

La science et la technologie de l'alimentation

vues par la chimie du bouillon

La science des aliments a longtemps hésité entre la science et la technologie. De grands noms de la chimie se sont illustrés dans les deux activités, toutes deux essentielles quand l'humanité souffrait périodiquement de famines.

Ne revenons pas ici sur la différence entre science et technologie : la première cherche les mécanismes des phénomènes, tandis que la seconde utilise les résultats de la première pour obtenir des innovations. Disons seulement que les deux activités sont également – mais différemment – utiles à nos sociétés. Les transformations culinaires (domestiques, de restaurants, industrielles), qui nous intéressent ici, peuvent faire – et font depuis longtemps – l'objet d'études dans les deux champs, parce que la pratique culinaire est ce que l'on a nommé un « art chimique » quand la différence entre science et technologie était moins nette qu'aujourd'hui. Il y aurait

d'ailleurs une histoire de la chimie à faire à partir des « arts chimiques », car ceux-ci semblent toujours avoir été au cœur du développement des sciences chimiques [1].

Par exemple, le chirurgien français Ambroise Paré (Figure 1) introduisit en 1560 le mot « émulsion » pour désigner des systèmes analogues au lait (du latin *emulgere* = traire), alors qu'il effectuait des études sur ce que nous nommerions aujourd'hui la « galénique », laquelle est un travail de « formulation ». En 1783, Antoine-Laurent de Lavoisier (Figure 2) publia le résultat d'études du bouillon de viande, citant Claude Joseph Geoffroy, encore nommé Geoffroy le Cadet, qui l'avait précédé, avec des études un peu différentes, en 1730 [2, 3 et 4].

À propos de cet autre art chimique qu'est la métallurgie, Michael Faraday commença ses études d'alliages métalliques avec James Stodart en 1830. L'étude des

Figure 1

Ambroise Paré (1510-1590),
chirurgien et anatomiste français.





Figure 2

Antoine Lavoisier (1743-1794), chimiste, philosophe et économiste français, a, entre autres, énoncé la première version de la loi de conservation de la matière, et participé à la réforme de la nomenclature chimique. Il est souvent fait référence à Lavoisier en tant que père de la chimie moderne, et son épouse Marie-Anne l'a assisté dans certains de ses travaux.

Figure 3

Étienne-François Geoffroy (1671-1731), chimiste et médecin français, est connu pour avoir dressé des listes d'« affinités chimiques ».



savons et bougies conduisit Michel-Eugène Chevreul à la découverte de la constitution des triglycérides, et aussi à de nouveaux procédés pour fabriquer ces produits (avec notamment un brevet qu'il partagea avec Louis-Joseph Gay-Lussac). Intéressé par les colorants, William Henry Perkin obtint la mauvéine en 1855 alors qu'il cherchait à faire de la quinine à partir d'aniline...

Dans toutes les premières études des arts chimiques, et notamment dans les sciences de l'aliment, la science était mêlée à la technologie. Cela est manifeste, dans l'article de Lavoisier sur la confection des bouillons de viande :

« M. Geoffroy (Figure 3) a communiqué à l'Académie des sciences, en 1730, un travail sur le même objet ; mais, comme son but était différent du mien, nous ne nous sommes rencontrés ni dans les moyens, ni dans les résultats. L'objet de ce chimiste était de connaître, par l'analyse chimique, la nature des différentes substances nourissantes, soit animales, soit végétales ; en conséquence, dans les expériences qu'il a faites sur les chairs des animaux, il les a successivement fait bouillir dans un grand nombre d'eaux différentes, qu'il renouvelait jusqu'à ce que la viande fût entièrement épuisée de toute matière extractive ; alors il faisait évaporer toute l'eau qui avait passé sur la viande, et il obtenait ainsi séparément toute la partie gélatineuse et extractive qu'elle contenait. Mon objet, au contraire, était d'acquérir des connaissances purement pratiques et de déter-

miner, non ce que la viande contient de substances gélatineuses et extractives, mais ce qu'elle en peut communiquer par une ébullition lente et longtemps continuée, à une quantité donnée d'eau. »

En effet, Lavoisier étudiait le bouillon parce qu'il lui avait été confié la tâche de déterminer combien de viande le roi devait fournir quotidiennement aux hôpitaux de Paris. Cela étant, Lavoisier a bien posé le cadre de la science des aliments :

« On ne peut s'empêcher d'être surpris, toutes les fois qu'on s'interroge soi-même sur les objets qui nous sont les plus familiers, sur les choses les plus triviales, de voir combien nos idées sont souvent vagues et incertaines, et combien, par conséquent, il est important de les fixer par des expériences et par des faits. »

Suit alors une étude sommaire du « bouillon de viande », qui fera l'axe de cette présentation, l'histoire de la science et de la technologie des aliments étant un « pays » bien trop vaste pour que nous puissions le parcourir entièrement. De surcroît, plus de deux siècles après Lavoisier, alors que des générations de chimistes ont étudié ce que l'on doit aujourd'hui nommer une « **solution aqueuse obtenue par traitement thermiques de tissus musculaires de *Bos taurus***¹ » – nous

1. *Bos taurus* est le nom scientifique donné à l'ensemble des bovins domestiques de l'Ancien Monde, c'est-à-dire la partie du Monde connue par les Européens depuis l'Antiquité avant les voyages de Christophe Colomb : Europe, Asie et Afrique (par distinction au Nouveau Monde, les Amériques).

conserverons dans la suite le terme de « **bouillon** » –, ne doit-on pas s'étonner que l'on connaisse mieux la température au centre des étoiles que les mécanismes par lesquels une solution aqueuse réduite à quelques ions devient un bouillon ? Pourquoi, alors que l'on envoie des sondes vers Mars, connaît-on si mal la base de la cuisine de la plupart des peuples du monde ?

