

Communication de Monsieur Hervé This



Séance du 23 novembre 2007



Une histoire chimique du bouillon de viande

En 1783, Antoine Laurent de Lavoisier publie un *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*^[1] : «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», que nous considérerons en détail plus loin. 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 thermique de tissus musculaires de *Bos taurus*» - nous 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 les bases physico-chimiques 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. Nous sommes la première génération à ne pas avoir souffert de famine (et pas tous !)

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 très tôt, des êtres humains ont 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.^[2] Dans les siècles qui ont précédé notre ère, nous avons, par Apicius (au IV^{ème} siècle avant notre ère), des descriptions écrites du produit et du procédé.^[3] En outre, les livres de cuisine montrent à l'envi que, dans nombre de civilisations, la production de bouillon de viandes ou de légumes, a été importante. Pour la seule cuisine française classique, il est intéressant de noter que la plupart des livres, 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, ragouts, fonds de sauce, sauces...^[4, 5, 6]

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 !

Historiquement, on verra dans la suite que les plus grands noms de la chimie, en particulier, et de la science, en général, se sont penchés sur la question de la production du bouillon. Examiner l'histoire scientifique du bouillon, c'est élever un monument à ces grands anciens. C'est aussi répondre à la question importante : comment honorer des prédécesseurs... qui ont essentiellement publié des théories fausses ? Devons-nous limiter notre admiration pour Lavoisier quand nous savons que, contrairement à ce qu'il a cru, et publié, les acides ne contiennent pas systématiquement de l'oxygène ? Evidemment non : notre admiration doit être entière, car Lavoisier a poussé plus loin que ses contemporains les limites de la connaissance. L'analyse des travaux scientifiques du passé n'est-elle pas une merveilleuse façon de voir comment la science a progressé, comment nous pouvons perfectionner nos matériels et nos méthodes, afin de nous garder de mauvaises pratiques, techniques ou intellectuelles ?

Enfin la question du bouillon est une sorte de prototype de ces questions apparemment triviales qui, pourtant, sont essentielles dans notre vie. Evidemment, la recherche du boson de Higgs est «importante», mais n'est-il pas temps de nous débarrasser d'une néfaste classification comtienne des sciences,

pour reconnaître que de nouveaux critères de qualité de la science doivent être trouvés ?

Arrivons maintenant à cette histoire scientifique, que nous ferons commencer à Denis Papin (Chitenay, près de Blois, 22 août 1647 - Londres, v. 1712) : ^[7, 8, 9] c'est en 1681 qu'il songe à faire l'extraction de la gélatine, proposant le traitement des os à haute température, à l'aide de la marmite sous pression, ou «digesteur». Il s'agit de technologie, et l'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, une préoccupation largement oubliée de nos jours.

A noter que l'invention restera considérée de façon ambiguë par le monde culinaire, puisque, en 1875 encore, un auteur de livres de cuisine, Ildefonse-Léon Brisse, écrit fautivement : «Gardons-nous bien cependant de croire que le pot-au-feu soit à son apogée. Il y a urgence, au contraire, à provoquer dans sa composition une réforme radicale, en améliorant le bouillon et en obtenant une économie réelle. 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. Il n'y a pas un demi siècle, la science attribuait encore à la gélatine de grandes propriétés nutritives, et les os, composés de phosphate de chaux (matrice terreuse) et de gélatine, étaient déclarés indispensables dans le pot-au-feu et dans les braises. La science a progressé. Il est avéré aujourd'hui que la gélatine est une substance sans qualités nutritives et sans goût aucun. Les os ne sont donc d'aucune utilité dans l'alimentation. 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 absorbé les meilleurs éléments du potage. Le jarret de bœuf, en si grande faveur auprès des gargotiers pour la confection du bouillon, doit également en être exclu. Le bouillon épais qu'on en obtient est tout simplement de la colle».

^[10] 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.

A 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 cube. C'est, par exemple, ce que révèle Nicolas Lemery, en 1705 :^[11] « 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. » Mais c'est là une autre histoire : celle des tablettes de viandes.

En 1730, paraît l'un des plus anciens textes rapportant des études véritablement scientifiques du bouillon, par Geoffroy le Cadet (Paris, 8 août 1685 - Paris, 9 mars 1752) :^[12, 13, 14] «M. Dodart [...] s'est contenté de dire en 1702^[15] 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».

2. Lavoisier et le bouillon

Puis, en 1783, paraît le texte de Lavoisier, sur le bouillon.^[16] C'est un article 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 : «M. Geoffroy 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 nour-

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

La méthode utilisée est celle de la mesure de la densité des bouillons : «J'ai d'abord reconnu qu'une livre de bouillon, faite avec une livre d'eau et 4 onces de viande [un quart de livre, car une livre fait 16 onces], ne formait qu'un bouillon très-faible, dont la pesanteur spécifique était, à celle de l'eau, dans le rapport de 1 002 322 à 1 000 000, et qu'on en obtenait, par l'évaporation seulement 35 grains $\frac{1}{2}$ de matière gélatineuse réduite à la consistance de tablettes de bouillon. C'est de la tranche qui a été employée dans cette expérience et dans les deux suivantes. Une livre de bouillon dans lequel il était entré 8 onces ou une demi livre de viande, s'est trouvée avoir, pour pesanteur spécifique, 1 003 080 ; il a laissé par évaporation, 47 grains $\frac{1}{2}$ de matière gélatineuse réduite à consistance de tablettes. Ce bouillon pouvait être encore regardé comme faible, mais suffisant cependant pour le cas de maladie.

