

# CHIMIE ET ALIMENTATION

## Des enjeux pour les êtres humains aujourd'hui et demain ?

Éric Bausson

### Partie des programmes de physique-chimie associées

- ▶ Programme de physique-chimie et mathématiques de première STL : Partie « Chimie et développement durable »
- ▶ Programme de la spécialité physique-chimie de terminale générale : Partie « Constitution et transformations de la matière »
- ▶ Programmes de première et de terminale ST2S : Parties « Prévenir et sécuriser » et « Analyser et diagnostiquer »

**Mots-clés :** alimentation, nutriments, olfaction, goût, flaveur

### INTRODUCTION

Les domaines de l'alimentation et de la chimie, bien que paraissant distincts à première vue, sont étroitement liés. En effet, l'étude de la composition des aliments, de leurs transformations et de leurs interactions avec notre organisme relève en grande partie de principes chimiques.

L'histoire de l'alimentation et de la chimie remonte à l'Antiquité, lorsque les Grecs et les Égyptiens utilisaient déjà des techniques chimiques rudimentaires pour la conservation des aliments, comme la salaison ou la fermentation. Au Moyen-Âge, des avancées comme la

distillation ont permis de transformer les aliments et les boissons de manière plus sophistiquée. Les médiévaux savaient déjà préserver leur nourriture et pour certains de nos aliments, certaines pratiques et techniques, comme le salage sont toujours d'usage de nos jours.

Cependant, il a fallu attendre le XIX<sup>e</sup> siècle, et l'émergence de la chimie moderne, pour que l'étude scientifique de l'alimentation se développe véritablement. Des pionniers, comme Antoine Lavoisier, considéré comme le père de la chimie moderne, ont posé les bases des premières analyses chimiques des aliments, tandis que des découvertes comme la compréhension des protéines, des glucides et des lipides ont permis de mieux appréhender la nutrition et la digestion.



Figure 1 – Groupe de voyageurs partageant un repas simple composé de pain et de vin (Livre du roi Modus et de la reine Ratio, XIV<sup>e</sup> siècle). © Sophie Tepper.

Aujourd'hui, la chimie joue un rôle essentiel dans la fabrication des produits que nous consommons quotidiennement en permettant d'optimiser leur goût, leur conservation et leur valeur nutritionnelle. Elle explore également les effets des additifs sur la santé humaine, une préoccupation de plus en plus présente dans un monde où les processus industriels ont transformé notre manière de s'alimenter.

La fabrication du caramel et toutes ses variantes (caramel au beurre salé, etc.) n'est pas si anodine que cela car en chauffant de l'eau sucrée, on obtient du caramel après de multiples transformations.



Figure 2. Le caramel, un exemple de transformations chimiques pour la fabrication de produits quotidiens.

Source : <https://www.finedininglovers.fr/article/caramelisation>.

Dans ce dossier, nous allons aborder différents points mettant en lumière les liens entre la chimie et l'alimentation. La majorité des illustrations est issue de certaines conférences du colloque « Chimie et alimentation » du 12 février 2025.

## L'ALIMENTATION, APPORT D'ÉLÉMENTS CHIMIQUES ESSENTIELS À LA VIE

Les besoins en eau et en nutriments sont quotidiens pour tout être humain. Les nutriments sont regroupés en deux catégories les macronutriments (protides, glucides, lipides) et les micronutriments (vitamines et oligoéléments). Les apports se font essentiellement avec notre alimentation et ils nous permettent d'obtenir l'énergie nécessaire au fonctionnement quotidien de l'organisme et permettent au corps de se développer, de se renforcer et d'évoluer.

D'un point de vue chimique, nous n'avons pas besoin de tous les éléments chimiques pour notre métabolisme, c'est-à-dire l'ensemble des réactions chimiques dans le corps d'un être humain lui permettant de se maintenir en vie, de se reproduire, de se développer et de répondre aux stimuli de son environnement.