D'une part, l'histoire de l'étude chimique du bouillon montre bien combien les préjugés préviennent les progrès de la science. Elle pose, d'autre part, des questions épistémologiques insoupçonnées, telles que : l'étude du bouillon peut-elle être scientifique, ou bien est-elle condamnée par nature à n'être que technologique ? Quelles relations entretiennent science et technologie ?

1 L'histoire de la chimie des aliments par le bouillon

Avant de nous lancer dans des siècles d'histoire de la chimie, balayons la question d'une possible insignifiance du bouillon. Le bouillon, anecdotique ?

C'est en tous cas une technique ancienne : les « archéochimistes » montrent que la cuisine a très tôt pratiqué

la technique qui consiste à cuire des aliments dans de l'eau à l'aide de pierres chauffées dans un feu et jetées dans l'eau contenue dans une peau d'animal posée sur un trou. Dans les siècles qui ont précédé notre ère, nous avons, par Apicius (au IV^e siècle avant notre ère) des descriptions écrites du produit et du procédé [5]. En outre, les livres de cuisine montrent à l'envi que, dans nombre de civilisations, la production de bouillons de viandes, légumes, a été importante. Pour la seule cuisine française classique, il est intéressant de noter que la plupart des livres de cuisine classiques, depuis le *Viandier* de Guillaume Tirel (dit « Taillevent ») en 1319, commencent généralement par la description de la production du bouillon, lequel sert ensuite à préparer des fonds, soupes, consommés, potages, daubes, ragoûts, fonds de sauce, sauces... (Figure 4)

Économiquement, le bouillon n'est pas anecdotique, aujourd'hui encore. Rien que pour la cuisine française, un calcul d'ordres de grandeur montre que, chaque année, dans les restaurants, il s'en prépare environ 100 millions de litres ! De fait, il ne faut pas s'étonner que les plus grands noms de la chimie, en particulier, et de la science, en

Figure 4

Soupe, daube, ragoût... de nombreux plats utilisent des bouillons.



général, se soient penchés sur la question de la production du bouillon. Examiner l'histoire scientifique du bouillon, c'est élever un monument à ces grands anciens. Enfin, la question du bouillon est une sorte de prototype de ces questions apparemment triviales qui, pourtant, sont essentielles dans notre vie. Naturellement, la recherche du boson de Higgs est « importante », mais n'est-il pas temps de nous débarrasser d'une néfaste classification comtienne² des sciences, pour reconnaître que de nouveaux critères de qualité de la science doivent être trouvés ?

2 Au début, il y avait la famine

Commençons cette histoire scientifique et technologique avec Denis Papin, qui songea

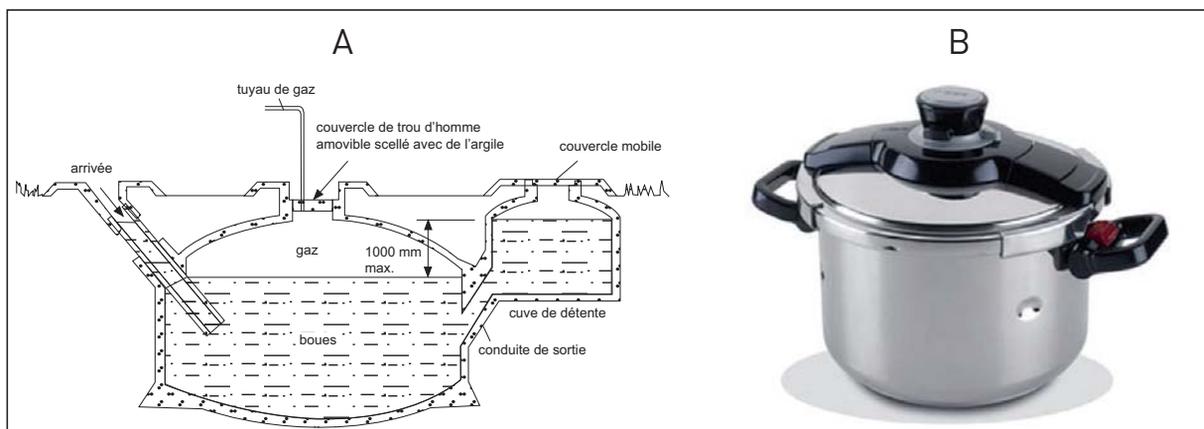
2. Auguste Comte (1798-1857), philosophe français, est considéré en France comme l'un des fondateurs de la sociologie, caractérisée par lui comme l'aboutissement de son système « positiviste » : il s'appuie sur les sciences dites « positives », aujourd'hui appelées « exactes » ou « dures » (notamment les mathématiques).

en 1681 à faire l'extraction de la gélatine des os, proposant leur traitement à haute température, à l'aide de son « digesteur », l'ancêtre de notre « cocotte-minute » (Figure 5). On comprend toute la portée du travail de Papin quand on sait qu'il s'agit, alors que les famines déciment encore l'Ancien Monde, de faire le meilleur usage des produits comestibles.