«Enfin une livre de bouillon, formé avec une livre de viande, avait pour pesanteur spécifique 1007347 ; il était fort et succulent, et a laissé par évaporation 116 grains de substance gélatineuse desséchée».

Lavoisier obtient 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 : «Le grand nombre d'expériences que j'avais faites sur la pesanteur spécifique des bouillons, et sur la quantité

de matière gélatineuse qu'ils contenaient, m'ayant mis à portée de comparer le rapport de l'une avec l'autre, il ne m'a pas été difficile de reconnaître qu'il suivait une loi assez régulière, et je suis parvenu à la soumettre au calcul. J'ai fait d'ailleurs quelques expériences particulières sur des bouillons plus chargés que les précédents, et je me suis vu en état de former, avec beaucoup plus d'exactitude que je ne m'y étais attendu d'abord, une table qui exprime la quantité de matière gélatineuse contenue dans un bouillon d'une pesanteur spécifique donnée. Pour faciliter l'usage de cette table, je l'ai calculée de 6 en 6 grains. Si l'on voulait pousser plus loin l'exactitude et avoir, par exemple, jusqu'à la précision du grain la quantité de matière gélatineuse, on pourrait prendre des parties proportionnelles, et, sur d'aussi petites quantités, il n'en résulterait aucune erreur sensible. Ceux qui voudront approfondir les lois que suit cette table s'apercevront que les différences premières de la pesanteur spécifique vont en diminuant à mesure que le bouillon est plus chargé, que les différences secondes deviennent également plus petites à mesure que le bouillon se charge, mais que, vers 6 gros de matière gélatineuse par livre d'eau, elles arrivent à l'uniformité avec cette table».

Cette étude se fait à l'aide d'un pèse liquide sur lequel Lavoisier insiste : «L'utilité qu'on peut retirer de la table ci-dessus suppose qu'on a des moyens très exacts pour déterminer la pesanteur spécifique. En effet, les différences d'un bouillon à l'autre étant très-petites, on commettrait de grosses erreurs si l'on n'avait des instruments assez délicats pour saisir de très-petites différences ; je vais, en conséquence, exposer ceux que j'emploie. Le pèse liqueur dont je me sers est un cylindre creux formé d'une feuille d'argent mince, assez forte cependant pour ne pas se plier et se déformer quand on essuie l'instrument. Ce cylindre est lesté par le bas avec de l'étain fin, et il est surmonté, à son extrémité supérieure, par une tige de fil d'argent de $\frac{3}{4}$ de ligne environ de diamètre, à laquelle est adapté un petit godet destiné à recevoir des poids ; j'ai fait une marque sur la tige à l'endroit jusques auquel le pèse-liqueur doit être enfoncé.

«Lorsque cet instrument est construit et qu'il est lesté de manière à être un peu plus léger que le volume d'eau qu'il déplace, on le pèse à une balance très-exacte, on le plonge dans de l'eau distillée, puis on ajoute, sur le petit bassin supérieur, le nombre de grains et de fractions de grain nécessaire pour le faire enfoncer jusqu'à la marque pratiquée sur la tige ; on fait la même opération avec la liqueur dont on veut déterminer la pesanteur spécifique, et par le rapport du poids total, tant du pèse-liqueur que des grains qui y ont été ajoutés, on conclut la pesanteur spécifique en millièmes. Le pèse-liqueur que j'emploie déplace un peu plus de 9 onces d'eau distillée».

Nous avons refait les expériences de Lavoisier^[17] (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. 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 décimales égal à six, est exorbitante, même pour un manipulateur expérimenté.

Les études sur la matière sèche n'ayant pas permis d'obtenir une précision suffisante pour affirmer que les bouillons où la proportion d'eau est grande extraient plus de «matière» que les bouillons avec peu d'eau (non seulement les viandes sont très variables, mais, de surcroît, les viandes libèrent des quantités d'eau variées, lors des transformations ; en outre, le type de traitement thermique modifie considérablement la libération de matière sèche), nous avons répété les expériences de mesure de densité, avec un dispositif qui reproduisait celui de Lavoisier.

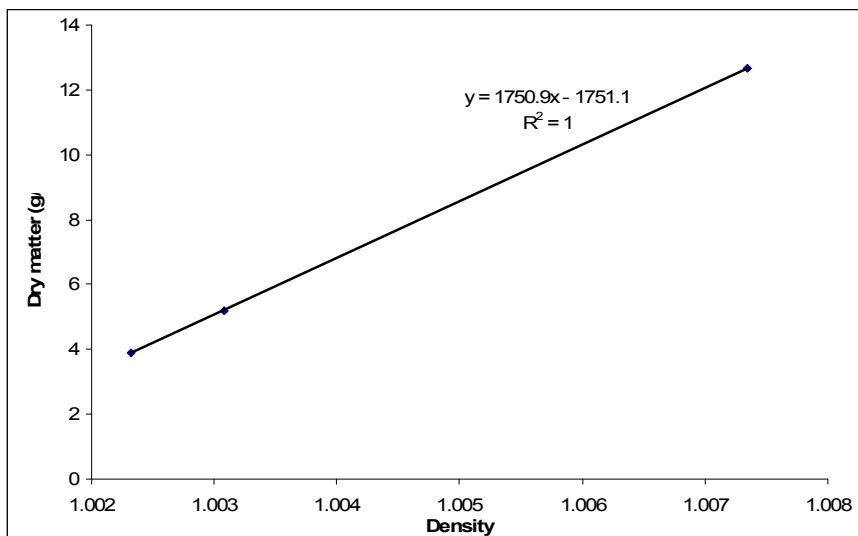
Ayant notamment observé que le tube d'argent très fin proposé par Lavoisier permet une très grande variation d'enfoncement (la variation est proportionnelle au carré du diamètre), nous avons utilisé non pas de tels tubes d'argent, mais des tubes capillaires modernes, que nous avons collés sur des bouchons 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 types 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. D'une part, Lavoisier comprend parfaitement que, dans un bouillon, la partie nutritive se trouve dans la matière sèche. D'autre part, fermier général, Lavoisier n'oublie pas les considérations pratiques : «Le roi accorde, dans les hôpitaux de la marine, une livre de viande par malade, l'un portant l'autre, quel que soit le degré de convalescence ou de maladie. On peut demander, 1° si cette quantité est suf-