		éléments chimiques indispensables 19										éléments chimiques nécessaires 7						éléments chimiques inutiles																												
1	1	H											18	2	He																															
2	3	Li	4	Be											10	10	Ne																													
3	11	Na	12	Mg											13	14	15	16	17	18	Ar																									
4	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr										
5	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe										
6	55	Cs	56	Ba	57	La	58	Hf	59	Ta	60	W	61	Re	62	Os	63	Ir	64	Pt	65	Au	66	Hg	67	Tl	68	Pb	69	Bi	70	Po	71	At	72	Rn										
7	87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Rf	91	Db	92	Sg	93	Bh	94	Hs	95	Mt	96	Ds	97	Rg	98	Uub	99	Uut	100	Uuq	101	Uup																

Figure 3. Éléments chimiques essentiels pour la vie. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Bernard. Meunier, <https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057094984>.

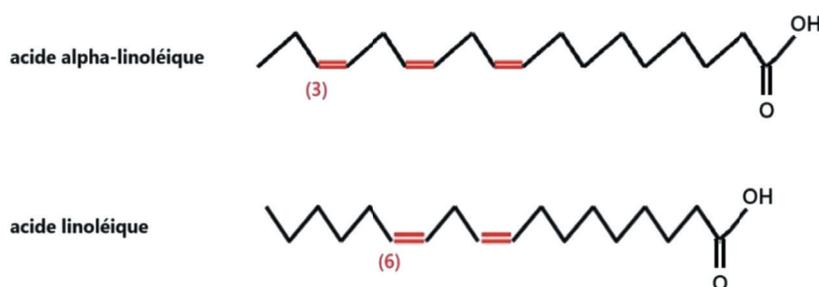
Les micronutriments n'étant pas tous synthétisés par le corps humain ou en quantité suffisante, il convient de rester vigilant. Il faut donc qu'ils soient apportés par l'alimentation. Parmi eux, nous pouvons citer les vitamines hydrosolubles (B1, B6, B9, B12, C), liposolubles (A, E, D) et oligoéléments (fer (Fe), zinc (Zn),

cuivre (Cu), sélénium (Se)). Mais tout n'est pas si simple : en effet, si une carence est bien sûr néfaste, un excès peut être tout aussi dévastateur ! Les apports journaliers recommandés (AJR) et les limites de sécurité (LSS) sont des repères pour éviter l'apparition de carences ou d'excès en micronutriments.

L'apport de l'élément iode (I) dans le corps humain grâce au sel de table iodé est un exemple bien connu. Il est recommandé de consommer au moins 150 microgrammes d'iode par jour. L'iode contribue au fonctionnement normal du système nerveux, à la production normale d'hormones thyroïdiennes et à une fonction thyroïdienne normale. En cas de carence en iode, une hypertrophie (goitre) de la glande thyroïde est possible. Ce sel de table peut être aussi fluoré et contribue ainsi au maintien de la minéralisation des dents.

En France, l'arrêté du 24 avril 2007 relatif aux substances d'apport nutritionnel pouvant être utilisées pour la supplémentation des sels destinés à l'alimentation humaine est toujours en vigueur aujourd'hui. Par kilogramme de sel iodé et fluoré, nous y retrouvons 250 mg de fluor et de 15 à 20 mg d'iode. Pour couvrir nos besoins en iode, il suffirait de consommer chaque jour au minimum 10 g de ce sel iodé et fluoré.

Un autre exemple souvent cité est celui des oméga-3 et oméga-6. Il s'agit d'acides gras polyinsaturés essentiels pour le bon fonctionnement de l'organisme. Donc d'un côté, ils ont un groupement carboxyle (-COOH) et de l'autre une chaîne carbonée ayant au moins deux doubles liaisons entre deux atomes de carbone (donc au moins deux C=C). Ils sont appelés « oméga-3 » si la première C=C débute sur le troisième atome de carbone opposé à -COOH, et « oméga-6 » s'il s'agit du sixième.



Les bénéfices tirés des oméga-3 sont multiples car ils réduisent les triglycérides, abaissent la pression artérielle et améliorent la fluidité du sang mais aussi la mémoire et réduisent le risque de maladies neuro-dégénératives. Ils participent aussi à la structure de la rétine et réduisent le risque de dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), etc.

Pour ce qui concerne les oméga-6, ceux-ci participent à l'hydratation et à la souplesse de la peau, interviennent dans la croissance et la régénération des cellules et sont impliqués dans la réponse inflammatoire pour combattre les infections.