À noter que l'invention restera considérée de façon ambiguë par le monde culinaire, car, en 1875 encore, un auteur de livres de cuisine, Ildefonse-Léon Brisse, écrit : « Je le déclare ici hautement : les os doivent être exclus du pot-au-feu. Non seulement les os ne contribuent en rien à la bonté du bouillon, mais ils en absorbent les parties les plus succulentes. » À l'appui de cette idée, il explique (sans aucune justification !) : « Lorsqu'on met un os dans le pot-au-feu, une partie de la gélatine contenue dans les pores de cet os finit par se dissoudre, et le vide qu'elle y laisse se garnit des sucs de viande tenus en suspension dans le bouillon. Aussi, après une ébullition de cinq à six heures, l'os devient-il excellent à sucer, car il a

Figure 5

Un digesteur (A) est une cuve qui produit du biogaz grâce à un procédé de méthanisation des matières organiques. Il a été remplacé par la cocotte-minute que nous connaissons (B).



absorbé les meilleurs éléments du potage.».

On verra plus loin ce que l'on doit penser d'une telle déclaration, mais il n'est pas inutile de signaler dès maintenant que Brisse pose la question de la valeur nutritive des mets, en la mêlant à la question organoleptique. Pour cette dernière, la remarque de Brisse est fautive, car s'il est exact que les protéines ont peu de saveur et d'odeur, la gélatine est lentement hydrolysée, formant des acides aminés qui, eux, ont une saveur puissante.

À l'époque de Papin, les andouillers de cervidés sont alors en usage pour la confection des bouillons, au même titre que les os. Souvent, ces deux types de produits servent à produire des tablettes de bouillons, qui ne sont rien d'autres que des ancêtres de nos modernes bouillons cubes (Figure 6). C'est, par exemple, ce que révèle Nicolas Lemery, en 1705 :

« Qui croirait que les cornes sont en usage parmi les aliments ? Cependant celles de cerf nouvellement nées et encore tendres et molles, nourrissent beaucoup et sont d'un usage très délicat. On fait encore avec les cornes de cerf une gelée qui a de très bons usages. On a aussi trouvé dans ces derniers temps une manière pour pouvoir se servir des os parmi les aliments. On les a mis dans une machine de M. Papin et l'on en a tiré une espèce de bouillon ou de gelée fort nourrissante. » C'est là une autre histoire : celle des tablettes de bouillon de viande.



Figure 6

Les bouillons cubes sont usuellement utilisés dans la cuisine moderne.

Puis, en 1730, paraît l'un des plus anciens textes rapportant des études véritablement scientifiques du bouillon, par Geoffroy le Cadet (1685-1752) [4] : « M. Dodart [...] s'est contenté de dire en 1702 qu'il tenoit de feu M. Bourdelin, que les chairs des Animaux bouillis en consommé, & ensuite mises à la distillation, ne rendoient pas moins de Sel volatil que si elles avoient été distillées crues. Comme il paroît qu'on a négligé de déterminer la quantité d'extrait que ces consommés laissent après l'évaporation, & ce que les Viandes pourroient avoir communiqué de leurs principes à l'eau dans laquelle on les avoit fait bouillir ; j'ai repris ce travail, afin d'ajouter aux analyses déjà connues, cette partie négligée, qui est l'objet de ce Mémoire. »

3 Lavoisier et le bouillon

Puis, en 1783, paraît le texte de Lavoisier, sur le bouillon [3]. C'est un texte étonnant de clairvoyance, qui n'est manifestement pas connu de ses successeurs, car il pose parfaitement la question de l'énergie nutritive contenue dans les bouillons :

« La Société royale de médecine ayant été consultée, par le ministre de la marine, sur le régime qu'on doit faire observer aux malades dans les hôpitaux, elle s'est aperçue, dans les conférences nombreuses qui ont été tenues à cet effet, qu'on n'avait pas de connaissances assez précises sur la nature du bouillon qu'on donne aux malades, sur la proportion d'eau et de viande qu'on donne aux malades pour le composer, sur la quantité de matière gélatineuse ou extractive qu'il contient, sur les différences qu'apportent dans sa qualité les différentes espèces de viandes ; sur le degré de force que doit avoir le bouillon, suivant les différents états de maladie ou de convalescence ; enfin, sur les caractères au moyen desquels on peut connaître sa qualité. »

Le texte se situe étrangement entre science et technologie, comme nous l'avons vu, mais Lavoisier a le même génie dans les deux champs. Notamment, alors que l'on crédite André-Marie Ampère (1775-1836) de la « méthode du zéro », Lavoisier la met en œuvre, bien avant son collègue physicien. Dans son texte, il mesure en effet la densité des bouillons, et il en tire trois conclusions :

« 1. Que la proportion convenable pour faire du bouillon à l'usage des malades est d'environ deux parties d'eau contre une de viande ; 2. Qu'il existe un rapport assez exact entre la quantité de substance gélatineuse contenue dans le bouillon et la pesanteur spécifique, de sorte qu'on peut conclure l'un de l'autre ; 3. Qu'en faisant bouillir la viande à grande

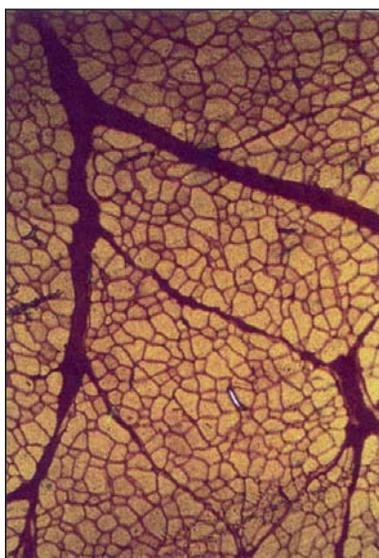
eau, on en extrait, proportion gardée, plus de matière extractive que quand on la fait bouillir à courte eau. On a vu, en effet, que 4 onces de viande ont donné 35 grains $\frac{1}{2}$ de matière gélatineuse ; une livre, dans cette proportion, en aurait dû donner 142, et cependant on n'en a obtenu que 116 ; il y a donc un sixième environ à gagner à faire du bouillon à grande eau. »

