

Jeux de foie gras

La chimie évite un petit mal, et, mieux, fait de ce petit mal un grand bien

Hervé This

La digression est souvent considérée comme une faute, qui égare les interlocuteurs, mais n'est-ce pas aussi l'art des conteurs que de savoir la mettre en œuvre ? Shérazade n'a-t-elle pas, par la digression érigée en méthode, sauvé sa vie ? Certes, les revues scientifiques, dont la place est comptée, ne semblent pas pouvoir se laisser aller à de tels jeux littéraires... mais ne doit-on pas craindre que *L'Actualité Chimique* ne perde ses lecteurs si elle devenait trop « sèche » ? Ne devons-nous pas la rendre aimable, par des sourires ? C'est ce qu'a accepté le Comité éditorial, dans sa grande sagesse. Et, mieux encore, ceux qui aiment vraiment la chimie n'ont-ils pas le devoir d'en montrer toutes les beautés à ceux qui ne les voient pas aussi bien qu'eux ? Il me semble que c'est un devoir absolu. C'est ce qui me décide, aujourd'hui, à braver l'académisme, à faire confiance dans la Rédaction de notre journal, en proposant un article tout de digressions. Il s'agira de systèmes colloïdaux nouveaux, à base de foie gras, mais nous ferons des détours.

Première digression : à propos de « gras ». Oui, nous considérons ici le foie gras, lequel est composé de beaucoup de « matière grasse », laquelle semble être un fléau moderne. Matière grasse ? Il est amusant de consulter cette référence des sciences et des technologies des aliments qu'est le *Food Chemistry*, car on y lit que tombent dans cette catégorie les composés des aliments qui ne sont pas hydrosolubles. Certes, la définition est un art difficile, mais la cellulose, qui est insoluble dans l'eau, n'est pas une matière grasse ! Alors ? Alors, à la définition par « compréhension » s'oppose la définition par « extension », où l'on fait la liste des catégories de composés susceptibles de figurer parmi les matières grasses ; par exemple, les triglycérides, les phospholipides, les cires, le cholestérol et ses cousins...

Deuxième digression, à propos des acides gras : je propose de cesser de dire, d'enseigner parfois, que les triglycérides sont faits de glycérol et d'acides gras. Il y a là la même question qu'à propos des protéines, dont je propose de ne pas dire qu'elles sont des enchaînements d'acides aminés. Pourquoi ? Considérons d'abord le cas des protéines, qui sont effectivement constituées, lors de leur biosynthèse, par enchaînement d'acides aminés. Une fois constituées, les atomes constitutifs des acides aminés initiaux ont été réorganisés, certains ont été éliminés, lors de la formation des liaisons peptidiques, et si notre esprit a la tentation de retrouver des parties d'acides aminés dans la chaîne polypeptidique, ces acides aminés n'y sont plus, *stricto sensu*. De même, il serait bien étrange de voir du dioxygène et du dihydrogène dans des molécules d'eau, non ?

Ne devons-nous donc pas militer pour bien expliquer que les protéines, si elles sont constituées par l'enchaînement

d'acides aminés, ne sont pas des enchaînements d'acides aminés, mais plutôt des enchaînements de résidus d'acides aminés ? D'ailleurs, une « cuisson » des protéines peut, parfois, engendrer des acides aminés, mais, parfois aussi, conduire à une fragmentation toute différente.

La même discussion vaut pour les triglycérides, et je reste ému par la discussion avec un collègue (physicien, certes) qui, endoctriné par les réclames, croyait que l'huile contenait des acides gras ! Oui, la réaction du glycérol avec des acides gras peut conduire à la formation de triglycérides, mais il n'y a que peu d'acides gras libres dans de l'huile. Oméga 3 ou oméga 6 ! Pour les triglycérides, donc, il y a un résidu de glycérol, si nous voulons le reconnaître, et des résidus d'acides gras, mais ni glycérol ni acide gras. D'ailleurs, la fragmentation ultérieure d'un triglycéride ne conduit pas toujours à récupérer du glycérol et des acides gras.