Le corps humain ne peut pas synthétiser directement tous les acides gras essentiels oméga-3 (acide alpha-linolénique) et oméga-6 (acide linoléique). Ils doivent donc être apportés par l'alimentation (Tableau 1).

Tableau 1. Acides gras essentiels oméga-3 et oméga-6.

Aliments riches en oméga-3	Aliments riches en oméga-6
huile de lin, huile de colza, huile de noix, huile de chanvre	huile de tournesol, huile de maïs, huile de soja, huile de pépins de raisin
saumon, maquereau, sardine, hareng, thon	œufs, viandes grasses, produits laitiers
graines de lin, graines de chia, noix de Grenoble	graines de tournesol, noix, amandes, noisettes
spiruline, chlorelle, certaines algues marines	

↓



Omega 3

↓



OMEGA-6

Cependant, un excès d'oméga-6 par rapport aux oméga-3 peut favoriser l'inflammation. Il est donc important d'avoir un bon équilibre entre ces deux acides gras.

## ALIMENTATION ET LA CHIMIE AU SERVICE DE L'OLFACTION, DU GOÛT ET DE LA FLAVEUR

Les notions d'olfaction, de goût et de flaveur sont toutes liées à la perception sensorielle des aliments, mais elles désignent des aspects différents.

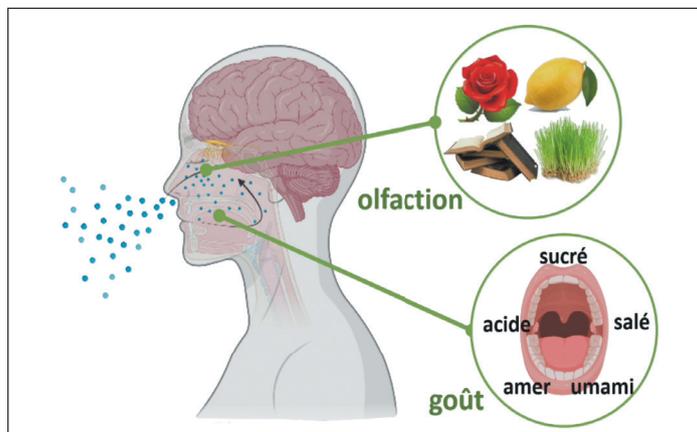


Figure 4. L'olfaction, le goût et la flaveur. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Claire de March, <https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057103103>.

L'olfaction fait référence à la perception des odeurs. C'est le sens qui nous permet de détecter les molécules odorantes présentes dans l'air, notamment celles qui proviennent des aliments. Lorsqu'on ouvre un sachet de café, l'odeur forte et caractéristique qui s'en dégage provient de composés volatils perçus par notre nez. Cette sensation est une réponse directe de l'olfaction.

Le goût, quant à lui, est la capacité de détecter certaines saveurs via la langue et les papilles gustatives. Il existe cinq saveurs primaires : sucré, salé, acide, amer et umami (présence de glutamate de sodium comme dans la tomate et le parmesan). Ces saveurs sont perçues à partir des molécules dissoutes dans la salive. Quand vous goûtez un morceau de chocolat, vous pouvez ressentir une saveur sucrée et parfois une note amère si le chocolat est riche en cacao.

La flaveur est la combinaison de l'olfaction et du goût qui crée l'expérience globale d'un aliment ou d'une boisson. C'est l'interaction entre ces deux sens qui donne l'impression complète d'un aliment, y compris ses nuances et ses arômes.

Lorsque vous mangez une pomme, la flaveur provient de l'association des saveurs sucrées et acides perçues par votre langue (goût) et des arômes fruités que vous sentez en même temps (olfaction). Cette association permet de reconnaître pleinement le goût de la pomme.

Dans notre alimentation, parmi les très nombreuses entités chimiques présentes, celles qui sont volatiles ont la particularité d'être détectées par notre odorat.