Dans son étude, Lavoisier explore les bouillons de plusieurs parties du bœuf, en corrélant la matière sèche et la densité. Cette étude se fait à l'aide d'un pèse liquide sur lequel il insiste. Nous avons refait les expériences de Lavoisier [6] (dont la partie « Matériels et méthodes » manque cruellement !). Tout d'abord, nous avons observé que la diversité des tissus animaux, même pris dans le même « morceau » (type de muscle) prévient toute loi fondée sur la seule matière sèche (Figure 7). Deuxièmement, l'affichage des résultats obtenus par Lavoisier, pour la relation entre la matière sèche et la densité, est absolument surprenante... puisque le coefficient de corrélation est égal à 1,0 ! Ensuite, la précision obtenue par Lavoisier, avec un nombre de décimale égal à six, est exorbitante, même pour un manipulateur expérimenté.

Ayant notamment observé que le tube d'argent très fin proposé par Lavoisier permet une très grande variation d'enfoncement (la variation est proportionnelle au carré du diamètre), nous avons utilisé non pas de tels tubes d'argent, mais des tubes capillaires modernes, que

Figure 7

Observation de la viande crue par microscope optique (M. Lacour, INRA Theix).



nous avons collés sur des bouchons de pêche lestés avec de petits plombs. La méthode du zéro employée par Lavoisier est évidemment très intéressante, en termes de précision, et la température des expériences a été bien contrôlée dans nos études (Lavoisier ne donne pas d'indication d'avoir vérifié ce type de circonstances expérimentales importantes). Le calcul de la densité d d'une solution de gélatine s'obtient alors par la résolution de deux équations dont la solution est $d = 1 + (m/M)$, où m est la masse ajoutée dans la cupule supérieure, et M la masse du pèse-liqueur. Avec les valeurs utilisées, la densité a été trouvée avec une précision de 0,0001, inférieure de deux ordres de grandeur à celle que propose implicitement Lavoisier dans l'affichage de ses résultats. Il est douteux que Lavoisier ait pu obtenir mieux que nous, et, en tout cas, la relation parfaitement linéaire qu'il propose, semble correspondre à un ajustage des données expérimentales.

Malgré ce doute, le travail est absolument clairvoyant : Lavoisier comprend parfaitement que, dans un bouillon, la partie nutritive se trouve dans la matière sèche.

4 Après le texte oublié, les erreurs de l'albumine et de l'osmazôme

Le texte de Lavoisier n'est pas cité par les auteurs ultérieurs. Ni Proust en 1791, ni Alexis Cadet de Vaux en 1792, ni Antoine-François de Fourcroy en 1792 dans l'*Encyclopédie*

méthodique, n'en font mention. En 1798, Fourcroy [7] publie un texte où figure l'origine d'une confusion chimique importante, quand il écrit : « *L'eau qui a lavé et décoloré la chair [hachée] ressemble entièrement à du sang détendu d'eau : si on la fait chauffer, elle se coagule et se sépare à la surface en flocons rouges brun. [...] Quant la chair est ainsi privée de ce qu'elle contient de dissoluble à froid, si on la fait bouillir dans l'eau, elle laisse échapper encore une matière albumineuse qui se rassemble en flocons grisâtres au haut de la liqueur.* »

Ici, Fourcroy fait référence à l'« albumine », définie en 1751 dans l'*Encyclopédie* après François Quesnay (Figure 8). En réalité, ce terme d'« albumine » recouvre des protéines variées, coagulables (comme l'albumine sérique bovine) ou non (comme le collagène), et la confusion ne disparaîtra définitivement, avec le mot, que vers 1901, l'« albumine » étant alors remplacée dans les documents scientifiques par celui de « protéines » (mais le terme « albumine » subsiste en cuisine !) [8].

Après que Louis-Nicolas Vauquelin (Figure 9) étudie le bouillon, en 1800, une nouvelle erreur s'installe en 1806 avec Louis Jacques Thénard (Figure 10) :

« *M. Cadet-de-Vaux avait cru reconnaître, dans le bouillon préparé avec des os, une identité parfaite avec le bouillon de viande, et avait proposé de le substituer à ce dernier dans quelques grands établissements publics. Cependant on sait que la saveur,*



Figure 8

François Quesnay (1694-1774), médecin et économiste français, est l'un des fondateurs de la première école en économie, l'école des Physiocrates.

Figure 9

Louis-Nicolas Vauquelin (1763-1829), pharmacien et chimiste français, découvre notamment deux éléments chimiques, le chrome et le béryllium.

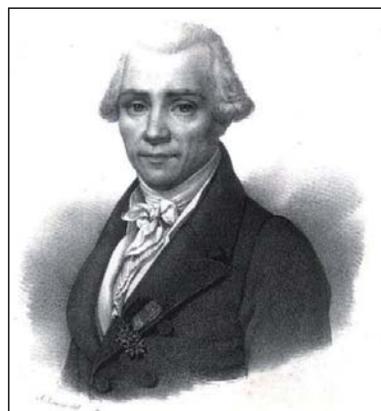




Figure 10

Louis Jacques Thénard (1777-1857), chimiste français, isole en 1811 le silicium, découvre en 1818 l'eau oxygénée et le bore, et établit une classification des métaux.

Figure 11

Jean Anthelme Brillat-Savarin (1755-1826), illustre gastronome français, étudie le droit, la chimie et la médecine, et écrit la *Physiologie du goût* en 1848 [10].