Troisième digression, à propos de pinaillage : ces considérations « linguistiques » sont-elles déplacées ? Inutiles ? Dans le dernier numéro de *L'Actualité Chimique*, je discutais, dans le courrier des lecteurs, de la question de la signification de la chimie, et je demandais s'il s'agissait d'une science ou d'une technologie. Des collègues me reprochent régulièrement de perdre mon temps à ces discussions... mais comment ne pas être ému que des étudiants très engagés dans les études supérieures (Master 2 !) ne sachent ni ce qu'est la science, ni ce qu'est la technologie ? Le grand Antoine-Laurent de Lavoisier a rénové la chimie par les mots, notamment, et nous ne pourrions faire grandir notre discipline que par les mots, car les mots sont les pensées, disait Lavoisier. Autrement dit, je maintiens très énergiquement ici que, malgré la nécessaire rencontre des scientifiques et des ingénieurs passionnés par les réarrangements d'atomes que sont les « réactions », nous n'avons pas intérêt à confondre l'activité scientifique et l'activité technologique. À quelle activité donnerons-nous le nom « chimie » ?

Notre quatrième digression sera un retour au foie gras : d'accord pour nous éloigner, mais toujours à condition d'y revenir, sans quoi nous serions accusés d'avoir trompé le lecteur, avec un titre alléchant. Cette fois, il sera question de santé, car il reste vrai que les composés que nous absorbons, quand nous mangeons, peuvent avoir un effet sur l'organisme.

Contrairement à ce que l'on croit, manger s'apprend : à défaut de savoir ce qui est « bon pour la santé », il faut savoir éviter le plus mauvais. La ciguë, les conserves contaminées par *Clostridium botulinum*, les confitures ayant séjourné dans des bassines en cuivre, les récipients en plomb, le dioxyde de soufre à haute dose... D'ailleurs, le mot « dose » ayant été prononcé, il faut rappeler que Paracelse disait

assez justement (mais, digression oblige, je propose sans tarder de chercher en quoi il se trompait) que « *tout est poison, rien n'est poison, et c'est la dose qui fait que quelque chose n'est pas poison.* »

Oui, l'eau peut tuer, par un choc osmotique, surtout si elle est pure parce que produite par fonte de la neige. Oui, nous ne devons pas abuser du basilic ou de l'estragon, puisqu'ils contiennent de l'estragole ni de la noix de muscade, puisqu'elle contient de la myristicine, mais, inversement, pourquoi s'en priver, quand ils sont à petites doses, puisqu'ils donnent un « goût » que nous apprécions ? Si nous nous privions de tout ce qui est « mauvais », nous ne mangerions plus rien... et mourrions aussi sûrement qu'en consommant trop de ces composés. Bref, les Grecs avaient raison de penser que l'excès est une des plus grandes fautes, de prôner de la mesure en toute chose.

Ce qui nous conduit à une cinquième digression, à propos d'hygiénisme. Certes, il y a un travail utile à la collectivité, d'éducation, d'enseignement autour du fait alimentaire, mais ne devons-nous pas craindre que des règles, pourtant fondées sur la bonne volonté de protéger les plus « faibles », ne conduisent à une prohibition tout aussi délétère que les abus ? Et puis, devons-nous faire de l'éducation ou de l'enseignement ? Éducation vient de *educere*, conduire en dehors du chemin. De quel droit pouvons-nous faire sortir nos amis de leur chemin ? Après tout, pour les Romains, les Barbares étaient ceux qui mangeaient différemment, et l'histoire de l'humanité est pleine de ces conquérants qui ont toujours commencé par imposer aux conquis leur propre façon de manger. Ne devons-nous pas nous méfier de ceux qui veulent changer notre régime alimentaire « pour notre bien » ? Il faudra, pour accepter des changements, que la science nutritionnelle ait progressé, qu'elle soit en mesure de nous dire si, oui ou non, l'estragon peut être consommé, alors que l'estragole a été reconnu comme cancérigène et tératogène, même à petites doses. N'oublions pas que le pain fut proscrit, il y a quelques décennies, puis le vin, les charcuteries... Aurait-on suivi les prescriptions diététiques que l'on aurait tourné en bourrique.