fisante ; 2° dans la supposition où il ne serait pas nécessaire ni même possible de l'augmenter, quel est le meilleur parti qu'on peut tirer de cette quantité ? On trouvera facilement dans les expériences ci-dessus la réponse à ces deux questions. Supposons qu'un hôpital soit composé de 100 malades, les 100 livres de viandes accordées par le roi pourront former environ 200 livres de bouillon médiocre, lesquelles, à raison de 12 onces par chaque prise de bouillon, formeront 266 prises. Or, il est évident que cette quantité est très-courte, puisqu'elle ne donne que 2 prises 2/3 de bouillon pour chaque malade, les potages des convalescents compris».

Table 1. Densité et matière sèche mesurées par Lavoisier.

Proportion of meat/water	Density measured (data from Lavoisier)	Dry matter (g for 1 L of water added to the meat)	Sensory appreciation
0.25	1.002322	3.8871	Very weak
0.5	1.003080	5.1907	Weak but enough for convalescent
1	1.007347	12.6763	Strong, good



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

Le texte de Lavoisier n'est pas mentionné par les auteurs ultérieurs. Ni Proust en 1791, ni Alexis Cadet de Vaux en 1792, ni Antoine François de Fourcroy (Paris, 1755-Paris, 1809) en 1792 dans l'*Encyclopédie méthodique* ne semblent en avoir connaissance. En 1798, Fourcroy^[18] 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* :^[19] «ALBUMINEUX, adj. (Phys.) *suc albumineux*, dans l'Oeconomie animale, est une espèce d'huile fort fixe, tenace, glaireuse & peu inflammable, qui forme le sang & les lymphes des animaux. Ses propriétés sont assez semblables à celles du blanc-d'œuf ; c'est ce qui lui a fait donner le nom de *suc albumineux*. Voyez SUC & HUILE. L'huile *albumineuse* a des propriétés fort singulières, dont il est difficile de découvrir le principe : elle se durcit au feu, & même dans l'eau chaude ; elle ne se laisse point délayer par les liqueurs vineuses, même par l'esprit-de-vin, ni par l'huile de terebenthine, & les autres huiles résineuses fluides ; au contraire, ces huiles la durcissent. Elle contient assez de sel tartareux pour être fort susceptible de pourriture, sur-tout lorsqu'elle est exposée à l'action de l'air ; mais elle n'est sujette à aucun mouvement de fermentation remarquable, parce que son sel est plus volatilisé & plus tenacement uni à l'huile que celui des végétaux ; aussi le fait-il facilement dégénérer en sel alkali volatil ; ce qui n'arrive presque pas au sel tartareux des végétaux, sur-tout lorsqu'il n'est encore uni qu'à une huile mucilagineuse. L'indissolubilité, le caractère glaireux, & le défaut d'inflammabilité de cette huile, lui donnent beaucoup de conformité avec l'huile muqueuse ; mais elle en diffère par quelques autres propriétés, & sur-tout par le sel qu'elle contient, & dont l'huile muqueuse est entièrement ou presque entièrement privée».

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 par les protéines... sauf dans les manuels culinaires modernes^[20]

Après que Nicolas Vauquelin (Saint-André-d'Hébertot, 16 mai 1763/id. 14 novembre 1829) étudie le bouillon, en 1800,^[21] une nouvelle erreur s'installe en 1806 avec Louis Jacques Thenard (La Louptière, 4 mai 1777- Paris, 20 juin 1857) :^[22]

«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, 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. Une quantité égale de bouillon de viande, préparée à l'Hôtel-Dieu, où ces expériences ont été faites, a fourni un résidu de deux onces qui prenait difficilement en gelée, et qui semblait être un mélange de gélatine, et d'une autre substance. Huit pintes d'un excellent bouillon, fait avec huit livres de viandes choisies, a donné par l'évaporation huit onces de semblable résidu».

«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. Quatre livres de chair musculaire, broyée et lavée à froid, produisirent près de six gros de la même substance. 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. L'osmazôme est distincte de toutes les autres matières animales, par les caractères suivans : elle est soluble dans l'eau et dans l'alcool ; elle est légèrement déliquescente, elle ne se prend point en gelée ; elle fait prendre en masse l'acétite de plomb avec excès d'oxide, que la gélatine ne précipite pas ; elle précipite le nitrate acide de mercure, que la gélatine ne trouble point ; elle donne du carbonate d'ammoniaque à la distillation ; la noix de galle la précipite ; enfin elle ne se coagule pas par le feu. C'est à l'osmazôme que le bouillon de viande doit son odeur et sa saveur ; le rapport de cette substance à la gélatine dans la chair est environ comme un est à cinq. Elle n'existe point dans les os, ce qui explique la différence du bouillon fait avec eux, et de celui de viande. Il sera nécessaire de rechercher l'osmazôme dans les autres substances animales, et sur-tout dans le sang, ce que M. Thénard se propose de faire».