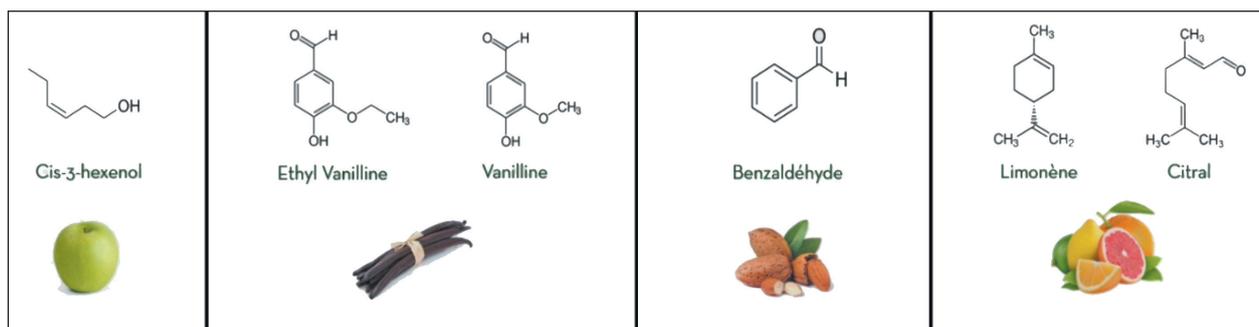


Figure 5. Quelques molécules présentes dans notre alimentation. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Margaux Cavailles, <https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057125195>.

Toutes celles présentées ci-dessus sont d'origine naturelle, même l'éthylvanilline, classée à tort comme arôme artificiel pendant de nombreuses années, car elle est présente dans la vanille provenant de Tahiti (*Vanilla tahitensis*). L'éthylvanilline a été synthétisée depuis au moins cinquante ans en laboratoire suivant le procédé ci-dessous :

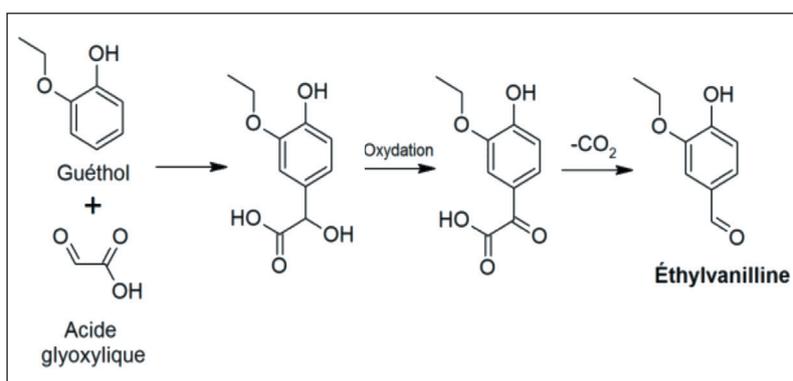


Figure 6. Réactions chimiques permettant d'obtenir de l'éthylvanilline (Source : <https://phytochemia.com/fr/2017/03/31/1204/>)

La seule différence entre la vanilline et l'éthylvanilline est le remplacement du groupement méthoxy (-O-CH<sub>3</sub>) par le groupement éthoxy (-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>). À quantité de matière égale, l'arôme de vanille dû à l'éthylvanilline de synthèse est dix fois plus prononcé que celui de la vanilline naturelle ou synthétique, d'où son emploi comme exhausteur de goût dans notre alimentation.

Pour la vanilline, Il existe différents procédés chimiques pour l'obtenir, soit à partir de matières premières naturelles soit en procédant à sa synthèse (Figure 7).