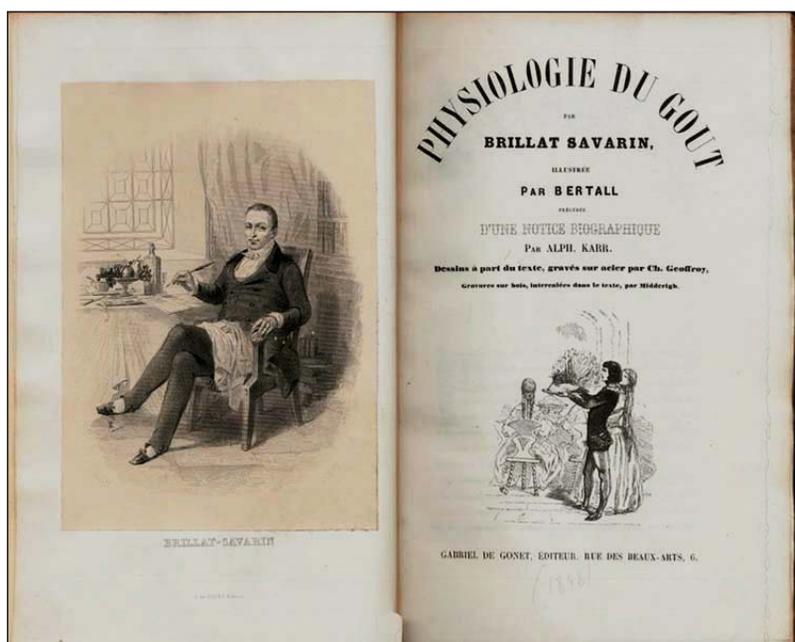
l'odeur, la couleur, la limpidité de ces bouillons, ne sont pas les mêmes. M. Thouret, frappé de cette différence, invita M. Thénard à faire des recherches à cet égard. Dix pintes de bouillon d'os, préparé à la manière de M. Cadet-de-Vaux, ont donné à M. Thénard, six livres de gelée en consistance molle. [...] M. Thénard traita alors à froid cette demi-livre de gelée par l'esprit-de-vin ; la liqueur filtrée après quelques heures de digestion, toute la gélatine resta sur le filtre, et il se trouva dans la dissolution dix gros et demi d'une substance particulière. [...] Cette matière, inconnue jusqu'ici, joue un rôle très remarquable dans le bouillon. Elle en a l'odeur et la saveur, à un degré très marqué. M. Thénard propose de l'appeler osmazôme. » [9]

Le chimiste d'aujourd'hui, bardé de **spectromètres de masse** ou d'appareils de **résonance magnétique nucléaire**, doit s'émerveiller que la

science ait été portée jusque là où il l'a trouvée en commençant ses études, quand il lit de tels extraits ! Il fallait une intuition tout à fait extraordinaire, sans la théorie moléculaire, pour faire progresser la chimie, et il n'est pas étonnant que la théorie de l'osmazôme soit complètement fautive, malgré l'habileté du procédé d'extraction (en plaçant une gelée de gélatine dans de l'éthanol, Thénard récupérait la partie soluble du bouillon à l'issue d'une filtration simplifiée ; à noter que les protéines autres que la gélatine devaient précipiter, dans le morceau de gelée) ! Pourtant, cette notion d'osmazôme est devenue mondialement célèbre grâce au gastronome Anthelme Brillat-Savarin, qui écrit en 1825 dans sa *Physiologie du goût* (Figure 11) : « Le plus grand service rendu par la chimie à la science alimentaire est la découverte ou plutôt la précision de l'osmazôme. »

5 Et les chimistes célèbres se succèdent...

Après Thénard et avant la publication de la *Physiologie du goût*, d'autres chimistes continuent l'étude chimique du bouillon. En 1812, Darcet fils effectue une extraction par l'acide chlorhydrique. En 1818, Antoine-Alexis Cadet-de-Vaux reprend l'étude des bouillons d'os : « Une livre d'os donne autant de bouillon que six livres de viande ». Puis, en 1824, M. Labarraque cite Nicolas Appert, qui n'était pas scientifique, mais ce que nous nommerions aujourd'hui traicteur : « Trois onces de gélatine en tablette remplacent trois



livres de viande dans le pot-au-feu, et le bouillon de viande obtenu vaut bien le pot-au-feu ordinaire. M. Appert prépare également des jus de viande et de légumes qui, sous un faible volume, offrent une alimentation salubre aux équipages des navires. » [11]

En 1832, c'est un très grand nom de la chimie qui étudie le bouillon : Michel-Eugène Chevreul (Figure 12), le père de la chimie des graisses, publie ses *Recherches pour savoir si le bouillon préparé en faisant chauffer lentement la viande dans l'eau jusqu'à l'ébullition est préférable à celui préparé en plongeant la viande dans l'eau bouillante* :