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 fausse, malgré l'habileté du procédé d'extraction (en plaçant

une gelée de gélatine dans de l'éthanol, Thenard récupérait une fraction de 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 (Bellay, 1755 - Paris, 1826), qui écrit en 1825 dans sa *Physiologie du goût*, très fautivement :^[23]

«Le plus grand service rendu par la chimie à la science alimentaire est la découverte ou plutôt la précision de l'osmazôme. L'osmazôme est cette partie éminemment sapide des viandes, qui est soluble à l'eau froide, et qui se distingue de la partie extractive en ce que cette dernière n'est soluble que dans l'eau bouillante. C'est l'osmazôme qui fait le mérite des bons potages ; c'est lui qui, en se caramélisant, forme le roux des viandes ; c'est par lui que se forme le rissolé des rôtis ; enfin, c'est de lui que sort le fumet de la venaison et du gibier. L'osmazôme se retire surtout des animaux adultes à chairs rouges, noires, et qu'on est convenu d'appeler chairs faites ; on n'en trouve point ou presque point dans l'agneau, le cochon de lait, le poulet, et même dans le blanc des plus grosses volailles : c'est par cette raison que les vrais connaisseurs ont toujours préféré l'entre-cuisse ; chez eux, l'instinct du goût avait prévenu la science. C'est aussi la prescience de l'osmazôme qui a fait chasser tant de cuisiniers, convaincus de distraire le premier bouillon ; c'est elle qui fit la réputation des soupes de primes, qui a fait adopter les croûtes au pot comme confortatives dans le bain, et qui fit inventer au chanoine Chevrier des marmites fermentes à clef ; c'est le même à qui l'on ne servait jamais des épinards le vendredi qu'autant qu'ils avaient été cuits dès le dimanche, et remis chaque jour sur le feu avec nouvelle addition de beurre frais. Enfin, c'est pour ménager cette substance, quoique encore inconnue, que s'est introduite la maxime que, pour faire de bon bouillon, la marmite ne devait que sourire, expression fort distinguée pour le pays d'où elle est venue. L'osmazôme, découvert après avoir fait si longtemps les délices de nos pères, peut se comparer à l'alcool, qui a grisé bien des générations avant qu'on ait su qu'on pouvait le mettre à nu par la distillation. A l'osmazôme succède, par le traitement à l'eau bouillante, ce qu'on entend plus spécialement par matière extractive : ce dernier produit, réuni à l'osmazôme, compose le jus de viande».

4. Et les chimistes célèbres se succèdent...

Après Thenard 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^[24, 25] 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^[26]

cite Nicolas Appert, qui n'était pas scientifique, mais ce que nous nommerions aujourd'hui traiteur : «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».

En 1832, c'est un très grand nom de la chimie qui étudie le bouillon : Michel-Eugène Chevreul, 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*.^[27] Pour ce long extrait, des commentaires méthodologiques sont donnés entre crochets :

«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 faible bouillon. Nous avons voulu savoir quelle pouvoit être l'influence d'une température subite sur la viande destinée à faire du bouillon. Voici comment nous avons opéré pour arriver à ce but».

«On a pris deux morceaux de viande choisis et aussi semblables que possible [c'est ici une faute méthodologique : il faut prendre le même morceau et le diviser en deux, ou mieux, prendre plusieurs moitiés de plusieurs morceaux, afin d'obtenir une moyenne] : l'un a été mis dans un pot de terre [matériau mal choisi, quand on veut déterminer le contenu d'une solution, en raison des échanges d'ions qui peuvent s'opérer avec la solution qu'il contient] avec un litre et demi d'eau distillée froide [en utilisant de l'eau distillée, Chevreul n'étudie plus le bouillon, mais un modèle de bouillon] ; on a élevé graduellement la température du liquide à l'ébullition [en combien de temps ? la question est importante parce que du temps de cuisson dépend l'étendue de la dégradation, puis de l'hydrolyse du tissu collagénique], et on l'a soutenue pendant cinq heures [avec ou sans couvercle ? la question est importante, parce que l'entraînement à la vapeur d'eau qui peut se produire modifie à la fois la concentration en molécules peu hydrosolubles et l'extraction des molécules solubles, selon l'effet noté par Lavoisier, en raison des variations de concentration dues à l'évaporation]. L'autre morceau a été plongé dans un litre et demi d'eau distillée bouillante ; ébullition a été maintenue pendant cinq heures. Au bout de ce temps, les deux morceaux ont été retirés des deux marmites ; on les a laissé égoutter, puis on a ajouté, à chaque bouillon, l'eau nécessaire pour en porter le volume à un litre ; car quoiqu'on eût ajouté de l'eau pendant la cuisson, afin de maintenir toujours la viande submergée, cependant on n'en avoit pas ajouté autant qu'il s'en étoit vaporisé [ce qui prouve qu'il n'y avait pas