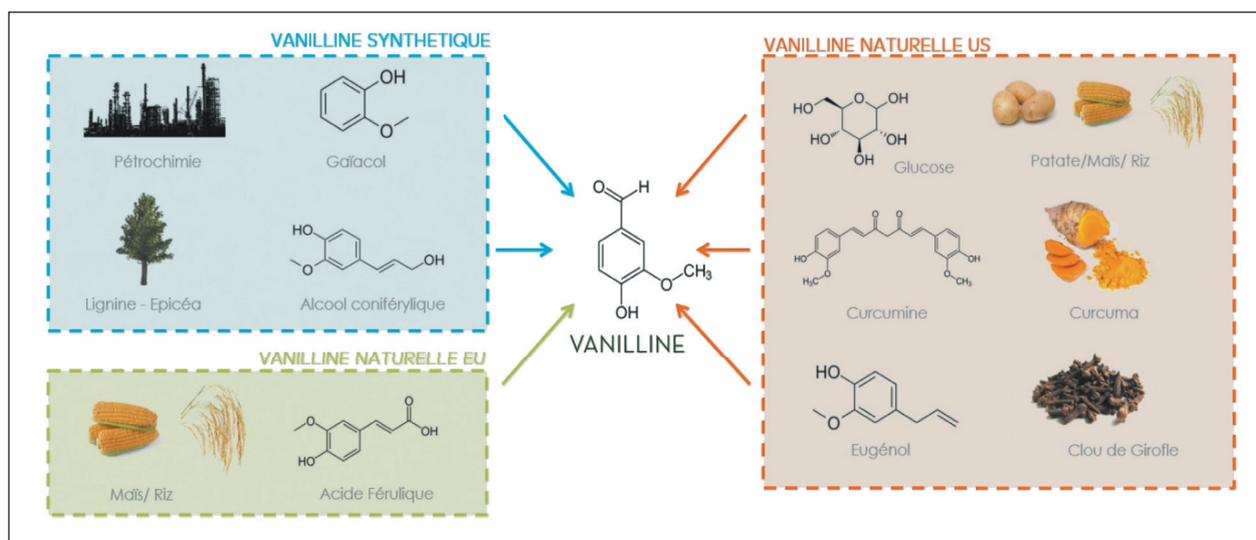


Figure 7. Divers procédés industriels permettant d'obtenir de la vanilline. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Margaux Cavailles, <https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057125195>.

Par exemple, en Europe, la fermentation de l'acide férulique présent dans les sons de certaines céréales (riz, maïs) à l'aide d'une bactérie donnera lieu après extraction et purification à l'obtention de la précieuse molécule de vanilline.

## ALIMENTATION ET PERCEPTION DES ODEURS

Si nous regardons la structure des molécules dont nous percevons l'odeur, il n'est pas simple de trouver la relation entre la structure et l'odeur.

Voici deux exemples :

- ▶ si on substitue le groupement N-H par un atome d'oxygène O, on sent soit des excréments soit du café. Ce n'est pas la même chose !

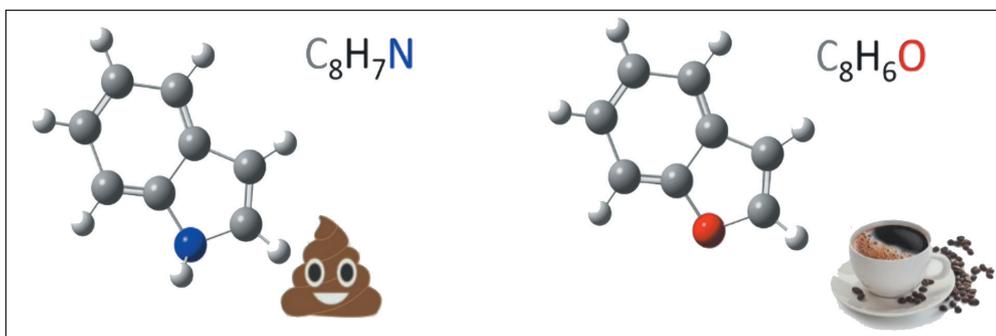


Figure 8. Impact de la substitution d'un atome par un autre sur l'odorat.  
 Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Claire de March,  
<https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057103103>.

- ▶ si nous avons deux molécules énantiomères, images l'une de l'autre dans un miroir plan mais non superposables, alors la perception olfactive est différente. Dans le cas ci-dessous, c'est soit l'odeur du fromage ou de fruits !

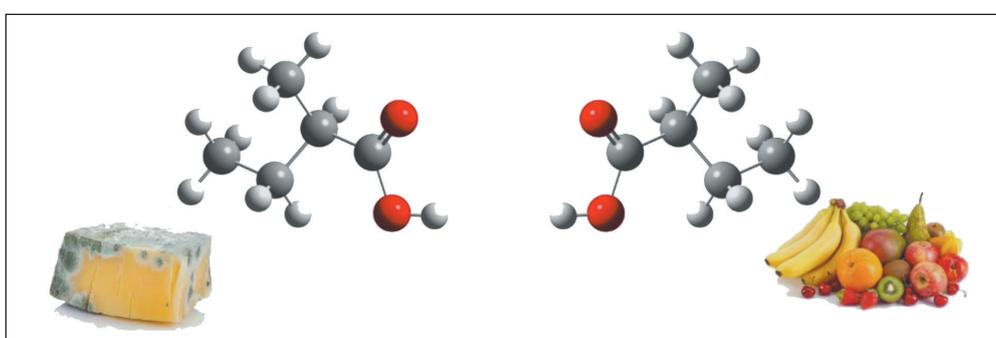


Figure 9. Impact de la chiralité sur l'odorat. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Claire de March,  
<https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057103103>.