Allons, soyons plus positifs, car l'hygiénisme est une maladie qui n'a pas, heureusement, gagné toute la France : malgré les avancées des défenseurs d'un certain « droit des animaux », le foie gras reste un délice dont la production et la consommation sont autorisées ; malgré le spectre de l'alcoolisme, régulièrement brandi par des buveurs d'eau, le vin (d'Alsace, de Sauternes, du Jura...) avec lequel on accompagne la consommation du foie gras reste licite.

Licite, mais coûteuse, ce qui justifie notre sixième digression, à propos d'« économie domestique », une notion au nom désuet, mais qui s'impose à une époque financièrement morose (la « crise »). L'économie domestique, cela consiste d'abord à observer que les systèmes de cuisson les plus classiques (pour ne pas dire « anciens ») gaspillent jusqu'à 80 % de l'énergie consommée. Du gaz, de l'électricité pour une bonne grosse plaque en fonte chauffée par une résistance... Allons, surtout quand nous ne sommes pas riches, passons sans attendre à l'induction ou aux micro-ondes, dont les rendements sont bien supérieurs, à des fours à la norme européenne « verte », bien thermostatés, sans oublier que les grands écarts de température (entre les 20 °C ambiants et les 200 °C que l'on pratique couramment lors de rôtissages) sont



© pass - Fotolia.com

plus « coûteux », en termes d'énergie libre, que les petits écarts qui sont mis en œuvre dans la « cuisson à basse température », que nous avons considérée dans cette rubrique, à propos de la cuisson des œufs [1].

L'économie domestique, désuète ? Jamais elle ne s'est imposée autant qu'aujourd'hui, non seulement à propos d'énergie, mais aussi à propos d'eau ou d'aliments. La perspective de trois crises (neuf milliards d'êtres humains à nourrir, une crise de l'eau, un épuisement des réserves de combustibles fossiles) doit, sans attendre, nous conduire à réfléchir à nos pratiques culinaires, afin d'enseigner des techniques plus éclairées que le gaspillage de l'après-guerre. L'école a un rôle essentiel à jouer, car n'est-ce pas elle qui donne aux jeunes citoyens des capacités de mieux vivre en société ?

C'est la connaissance qui permet de faire bon usage des ingrédients que nos budgets nous autorisent à utiliser. N'avons-nous les moyens que pour des lentilles et une viande peu coûteuse parce que naturellement dure ? Nous avons vu dans le dernier numéro qu'un peu de bicarbonate, plus une connaissance des pectines présentes dans les tissus végétaux, évitent de consommer de petits cailloux [2], et nous verrons une autre fois comment la connaissance de l'hydrolyse du tissu collagénique fait des viandes merveilleusement tendres et parfaitement sapides (d'ailleurs, je propose de considérer que les collagènes sont l'homologue animal des pectines, puisque dans le premier cas, les pectines font le ciment intercellulaire, dans la paroi végétale, et dans le second cas, les collagènes solidarisent les fibres musculaires).