de couvercle] [Il n'est pas spécifié quelle était la cuisson ; apparemment c'était une ébullition franche, alors qu'on doit cuire à petit frémissement]. Le goût du bouillon provenant de la viande plongée dans l'eau bouillante a été jugé unanimement, par une dizaine de personnes [quel analyse sensorielle a-t-elle été utilisée ? si des tests triangulaires n'ont pas été faits, le résultat ne vaut rien], moins bon que celui du bouillon fait par le procédé ordinaire ; et l'examen chimique des deux bouillons a, jusqu'à un certain point, expliqué ce résultat. En effet, le dernier contenoit près de 13/1 000 de matières organiques, et 3/1 000 de sels fixes, tandis que l'autre ne contenoit guère que 10/1 000 des premières et 1/1 000 des secondes. [quelle est la précision de la mesure ?]. D'autre part, la viande qui avoit été chauffée doucement jusqu'à l'ébullition s'était réduite de 500 grammes à 326 de bouilli, et à 3 grammes 25 de graisse séparée de ce dernier, tandis que l'autre viande avoit donné 337 grammes de bouilli, retenant presque toute la graisse, car il s'en étoit à peine séparé à la surface du bouillon. Le second bouilli étoit meilleur que le premier, au jugement de la plupart de ceux qui les goûtèrent ; cependant la différence ne fut pas trouvée aussi grande que celle qui existoit entre leurs bouillons respectifs. Il résulte de là que la meilleure manière de préparer le bouillon est de chauffer lentement la viande avec l'eau, et il est peut-être convenable d'appuyer sur cette conclusion, par la raison que quelqu'un avoit conseillé à la Compagnie hollandaise de plonger la viande dans l'eau bouillante. On conçoit, au reste, que les parties de l'albumine et de la fibrine, qui sont à l'extérieur, se durcissant par la chaleur subite qu'elles éprouvent, forment ainsi une sorte d'enveloppe qui s'oppose à la libre pénétration de l'eau du pot-au-feu dans l'intérieur de la viande».

A nouveau, la lecture des textes anciens montre combien à la science a progressé depuis seulement deux siècles, non seulement en termes de connaissances, mais, aussi, en termes de méthodes. D'autre part, on observera que Chevreul fait ici état d'une «théorie culinaire» qui n'a pas toujours eu cours. Ainsi, en 1674, pour le cuisinier dont les œuvres ne sont signées que d'initiales L.S.R.,^[28] la viande doit toujours être placée dans l'eau chaude : «Quand l'eau sera bien chaude, car je vous le dis par parenthèses, il ne faut jamais empoter à froid, mettez-y un gros trumeau de bœuf». 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 meilleurs tables, suivant les quatre saisons*,^[29] Me-non 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, hélas reprise par les scientifiques.

En 1835,^[30] Chevreul reprend l'étude, mais en faisant varier la composition de la solution aqueuse où la viande est traitée thermiquement :

« Dans l'expérience ci-dessus décrite : que l'on substitue à l'eau distillée l'eau tenant 1/125 de son poids de chlorure de sodium en solution, l'eau des puits de Paris qui est une solution de sulfate de chaux et de carbonate de chaux, et les résultats seront sensiblement les mêmes en ce qui concerne la nature des principes volatilisés ou dissous. Mais la viande cuite dans l'eau chargée de chlorure, sans être plus tendre, sera plus sapide, et la décoction plus sapide et plus odorante. Au contraire, la viande cuite dans l'eau des puits sera plus dure, moins sapide, et le bouillon qu'elle fournira moins sapide et moins odorant. Le sulfate de chaux surtout exerce une influence singulièrement défavorable sur la tendreté et la saveur de la viande, l'odeur et la saveur du bouillon. Il ne faudrait toutefois pas conclure de la première de ces expériences que plus l'eau renfermera de chlorure en dissolution et plus la viande et le bouillon auront de saveur. Et, en effet, M. Chevreul a vu que l'eau saturée de sel marin donne un bouilli plus dur, de saveur particulière analogue à celle du jambon, un bouillon moins odorant et moins sapide. [...] Que l'on place la viande dans l'eau froide, dont on élèvera lentement la température jusqu'à l'ébullition, ou dans le liquide bouillant, et les résultats précédemment signalés se reproduiront encore eu égard à la nature des matières fixes et volatiles ; mais non plus eu égard à leur proportion, et à celle de la viande bouillie. Ainsi on a pris deux morceaux de viande choisie, et aussi semblable que possible, l'un a été mis dans un pot de terre avec un litre et demi d'eau distillée froide, qu'on a graduellement élevée à la température de l'ébullition, et maintenue à cette température pendant cinq heures ; l'autre a été plongé dans un litre et demi d'eau distillée bouillante, que l'on a fait également bouillir pendant cinq heures. Le goût du bouillon provenant de la viande plongée dans l'eau bouillante a été unanimement et par dix personnes, jugé moins bon que celui du bouillon fait par le procédé ordinaire, qu'on avait d'ailleurs eu le soin d'amener au même état de concentration ; et il n'a fourni à l'analyse que 10/1 000 de matières organiques et 2/1 000 de sels fixes, tandis que l'autre a fourni 3/1 000 de matières organiques, et 3/1 000 de sels fixes. D'une autre part, les 500 grammes de viande chauffée lentement

jusqu'à l'ébullition s'étaient réduits à 326 grammes de bouilli, et à 3 gr 25 de graisse qu'on pouvait séparer, tandis que les 500 g de viande plongée dans l'eau bouillant avaient donné 375 g de bouilli retenant presque toute la graisse. C'est que l'albumine et la fibrine qui sont à l'extérieur se durcissent immédiatement par la chaleur subite qu'elles éprouvent avant d'avoir pu se dissoudre, formant une sorte d'enduit qui s'oppose à la libre pénétration de l'eau dans l'intérieur de la viande. [...] Pendant la cuisson de la viande, telle qu'on l'opère d'ordinaire, l'albumine se dissout avant que la température de l'eau soit élevée au point où cette substance se coagule, tout l'albumine se cuit et se réduit, d'une part, en une partie solide insoluble que colore un peu d'hématosine, c'est elle qui forme l'écume ; d'autre part, en une partie soluble qui reste en solution dans l'eau».