« Tout le monde sait qu'on recommande de faire chauffer le pot-au-feu lentement, et lorsque l'eau est en ébullition de la maintenir à une foible bouillon. Nous avons voulu savoir quelle pouvoit être l'influence d'une température subite sur la viande destinée à faire du bouillon. » Chevreul explore une question ancienne, puisque, en 1674, le cuisinier dont les œuvres ne sont signées que d'initiales L.S.R. indique que la viande doit toujours être placée dans l'eau chaude. Cette théorie du « bouillon à l'eau chaude » a encore cours en 1755 : dans *Les soupers de la cour, ou l'Art de travailler toutes sortes d'aliments pour servir les meilleures tables, suivant les quatre saisons*, Menon écrit : « Mettez dans une marmite de la ruelle de veau, tranches de bœuf, une poule, une ou deux perdrix suivant la quantité que vous voulez faire de consommé ; passez le tout sur le feu en le retournant dans la

marmite jusqu'à ce qu'il soit un peu coloré & qu'il commence à s'attacher, mouillez avec du bon bouillon clair & bien chaud, faites bouillir ». En revanche, les choses changent à partir de 1825. Dans *La physiologie du goût*, Brillat-Savarin développe la théorie inverse : « Pour avoir de bon bouillon, il faut que l'eau s'échauffe lentement, afin que l'albumine ne coagule pas dans l'intérieur avant d'être extraite ; et il faut que l'ébullition s'aperçoive à peine, afin que les diverses parties qui sont successivement dissoutes puissent s'unir intimement et sans trouble. » C'est une théorie culinaire, reprise par les scientifiques.

En 1835, Chevreul reprend l'étude, mais en faisant varier la composition de la solution aqueuse où la viande est traitée [12]. Il reprend la théorie de l'albumine qui coagulerait en surface de la viande, quand cette dernière est placée dans l'eau chaude : Chevreul parle d'« enduit » ; ultérieurement, on parlera de « croûte imperméable qui empêche les jus de sortir ».

6 Justus von Liebig : de vieux habits retailés [13]

En 1848, les *Annales de chimie et de physique* publient la traduction française d'un article de Justus Liebig (anobli en 1840, Figure 13), publié l'année précédente dans une revue allemande [14]. La première moitié de l'exposé présente les avancées de l'analyse (essentiellement élémentaire) des tissus musculaires. Puis, brusquement, une deuxième

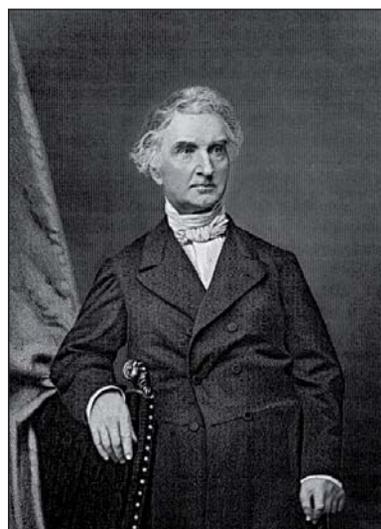


Figure 12

Michel-Eugène Chevreul (1786-1889), chimiste français, est connu pour son travail sur les acides gras et la saponification, et sa contribution à la théorie des couleurs.

Figure 13

Justus von Liebig (1803-1873), chimiste allemand, apporte des contributions majeures à la chimie organique et à l'agriculture. Il est considéré comme le fondateur de l'agriculture industrielle, basée sur la chimie organique.



partie présente des applications des analyses. En réalité, Liebig reprend les résultats de Lavoisier, mais il propage aussi la théorie de Chevreul. Il propose ensuite le bouillon comme remède pour les convalescents, mais l'idée n'est pas de lui ; elle est de Parmentier, dont il donne une référence erronée :

« *Parmentier dit avoir remarqué que l'extrait sec de viande offre aux soldats dangereusement blessés un remède extrêmement fortifiant ; administré avec un peu de vin, il relève immédiatement leurs forces épuisées par les pertes de sang et les met à même de supporter leur transport à l'hôpital* ».

Enfin, Liebig discute la question de la valeur diététique de la gélatine, et de la soupe qui la contient, citant le rapport d'une commission de l'Académie des sciences de France dirigée par Magendie, commission qui avait conclu que la valeur d'une soupe est peu augmentée par l'addition de gélatine. Puisque ce n'était pas la gélatine qui faisait la valeur nutritive du bouillon, ce devaient être les composés de l'extrait de viande : Liebig reprit cette idée et, dans cette seconde moitié de son existence, à Munich, alors qu'il était tourné vers les applications de ses travaux plutôt que vers le travail scientifique, il s'employa à diffuser cette théorie fautive. Des chefs contemporains de Liebig, adoptèrent rapidement cette théorie. Notamment Eliza Acton, connue pour son *Modern Cookery*, appliquait même les « recettes chimiques » à la cuisson des légumes.

Liebig insistait également sur les vertus thérapeutiques de l'*extractum carnis*, préparé par macération de viande hachée dans l'eau froide, puis filtration et distillation sous vide : Emma Muspratt, la fille de son ami James Muspratt, fabricant de soude, était tombée malade alors qu'elle séjournait chez Liebig ; elle ne pouvait rien manger, sauf de l'*extractum carnis*. À la suite de son rétablissement, Liebig encouragea des laboratoires pharmaceutiques allemands et britanniques à fabriquer ces jus de viande pour les hôpitaux, mais le prix de la viande dans les abattoirs européens conduisait à des prix excessifs de l'extrait.

On dit que Liebig comprit que la solution serait d'utiliser des carcasses de bétail australien et sud-américain : en réalité, la proposition avait été faite en France une vingtaine d'années auparavant. Liebig, toutefois négocia avec plusieurs grands fermiers australiens, et un extrait de viande industriel fut préparé en 1860. En 1862, il se lança dans l'aventure industrielle avec l'ingénieur allemand Georg Giebert, en Uruguay. La *Société des extraits de viande Liebig* fut cotée à la bourse de Londres dès 1865 (c'est aujourd'hui une filiale du Groupe *Campbell Soup*). À une époque où la réfrigération domestique était insuffisante, la société avait des atouts considérables. Cependant, dans les années 1870, des progrès de la physiologie montrèrent que les extraits de viande avaient peu de valeur nutritive : ils n'étaient que des condiments. La Société *Liebig* dut changer

sa réclame. Liebig demanda alors à la cuisinière Henriette Davidis de mettre au point une série de recettes utilisant l'extrait. Son *Kraftküche von Liebig's Fleischextract* eut tant de succès que la société demanda d'autres livres, dans d'autres langues [15].