Bref, c'est surtout quand les budgets sont serrés qu'il importe de ne pas jeter les fanes des radis, mais de savoir en faire un potage, qu'il importe de ne pas jeter le pain rassis, mais d'apprendre à le valoriser pour une terrine de poisson, qu'il importe de ne pas jeter les carapaces des crevettes, mais de savoir les faire revenir dans de l'huile pour pyrolyser les merveilleux chitosanes que renferment ces carapaces, afin, par une extraction à l'eau ultérieure, de préparer une délicieuse bisque. On dit que l'ouverture d'une école ferme une prison, mais ne devrions-nous pas, aussi, clamer que la réintroduction de la cuisine à l'école permet de bien combattre la pandémie d'obésité qui frappe le monde du XXI^e siècle ? Pour manger, il faut savoir manger, et pour savoir manger, il faut savoir cuisiner. De même que l'école forme des citoyens qui savent lire, écrire, compter, elle ne peut livrer des enfants à une industrie alimentaire qui n'a pas vocation à l'éduquer nutritionnellement, mais à vendre – légitimement ; je ne fais pas le procès de l'industrie – des produits. D'ailleurs, ne voit-on



Quand Gibbs et Liebig inspirent la cuisine...

pas aujourd'hui, dans la mode des émissions de télévision consacrées à la cuisine, dans le développement explosif des cours de cuisine, l'effet de la suppression des activités culinaires à l'école ? L'éducation nationale en a pris conscience, puisque les *Ateliers Expérimentaux du Goût* sont à l'école primaire (pas encore suffisamment), et les *Ateliers Science & Cuisine* aux programmes des collèges et des lycées (pas encore suffisamment non plus...).

Tout va donc bien dans le meilleur des mondes possible, dira l'optimiste, qui voudra fêter cela avec du foie gras. Il l'achète cru, mais, se souvenant que l'on cuit notamment pour tuer les micro-organismes pathogènes qui nous environnent, sachant que la cuisson – disons le traitement thermique, de façon plus académique – change la consistance et donne au foie gras une tenue en bouche plus ferme que celle du foie cru, il décide de cuire le foie gras avant de le manger.

S'il est chimiste, il est tenté de considérer le foie gras cru comme un réactif, et le foie gras cuit comme un produit. Entre les deux, il y a la réaction, qui justifie la chimie, cette science qui explore les mécanismes des réarrangements d'atomes... mais je n'insiste pas, sans quoi nous reviendrions à la troisième digression.

Il cuit donc, enfin... et voit sortir du foie une graisse qui, en refroidissant, forme une masse jaune inélégante. Piètre résultat ! Aurait-on pu l'éviter ? Peut-on en tirer parti ? Cette fois, il s'agit de technologie, c'est-à-dire d'amélioration de la technique à l'aide de connaissances. On n'est plus dans la digression, mais au cœur du sujet annoncé dans le titre...

Sauf que nous n'aurons de réponse à notre question que si nous faisons un nouveau détour, une septième digression, en analysant la « bérézina » culinaire précédente. Ne devons-nous pas penser, d'abord, qu'un foie gras est un tissu vivant, qui contient beaucoup de matière grasse ? Cette matière grasse est partiellement à l'état liquide, partiellement à l'état solide, parce qu'elle est composée de triglycérides de divers types, avec des résidus d'acides gras particuliers, qui déterminent la température de fusion de chaque type. Autrement dit, dans un mélange de

triglycérides, il y a un quasi continuum de températures de fusion, entre la température où tous les triglycérides sont à l'état solide et celle où ils sont à l'état liquide.

Quand on chauffe, la proportion de triglycérides à l'état liquide augmente... et la matière grasse se dilate. Ne peut-on considérer que le suintement de graisse du foie gras, à la cuisson, soit notamment dû à cette dilatation ? Ce n'est certainement pas le seul phénomène, car des collègues de l'INRA ont bien montré que les foies transformés « à chaud », c'est-à-dire juste après l'abattage des oies, perdent moins de graisse à la cuisson que ceux transformés « à froid », c'est-à-dire après avoir attendu : les cellules des foies se dégradent rapidement. Certes, également, les pratiques de gavage ont une influence sur la libération de graisses, mais le cuisinier, ignorant de la « qualité » de l'ingrédient qu'il a acquis, ne doit-il pas trouver le moyen de faire le meilleur usage des ingrédients dont il dispose ? La première décision semble être de limiter la température, afin de réduire la dilatation thermique des graisses, et ainsi d'éviter le suintement.