Juger meilleur ou moins bon un bouillon fait à partir d'eau saturée en chlorure de sodium a évidemment de quoi surprendre ! D'autre part, est reprise ici la théorie de l'albumine qui coagulerait en surface de la viande, quand cette dernière est placée dans l'eau chaude : dans le passage que nous donnons, Chevreul parle d'«enduit» ; ultérieurement, on parlera de «croûte imperméable qui empêche les jus de sortir».

5. Justus von Liebig : de vieux habits retailés^[31]

En 1848, les *Annales de chimie et de physique* publient la traduction française d'un article de Justus Liebig (anobli en 1840), publié l'année précédente dans une revue allemande.^[32, 33] La première moitié de l'exposé présente les avancées de l'analyse (essentiellement élémentaire) des tissus musculaires. Puis, brusquement, une deuxième partie présente des applications des analyses :

«Il résulte des recherches précédentes que la chair musculaire subit, par la cuisson, un changement essentiel dans sa composition. De la quantité d'eau et de la durée d'ébullition dépend la séparation plus ou moins parfaite des principes solubles». En réalité, ce n'est pas un fait de grande science que d'observer que la chair subit un changement par la cuisson, et il est faux que ce changement concerne la composition chimique (élémentaire) de la viande. De surcroît, le terme de «cuisson» n'est pas défini. Enfin l'examen attentif de la première partie du mémoire de Liebig ne conduit certainement pas à cette conclusion, et c'est seulement une intuition fondée sur des idées culinaires qui est exprimée là.

Puis, quand Liebig écrit «La chair hachée cède à l'eau froide toute son albumine», il y a manifestement une faute, parce que, à l'époque, l'«albumine» est une notion compliquée. S'il s'agit de l'actine, de la myosine et de l'albumine sérique, par exemple, la phrase est fautive, comme nous l'avons étudié au la-

boratoire.^[34] Et si par «albumine» on entend l'ensemble des protéines, alors la phrase est également fautive, car l'extraction de l'ensemble du collagène nécessite un traitement très long.

Plus loin, Liebig fait paraître sous sa plume la théorie ancienne :

«L'influence de l'eau chaude sur la qualité du bouilli et du bouillon s'explique maintenant sans difficulté. Pour obtenir la viande la plus succulente, il faut plonger la chair dans l'eau bouillante et maintenir l'ébullition pendant quelques minutes, ajouter ensuite l'eau froide en quantité suffisante pour abaisser la température à 74 degrés ou à 70 degrés et entretenir cette température pendant plusieurs heures. En plongeant la chair dans l'eau bouillante, l'albumine se coagule à la surface et constitue une enveloppe qui s'oppose dès lors à la pénétration de l'eau sans empêcher la chaleur de se propager peu à peu et de faire passer l'albumine de l'état cru à l'état de cuisson : la viande reste aussi savoureuse et aussi succulente que le rôti : car, dans ces circonstances, les principes sapides de la viande sont en majeure partie retenus. [...] Si l'on met la viande en contact avec l'eau bouillante, on réunit les conditions les plus favorables à l'obtention d'une bonne qualité de bouilli, mais le bouillon qui en résulte n'en est que plus mauvais. Si, au contraire, on plonge la viande dans de l'eau froide, dont on élève graduellement la température jusqu'à l'ébullition, il s'établit aussitôt un échange entre le liquide musculaire et l'eau. Les principes sapides et solubles de la viande se dissolvent dans l'eau, qui, pénétrant à son tour dans l'intérieur du tissu, y opère un lavage plus ou moins complet. La viande perd en qualité ce que gagne le bouillon : l'albumine se sépare à son tour, et est enlevée à l'état d'écume ; la perte d'albumine rend la viande dure et coriace».

Liebig 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 fausse. Des chefs contemporains de Liebig, adoptèrent rapidement cette théorie. Notamment Eliza Acton, connue pour son *Modern Cookery*,^[35] 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, fabriquant de soude, était tombée malade alors qu'elle séjournait chez Liebig ; elle ne pouvait rien manger, sauf de l'*extractum carnis*. A 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*).^[36] A 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.^[37, 38]

6. 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 point de fin, puisqu'elle n'est capable que de réfuter des théories, toujours insuffisantes). Chevreul^[39] reprend notamment ses études :

«Un des phénomènes les plus remarquables est la sapidité, l'odeur sulfureuse que la cuisson donne au blanc d'oeuf, et les arômes spéciaux qu'un grand nombre de viandes manifestent dans la même circonstance : ces arômes, distincts de l'osmazôme, se trouvent à l'état latent dans des matières que l'eau froide enlève aux viandes et dont la nature peut varier avec l'espèce de chacune d'elles. La cuisson donne en outre plus de tendreté à la viande en agissant convenablement sur les matières fibreuse et cellulaire».