Mais les choses se compliquent car la perception olfactive dépend aussi de notre génome

Les gènes codant nos récepteurs olfactifs ne sont connus que depuis 1991 (prix Nobel de médecine en 2004 pour Richard Axel et Linda B. Buck) et la structure des protéines est à ce jour toujours méconnue.

En raison des variations génétiques pour chaque récepteur olfactif au niveau d'une population, la description olfactive d'une même molécule peut être très différente.

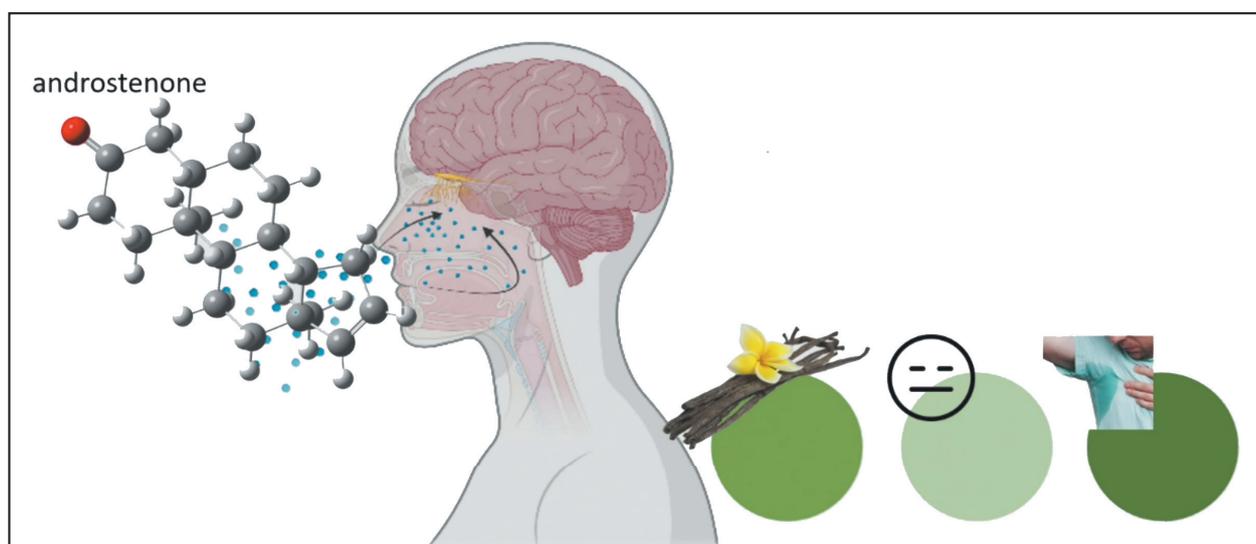


Figure 10. Rôle du génome sur l'odorat. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Claire de March,  
<https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057103103>.

Dans l'exemple de la **figure 10**, l'androsténone peut avoir l'odeur de vanille, de sueur ou aucune ! Les Anglais ne perçoivent pas cette odeur et les Français celle de la sueur ou de l'urine. Sachant que l'androstérone n'est présente que dans la viande de porc non castré, nous comprenons mieux la castration des porcelets en France (et non en Angleterre) en vue de la consommation de viande porcine.

### ALIMENTATION, AUJOURD'HUI ET DEMAIN ?

733 millions de personnes ont été confrontées à la faim en 2023, soit 1 personne sur 11 dans le monde et 1 personne sur 5 en Afrique, selon le dernier rapport sur l'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde (SOFI) publié aujourd'hui par cinq agences des Nations unies.

Le rapport annuel, publié en 2023, dans le cadre de la réunion ministérielle du groupe de travail du G20 chargé de l'Alliance Mondiale contre la Faim et la Pauvreté, avertit que le monde est loin d'atteindre le deuxième objectif de développement durable, Faim « zéro », d'ici 2030. Le rapport montre que le monde a reculé de 15 ans, avec des niveaux de sous-alimentation comparables à ceux de 2008-09.