Ce qui nous conduit maintenant au sujet proprement dit de l'article. Imaginons que, malgré une cuisson à faible température, des graisses sortent du morceau de foie. Bien sûr, on peut les récupérer pour les utiliser ultérieurement, mais ne pouvons-nous pas faire mieux ? L'idée, le cœur de la proposition qui fonde cet article, c'est la production de deux sortes de foies gras artificiels : des « liebig » et des « gibbs » de foie gras.

Artificiels ? Une certain penchant un peu naïf pour la « nature » fait penser que la nature est bonne (la ciguë !) et que l'artificiel est mauvais, mais ne devons-nous pas répéter que l'artificiel est, comme l'art, ce qui nous fait humain ? Je propose de ne pas nous engager dans une huitième digression, à ce propos, et de mettre en œuvre l'idée annoncée : faire d'un petit mal un grand bien. Oui, les foies gras perdent de la matière grasse, et cela est considéré comme un mal... mais si nous pensons à mieux transformer les foies, au lieu de subir leur naturalité, ne pourrions-nous pas faire de ce mal un grand bien ?

Le foie gras contient de la matière grasse, notamment, et cette matière dissout des composés odorants remarquables. En revanche, la graisse du foie gras, pure, n'a pas la « mâche » d'un foie gras bien transformé, où les protéines du tissu animal ont coagulé, donnant une fermeté qui maintient la matière grasse. Autrement dit, d'un point de vue « colloïdal », le foie gras cuit est une dispersion de matière grasse à l'état liquide ou solide dans un réseau solide, un gel.

Une dispersion de matière grasse liquide ou solide dans un gel ? Cela n'est pas bien difficile à produire ! Par exemple, on obtient des systèmes que j'ai nommés des « liebig » (évidemment en l'honneur du chimiste allemand Justus Liebig) en fouettant de l'huile dans une solution aqueuse, tiédie, de gélatine : lors de l'émulsification, l'huile est divisée en gouttelettes qui sont tapissées par les molécules de protéine ; puis lors du refroidissement, les protéines s'associent, piégeant les gouttelettes d'huile dans un gel physique.

Autre exemple, les « gibbs », qui sont le pendant « chimique » des liebig, et que l'on obtient en fouettant de l'huile dans du blanc d'œuf, solution aqueuse contenant 10 % de protéines susceptibles de coaguler, contrairement à la gélatine. L'émulsification forme une émulsion, les gouttelettes d'huile étant tapissées par les protéines du blanc. Puis un traitement de l'émulsion au four à micro-ondes, pendant quelques secondes (jusqu'à ce que le chauffage fasse gonfler le système, preuve que l'eau est évaporée et que la température de 100 °C est atteinte, garantie de coagulation des protéines), conduit à une émulsion piégée de façon permanente dans un gel chimique. Pourquoi gibbs ? Évidemment par rapport au physico-chimiste américain Josiah Willard Gibbs, et à sa contribution à la thermodynamique...

Ce qui nous conduit à cette nouvelle digression, à propos de l'enseignement des sciences. Il est notoire que les étudiants ont des difficultés avec la thermodynamique, et notamment avec le concept d'entropie. Pourquoi ? Je me demande si l'introduction tardive de la notion, pourtant familière puisqu'elle quantifie le désordre, n'est pas à l'origine de la difficulté.

Dans l'enseignement élémentaire des sciences, en effet, on parle d'énergie, travail mécanique, énergie cinétique, énergie potentielle, puis chaleur, plus tardivement. Les élèves sont habitués à penser en termes de ces formes d'énergie, et l'enseignement du deuxième principe de la thermodynamique n'arrive que tardivement, de sorte que les étudiants restent souvent habitués à ne considérer que le premier terme de l'énergie ou de l'enthalpie libre, ce qui n'explique pas bien des phénomènes !