Cette fois, il y a confusion entre odeur, due certainement aux molécules odorantes, «arômes», non définis, et osmazôme, dont on a vu l'ambiguïté.

Puis, en 1854, Anselme Payen (1795-1871) reprend et les poursuivant les études de Chevreul :^[40]

«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 1 000) 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. [...] La portion du bouillon que l'on ne se propose pas de consommer immédiatement doit être refroidie le plus vite possible ou mise au frais, afin d'éviter, soit une trop forte déperdition de son arôme, soit une fermentation qui pourrait le faire aigrir, si on le laissait dans un endroit chaud. [...] Pendant la préparation du bouillon, si l'on entretenait une vive ébullition, qui produirait beaucoup de vapeur, l'arôme se dégagerait en pure perte, et le produit obtenu serait d'autant plus détérioré que l'eau de remplissage aurait introduit une nouvelle quantité de sels calcaires, notamment du sulfate de chaux, toujours nuisible à la bonne qualité du bouillon».

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 : ^[41] «Nouveau bouillon pour les malades, par M. Le baron Liebig. L'illustre professeur de Giessen a indiqué une liqueur alimentaire pouvant être absorbée froide et présentant sous un petit volume les principes actifs de la viande. Le procédé qu'il a suivi est très simple ; voici en quoi il consiste : On prend 250 grammes de viande, soit de bœuf, soit de poulet, qu'on coupe par morceaux et qu'on délaye dans 250 grammes d'eau acidulée avec 4 à 5 gouttes d'acide chlorhydrique et contenant 1 g à 1,50 g de sel marin. On laisse macérer une heure environ, on jette sur un tamis de crin et on recommence à plusieurs reprises jusqu'à ce que le liquide soit clair ; on ajoute encore 250 grammes d'eau sur le résidu, et on a ainsi un liquide rouge dont la saveur rappelle tout à fait celle du bouillon. Il est important d'opérer à froid pour n'avoir pas de coagulation de l'albumine ; l'été même, pour empêcher la fermentation, il est bon de se servir d'eau glacée».

Notamment, subsiste la question de la valeur nutritive de la gélatine :^[42]

«Préparation du bouillon. Pour préparer de bon bouillon de viande, il faut procéder d'une manière inverse. La viande, hachée menu, est mêlée à de l'eau froide que l'on porte lentement à l'ébullition ; puis, après avoir maintenu cette viande pendant quelques minutes à cette température, on l'exprime après avoir passé le liquide où elle a bouilli. Le liquide ainsi obtenu, une fois assaisonné avec du sel et les autres condiments qu'on ajoute ordinairement et coloré de cette teinte brune de rigueur que communique l'oignon brûlé ou le caramel, constitue le meilleur bouillon que l'on puisse tirer d'une quantité donnée de viande. On a cru pendant longtemps que c'était à la gélatine que le bouillon devait ses qualités ; mais la gélatine par elle-même, est insipide et n'entre du reste que pour une faible proportion dans le bouillon. Aussi n'a-t-on jamais pu préparer un bouillon convenable avec les tablettes que l'on a fabriquées pendant quelque temps en France et en Angleterre avec de la gélatine».

Puis, en 1874, E.-J. Armand Gautier fait un point qui montre des avancées notables de la chimie du bouillon :⁴³

«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 acide 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 g pour 1 000 grammes de viande».

«Les premières analyses sont dues à Chevreul [*Journal de pharmacie*, t. XXI, 1855 ou 1835, illisible]. Il prépara un bouillon en faisant cuire durant cinq heures une livre de viande de bœuf dans une livre d'eau ; ayant étendu à 1 litre la solution ainsi formée, il obtint pour sa composition : eau 988,57 ; substances organiques solubles 12,70 ; substances inorganiques solubles 2,90 ; substances inorganiques insolubles 0,308. La densité du liquide était de 1,004 [Liebig, *Ann. der Chem. u Pharm.*, t. CXLVI, p. 155 ou 133, a obtenu après trois heures d'ébullition, pour les mêmes quantités de viande et d'eau, 10,255 g de résidu total par litre de bouillon ; ce résidu contenait 20 p. 100 de parties insolubles,

et 80 p. 100 de partie solubles dans l'eau, dont 62,16 p. 100 solubles dans l'alcool. Un litre de bouillon correspond à 11,4 g de son extrait de viande.]

«Dans une autre expérience, Chevreul traita 1 000 grammes de viande, 300 grammes d'os, 28,3 grammes de sel marin et 230 grammes de légumes, par 5 490 grammes d'eau (ce sont à peu près les proportions du bouillon ordinaire) : il obtint ainsi, après cuisson, 2 792 grammes d'un bouillon ayant pour densité 1,013, et contenant par litre : eau 985,6 ; substances organiques solubles 16,91 ; sels solubles 10,72 ; sels insolubles 0,54. Les matières solubles du bouillon sont celles que nous indiquons plus haut et que, sauf la gélatine, nous retrouverons dans l'extrait de viande, à peu près en mêmes proportions relatives. Parmi elles, aucune n'appartient au groupe essentiellement nutritif des matières protéiques, à l'exception des substances aptes à gélatiser qui ne sont elles-mêmes que des aliments excessivement imparfaits».