7 L'après-Liebig

Les études de Liebig ne mettent pas un point final à l'étude chimique du bouillon de viande (d'ailleurs, la science n'a pas de fin, puisqu'elle n'est capable que de réfuter des théories, toujours insuffisantes). Ainsi, en 1854, Anselme Payen (Figure 14) reprend en les poursuivant les études de Chevreul :

« L'eau de Seine convient bien mieux à la préparation du bouillon que l'eau de puits : celle-ci rend la viande plus dure, moins sapide et moins odorante. [...] Généralement les eaux sont d'autant plus défavorables qu'elles sont plus séléniteuses, c'est-à-dire qu'elles contiennent en plus forte proportion du sulfate de chaux. L'eau de Seine, dans laquelle on a introduit 1/125 (ou 8 pour 1000) de sel marin donne un bouillon plus agréable que l'eau distillée. On observe des effets analogues de la part des mêmes eaux sur les légumes, et de plus l'influence du sel, qui rend les légumes plus tendres après la cuisson, leur donne plus de saveur et d'odeur en leur enlevant moins de matière soluble que l'eau pure. » [16]

L'époque confond alors qualité organoleptique, et qualité nutritive. Pis encore,

les théories fausses sont propagées sans regard critique, l'autorité de Liebig se faisant sentir. Puis, en 1874, E.-J. Armand Gautier fait un point qui montre des avancées notables de la chimie du bouillon [17a] :

« Le bouillon de viande est une solution des substances extractives du muscle et d'une partie de ses sels ; il contient aussi une faible proportion de matières albuminoïdes transformées ; une quantité variable de gélatine provenant de l'action de l'eau sur le tissu connectif, enfin un peu de graisse. On rappellera ici que les substances extractives de la viande sont : la créatine, la xanthine, l'hypoxanthine, la carnine, la taurine, l'acide inosique, substances qui sont toutes azotées, mais non protéiques ; les acides paralactique, acétique, butyrique, le glycogène et l'inosite, matières non azotées. L'ensemble de ces divers composés donne un poids de 21 grammes environ, pour le bouillon fourni par un kilogramme de viande fraîche. Les sels du bouillon sont : le phosphate et le sulfate de potasse, le chlorure de potassium, un peu de phosphates bibasiques de chaux et de magnésie, une trace de fer ; en tout 11,5 gr pour 1000 grammes de viande. » La question de la valeur nutritive du bouillon reste au centre des débats [17b, 18].

8 Leçons, héritages...

Portés par les successeurs de ces pionniers de la chimie de l'aliment et par ces précurseurs de la discipline que nous avons créée en 1988



Figure 14

Anselme Payen (1795-1871), chimiste français, on lui doit la découverte de la diastase (première enzyme), avec Jean-François Persoz, et de la cellulose.

sous le nom de « gastro-nomie moléculaire » [19] (voir le *Chapitre d'H. This « Que mangerons-nous demain ? »*), nous en sommes aujourd'hui au point où notre analyse des bouillons est facilitée. Les tissus musculaires sont composés, au premier ordre, de fibres contenant de l'eau et des protéines variées, notamment l'actine et la myosine ; ces fibres sont limitées par une membrane faite de phospholipides et gainées de tissu collagénique. Les fibres sont réunies en faisceaux par du tissu collagénique, et les faisceaux sont eux-mêmes réunis en super-faisceaux, toujours par ce même tissu, et ainsi de suite. Des dépôts de matière grasse sont intercalés entre les faisceaux, tandis que tout le tissu est parcouru par un réseau sanguin.

La « cuisson de la viande dans l'eau » s'accompagne de nombreux phénomènes : libération du sang dans la solution, contraction du tissu collagénique, avec expulsion de liquide et, sans doute,

de divers solutés, coagulation des protéines myofibrillaires, dissociation du tissu collagénique et hydrolyse des diverses protéines... À ce jour, toutefois, malgré la longue lignée de travaux déjà exécutés, la composition des bouillons de viande demeure mal connue, et les mécanismes de formation du bouillon restent mystérieux. Il est tout à fait stupéfiant que, aujourd'hui encore, des sociétés importantes produisent des bouillons et divers extraits de viande en se contentant de placer de la viande dans l'eau qui est chauffée, sans disposer des connaissances nécessaires à l'amélioration de leurs procédés. Pourquoi, alors que l'enjeu économique est important, des ingénieurs modernes supportent-ils de manquer à ce point de données ? Il faut sans doute conclure que les procédés employés sont suffisamment « robustes » pour que le besoin ne se soit pas fait sentir de chercher des améliorations.

Et demain ?

Le passé peut-il éclairer le futur ? Que mangerons-nous demain ? Je propose de ne pas répéter l'erreur de Berthelot, et préparer l'avenir par des études scientifiques, qui donneront les bases des applications. Pour faire face à l'augmentation du coût de l'énergie, à la raréfaction de l'eau, à la découverte

d'effets toxiques d'ingrédients alimentaires « traditionnels », etc., la seule solution est la mise en œuvre éclairée (technologie) de connaissances produites par la science. La discipline scientifique nommée gastronomie moléculaire devra notamment poursuivre l'étude des phénomènes, et la recherche de leurs mécanismes. Il n'est pas inutile de donner un ordre de grandeur de l'ampleur du travail qui reste à faire, fondé sur une analyse des « recettes de cuisine ». Notamment, on peut considérer que toute recette est composée de trois parties : une partie techniquement inutile, une « définition », et des « précisions ».

