risque. Si les « scientifiques » cherchent à toujours mieux comprendre les mécanismes de la perception du goût, les consommateurs eux-mêmes cherchent aussi à comprendre ce qu'ils mangent.

POUR EN SAVOIR PLUS

- (1) Le goût : de la molécule à la saveur <http://www.mediachimie.org/node/1707>
- (2) Ingrédients odorants et design olfactif <http://www.mediachimie.org/node/1704>
- (3) Séparation de quelques sucres <http://www.mediachimie.org/node/848>
- (4) Odeurs et représentations mentales <http://www.mediachimie.org/node/1695>
- (5) Zoom sur l'amidon : de l'amidon aux polymères biosourcés <http://www.mediachimie.org/node/2074>
- (6) La fabrication d'un principe actif <http://www.mediachimie.org/node/1672>
- (7) Au secours ! le naturel revient au galop <http://www.mediachimie.org/node/1764>

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

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

Emmanuel Durocher, 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