Pourquoi le sel mis sur les routes gelées fait-il fondre la glace ? Si l'on se limite à considérer l'énergie libre, le mécanisme est mystérieux. Pourquoi l'huile ne se dissout-elle pas dans l'eau ? Là encore, l'incompréhension est légitime sans le facteur entropique, car enfin, l'introduction d'un triglycéride dans l'eau ne s'accompagne-t-elle pas de l'établissement de liaisons faibles, de van der Waals ? Autrement dit, du point de vue de la seule énergie interne, l'huile devrait se dissoudre dans l'eau. En réalité, c'est parce que l'huile placée dans l'eau organise les molécules d'eau, autour de chaque triglycéride, que l'entropie diminue (ordre augmenté), de sorte que le facteur - TS s'oppose à l'énergie interne. Les calculs montrent que le facteur entropique est

bien supérieur à l'énergie interne, pour le cas habituel de triglycéride et d'eau dans les conditions ambiantes : à certaines températures, au moins, l'huile ne se dissout pas dans l'eau, parce que la configuration dissoute est énergétiquement défavorisée. Énergétiquement, au sens de l'énergie libre ! Gibbs méritait bien un mets à son nom.

Pour en terminer avec toute cette histoire en détours, il faut en arriver à des recettes, et, mieux, des recettes au foie gras. Des recettes ? Puisque le foie gras que nous avons acquis n'est pas, de façon certaine, capable de conserver sa graisse à la cuisson, même en nous y prenant bien (température de cuisson réduite, pour éviter la dilatation des graisses et leur suintement), alors faisons-nous un foie gras sur mesure en broyant le foie gras, ce qui libérera entièrement la graisse. Faisons-la fondre doucement, et ajoutons-la à du Porto réduit où l'on aura dissous une feuille de gélatine. Nous obtiendrons une émulsion de foie gras, puis, au refroidissement, un liebig de foie gras. Toute la graisse aura été utilisée, rien n'aura été perdu, et, mieux, nous aurons « assaisonné » la matière première, avec le Porto, surtout si celui-ci a été poivré, salé, etc.

Voulons-nous une consistance plus ferme ? Pas bien difficile : comme précédemment, broyons le foie gras, faisons-le fondre doucement en chauffant, puis, quand il est entièrement à l'état liquide, en prenant garde que sa température reste inférieure au 61 °C qui marque le début de la coagulation du blanc d'œuf, ajoutons le foie fondu à du blanc d'œuf, en fouettant. Nous obtenons à nouveau une émulsion de foie gras, mais cette fois, si nous passons la préparation au four à micro-ondes, nous obtenons un gel chimique qui piège l'émulsion : un gibbs de foie gras.

Évidemment, on a compris que la science des aliments conduit à l'innovation, puisqu'elle donne bien d'autres solutions techniques au même problème initial. Par exemple, si nous broyons la chair de l'oie dont nous avons tiré le foie, nous libérons les protéines et l'eau, avec lesquelles on peut faire une émulsion, par dispersion de la matière grasse fondue. En choisissant bien les protéines coagulantes, ainsi que leur proportion, on fait ainsi des gibbs plus ou moins fermes. Il y en aura pour tous les goûts, raison pour laquelle je crois pouvoir dire que l'artificiel est préférable au naturel...

... mais ce serait là une digression supplémentaire, qui serait vraiment excessive. Nous sommes dans un journal sérieux, enfin !

[1] This H., L'œuf dur : un festin de réactions chimiques, *L'Act. Chim.*, **2008**, p. 5.

[2] This H., Jeux de bicarbonate... et enseignement, *L'Act. Chim.*, **2012**, p. 78.



Hervé This

est professeur consultant à AgroParisTech, chimiste à l'INRA* et directeur scientifique de la Fondation « Science & Culture Alimentaire » (Académie des sciences).

* Équipe de gastronomie moléculaire, UMR 1145, INRA/Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AgroParisTech), 16 rue Claude Bernard, F-75005 Paris.
Courriel : herve.this@paris.inra.fr