La croissance démographique et l'urbanisation rapide devraient continuer à exercer une pression sur les systèmes alimentaires mondiaux. Selon les Nations unies, la population mondiale pourrait atteindre près de 10 milliards de personnes d'ici 2050. Cela nécessitera une augmentation substantielle de la production alimentaire tout en garantissant la disponibilité, l'accès et l'utilisation de cette nourriture, notamment dans les pays en développement.

Des solutions évidentes existent, comme celle de réduire drastiquement le gâchis alimentaire qui est évalué actuellement à un tiers de la production alimentaire.

D'autres solutions seront obligatoires en raison du changement climatique car il modifie les conditions de culture, provoque des phénomènes météorologiques extrêmes (sécheresses, inondations) et affecte la biodiversité. Les agriculteurs devront s'adapter en adoptant des cultures plus résistantes, en modifiant les pratiques agricoles.

Actuellement en France, nous consommons plus de protéines animales que végétales et nous en ingérons en tout 83 g quotidiennement alors que 50 g suffisent d'après l'OMS.

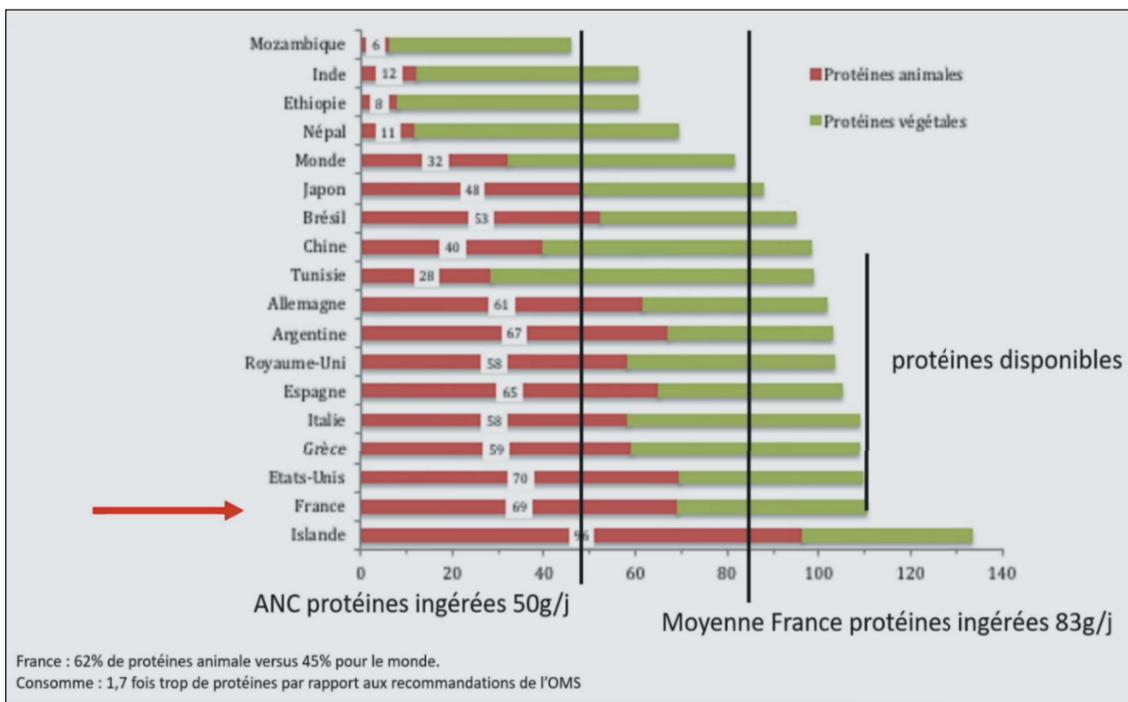


Figure 11. Disponibilité en protéines animales et végétales, une grande marge pour la France.  
 Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Philippe Pointereau, <https://vimeo.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057070085>.

Dans le **tableau 2**, nous pouvons constater que les protéines végétales ont un impact écologique bien plus faible que celles d'origine animales.

Tableau 2. Impact des protéines. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Romain Joly, <https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057400950>.