Par exemple, dans la recette de l'*Encart « Une recette du pot-au-feu »*, la partie de définition est réduite aux quelques termes en gras, tandis que les précisions sont soulignées.

À ce jour, les définitions ont été très peu explorées, mais, surtout, le nombre de précisions recueillies depuis 1980, dans les livres de cuisine français seulement, est supérieur à 25 000 !

Il reste du travail à faire pour comprendre la chimie du bouillon... et des autres préparations culinaires !

UNE RECETTE DE POT-AU-FEU

« Dans le ménage de l'artisan, le pot-au-feu est sa nourriture la plus substantielle, quoi qu'en puisse dire le journal intitulé *Le Gastronom*. C'est la femme qui soigne la marmite nutritive, et sans avoir la moindre notion de chimie ; elle a simplement appris de sa mère la manière de soigner le pot-au-feu. D'abord, elle dépose la **viande** dans une marmite de terre, en y joignant l'**eau** nécessaire (pour trois livres de bœuf deux litres d'eau) ; puis elle la place au coin de son feu, et, sans s'en douter, elle va faire une action toute chimique. Sa marmite **s'échauffe lentement**, la chaleur de l'eau s'élève graduellement, et dilate du bœuf les fibres musculaires en dissolvant la matière gélatineuse qui y est interposée. **Par ce moyen de chaleur tempérée, le pot-au-feu s'écume doucement** ; l'**osmazôme, qui est la partie la plus savoureuse de la viande, se dissolvant peu à peu, donne de l'onction au bouillon, et l'albumine, qui est la partie des muscles qui produit l'écume, se dilate aisément, et monte à la surface de la marmite en écume légère**. Ainsi, par le simple procédé d'avoir conduit doucement son pot-au-feu, la ménagère a obtenu un bouillon savoureux et nutritif, et un bouilli tendre et de bon goût. »

Carême M.A. (1981). *L'art de la cuisine française au XIX^e siècle*. De Kérangues et Pollies, Paris (fac simile du texte de 1847), 1 : 3.

Bibliographie

[1] Chaptal J.A. (1800). *Essai sur le perfectionnement des arts chimiques en France*. Imprimerie nationale, Paris.

[2] Cadet-de-Vaux A.-A. (1818). *De la gélatine et de son bouillon*. L. Colas fils, Paris.

[3] Lavoisier A.-L. (1783). *Mémoire sur le degré de force que doit avoir le bouillon, sur sa pesanteur spécifique et sur la quantité de matière gélatineuse solide qu'il contient*. Expériences de novembre 1783, Œuvres complètes, III : 563-578.

[4] M. Geoffroy le Cadet (Année MDCCXXX). *Examen chymique des Viandes qu'on employe ordinairement dans les Bouillons : par lequel on peut connoître la quantité d'Extrait qu'elles fournissent, & déterminer ce que chaque Bouillon doit contenir de suc nourrissant*. Histoire de l'Académie royale des sciences. Amsterdam, chez Pierre Mortier, MDCCXXXIII. Mémoires de l'Académie royale, 312-332.

[5] Apicius (1987). *L'Art culinaire*

(De Re Coquinaria). Les belles lettres, Paris.

[6] This H., Méric R., Cazor A. (2006). Lavoisier and meat stock. *C.R.A.S Chimie*, 9 : 1510-1515.

[7] Fourcroy A.-F. *Système des connaissances chimiques et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*. Paris, Baudouin, Tome ix, brumaire an ix.

[8] Larousse gastronomique, Éditions Larousse, Paris, 1993.

[9] Extrait d'un Rapport de M. Thénard, sur l'analyse du bouillon d'os et du bouillon de viande. Bulletin de l'École et de la Société de Médecine de Paris, 1806, 3, p. 35-36.

[10] Brillat-Savarin A.J. (1982). *La Physiologie du goût*. Paris, réed. Flammarion, 1825.

[11] a) Cadet de Vaux A.A. (1818). *De la gélatine et de son bouillon*. L. Colas fils, Paris ; b) Cadet de Vaux A.A. (vers 1800). *Mémoire sur la gélatine des os*. Xhrouet et Marchant, Paris.

[12] Chevreul M.E. (1835). *Recherches sur la composition*

chimique du bouillon de viande. *Journal de Pharmacie*, 21 : 231.

[13] This H., Bram G. (2003). Justus Liebig et les extraits de viande. *Sciences des aliments*, 23 : 577-587.

[14] a) Liebig J. (1848). Sur les principes des liquides de la chair musculaire. *Ann. Phys. Chim*, 23 : 129-203 ; b) J. Liebig (1852). *Nouvelles Lettres sur la Chimie*. Trad. Gerhardt C., Charpentier, Paris, 193-210.

[15] Shenstone M. (1895). *Justus von Liebig, his life and his work*. Casse.

[16] Des substances alimentaires, 1854, Hachette, Paris, p. 24.

[17] a) Armand Gautier E.-J. (1874). *Chimie appliquée à la physiologie, à la pathologie et à l'hygiène*. Librairie F. Savy, Paris, I : 112 ; b) *ibid*, 115.

[18] Kohn L. (1907). *La chimie dans la vie quotidienne*. Dumoulin, Paris, 91.

[19] This H. (2002). Molecular gastronomy. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 41 : 83-88.