	 <b>PROTEINES ANIMALES</b>	 <b>PROTEINES VEGETALES</b>
<b>Sources</b>	Produits laitiers, viandes, poissons, œufs.	Céréales, légumineuses, légumes verts, tubercules et racines, fruits
<b>Protéines et calories</b>	Riches en protéines Riches en calories	Teneur inférieure à 40% Légumineuse > Céréales > Légumes verts Faibles en calories
<b>Constituants associés</b>	Riches en graisses saturées, en cholestérol. Faibles en graisses insaturées, en fibres, en sources de vitamines et minéraux.	Faibles en graisses saturées, pas de cholestérol. Riches en graisses insaturées, en carbohydrates complexes, en fibres, en vitamines et minéraux.
<b>Digestibilité</b>	Haute	Nécessite d'être processées pour augmenter leur digestibilité.
<b>Score acides aminés</b>	Haut, profil complet.	Souvent incomplet mais peut-être combiné avec une 2e source végétale pour obtenir un profil complet.
<b>Santé</b>	Risque plus élevée de développer des maladies chroniques (Diabète et maladies cardiovasculaires)	Risque plus faible de développer des maladies chroniques.
<b>Durabilité</b>	Fort impact écologique	Faible impact écologique.

Nos régimes alimentaires seront sans doute différents pour pallier la forte demande, comme celle des protéines. Les plantes légumineuses (soja, lentille, pois, haricot, etc.) font déjà partie intégrante de notre alimentation, mais d'autres feront sans doute leur apparition dans nos assiettes

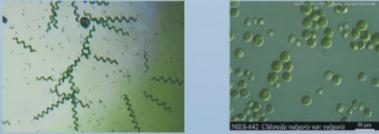
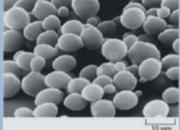
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les <b>microalgues</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• spiruline (<i>Arthrospira platensis</i>)</li> <li>• chlorelle (<i>Chlorella sp.</i>)</li> </ul>  </li> <li>• Les <b>champignons filamenteux</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fusarium venenatum</i> (mycoprotéine)</li> </ul>  </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les <b>insectes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ver de farine (<i>Tenebrio molitor</i>)</li> <li>• Grillon domestique (<i>Archeta domesticus</i>)</li> </ul>  </li> <li>• Les <b>levures</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Saccharomyces cerevesea</i></li> <li>• <i>Pichia pastoris</i></li> </ul>  </li> </ul>
--	---

Figure 12. Sources de protéines. Source : illustration modifiée d'une copie d'écran de la conférence de Verena Poinsot, <https://vimeopro.com/maisondelachimie/colloque-chimie-et-alimentation-12-fevrier-2025/video/1057113756>.

Pourquoi ne pas manger des insectes comestibles ?



Figure 13. La nouvelle tendance de manger des insectes comestibles, © Nutreatif.

## CONCLUSION

L'alimentation et la chimie sont intimement liées, la chimie étant au cœur des transformations des produits alimentaires, que ce soit par la réaction chimique des ingrédients lors de la cuisson ou par les mécanismes de conservation des aliments. Cette interaction a permis d'améliorer les procédés industriels, de garantir la sécurité des aliments et d'enrichir les produits en nutriments essentiels. Vous pourrez parfaire votre savoir sur ces sujets grâce aux conférences du colloque « Chimie et alimentation » du 12 février 2025.

Aujourd'hui, avec l'avancée des technologies, la chimie de l'alimentation va au-delà des simples procédés de transformation, en intégrant des innovations telles que la chimie verte pour réduire l'impact environnemental de la production alimentaire. Les avancées scientifiques permettront peut-être de trouver d'autres solutions à l'avenir pour faire face à la demande croissante et au changement climatique.

## POUR EN SAVOIR PLUS

Changement climatique et risques – INRAE

Et sur **Mediachimie** :

La chimie au service du goût – Patrick Etiévant.

Quand la chimie et les arômes réinventent l'alimentation de demain – Margaux Cavailles.

Quelle source d'avenir pour les protéines alimentaires ? – Verena Poinso

**Éric Bausson** est professeur de physique-chimie

**Comité éditorial** : Danièle Olivier, Jean-Claude Bernier, Grégory Syoen