«Seule une très faible quantité d'albuminose, formée par la réaction des acides de la viande sur la musculine, en représente la partie nutritive. Nous savons, en effet, aujourd'hui, que les autres matières azotées du bouillon ne sont pas plastiques. La créatine et la créatinine sont des produits excrémentiels du muscle et du tissu nerveux ; la première est apte à produire par un simple dédoublement avec hydratation de la méthyluramine, du méthyglycocolle ou sarcosine, de l'acide méthylparabamique, de l'urée, de l'acide oxalique, de l'ammoniaque : aucune de ces substances ne saurait être transformée en tissus. D'ailleurs, injectée dans les veines, la créatine se retrouve en grande partie dans les urines à l'état de créatinine ; ingérée, elle augmente le poids des matières extractives de l'urine, sans diminuer celui de l'urée. La créatine, la créatinine, et l'on peut en dire tout autant des substances azotées non albuminoïdes qui les accompagnent dans le bouillon, ne sont donc ni des aliments proprement dits ni des agents qui empêcheraient indirectement, comme on l'a prétendu le mouvement de désassimilation. L'acide inosique, à qui est en partie dû le fumet du bouillon et de la viande, n'est pas plus que les précédentes une substance plastique. La carnine $C_7H_8Az_4O_3$ elle-même, qu'on a récemment découverte dans le bouillon et l'extrait de viande, ne diffère de la sarcine ou hypoxanthine que par les éléments de l'acide acétique, et de la théobromine que par un atome d'oxygène en plus. Elle ne peut donc être considérée que comme jouant dans le bouillon le rôle d'excitant et d'amer».

«Enfin les faibles quantités d'inosite et de sucre contenues dans le bouillon ne peuvent pas augmenter sensiblement sa valeur nutritive. Ainsi, sauf un millième environ de son poids de matières albuminoïdes transformées en substances solubles analogues aux peptones, le bouillon ne contient aucune autre substance organique à proprement parler plastique. Si l'on ne tient pas

compte de ses matières minérales, nous pouvons dire, avec M. Bouchardat, que le bouillon n'est réellement utile que lorsqu'il est très agréable. C'est un excitant de la digestion ; il charge l'estomac en pepsine, et le pancréas de pancréatine, et prépare ainsi l'assimilation. Mais si l'on fait abstraction de ses sels, il ne peut être considéré comme un aliment dans le sens propre de ce mot».

«Que la gélatine, et particulièrement celle qui se produit par la coction du tissu cellulaire interfibrillaire des muscles soit assimilable, surtout quand par la diète l'économie a été privée d'autres aliments albuminoïdes, ceci ne saurait plus être mis en doute aujourd'hui. Mais les 10 à 15 grammes que l'on en trouve dans un litre de bouillon, et les 3 à 4 grammes d'une simple prise, ne sauraient faire attribuer à cette boisson des qualités sérieusement nutritives. Le bouillon agit surtout par son arôme et par ses sels. De là ses effets presque immédiats ; de là surtout sa nécessité pour les malades soumis à la diète, qui perdent sans cesse par leurs excréments une quantité notable de substances minérales essentielles aux tissus».

«Le bouillon fait par d'autres méthodes que celles du pot-au-feu dont nous venons de parler a-t-il plus de valeur nutritive? Nullement. Liebig recommande de traiter la viande maigre hachée par son poids d'eau froide, de porter lentement ce mélange à l'ébullition, de filtrer alors par expression dans une serviette et d'ajouter les condiments. Ce bouillon supérieur à certains égards à celui que l'on peut obtenir par une longue cuisson, ne renferme pas au delà d'un millième d'albuminose. Liebig a recommandé encore une autre pratique : il prend 250 grammes de viande hachée et autant d'eau additionnée de 4 gouttes d'acide chlorhydrique ; il fait digérer à froid, ajoute au bout d'une heure au résidu 250 grammes d'eau et soumet à l'expression. Cette addition d'acide chlorhydrique a pour résultat évident d'augmenter la quantité de chair musculaire transformée en albuminose, et restant soluble après l'ébullition, mais cette quantité est encore très faible d'après les analyses de M. Ritter. Disons donc pour conclure que le bouillon agit de deux façons : il contribue à refaire le sang et les tissus, non parce qu'il fournit de l'azote, car il le contient presque entièrement sous forme de matières extractives excrémentielles, mais surtout par ses sels ; en même temps, il active les phénomènes digestifs par son concours dans la sécrétion des sucs gastrique et pancréatique, et par son action excitante sur les centres nerveux».

La question de la valeur nutritive du bouillon reste au centre des débats :^[44]

«Nous venons de voir que le bouillon ne nourrit pour ainsi dire pas, au moins directement et par ses matières azotées. En est-il autrement des Extraits de viande ? De tous ces extraits, le plus répandu est aujourd'hui celui de

Liebig. On le fait avec les viandes des animaux abattus dans l'Amérique du Sud, et dont on n'utilisait auparavant que les peaux et les graisses. Cet extrait, quand il est préparé à une basse température et au moyen du vide, n'est autre chose que du bouillon concentré, presque entièrement exempt de gélatine et de corps gras. 100 parties contiennent : eau 14,0 ; matières organiques 67,4 ; matières minérales 15,6. Liebig a cru pouvoir faire de sa signature le gage de cette exploitation. En acceptant ce nom comme une garantie, en admettant que les viandes qui servent à préparer ces extraits soient saines, en admettant même que l'illustre Professeur et Baron analyse ou fasse examiner régulièrement, comme on l'écrit, les extraits mis en vente, en admettant encore, comme il nous l'apprend, qu'une livre de cet extrait corresponde à 32 livres de viande, et puisse fournir du bouillon excellent pour 128 personnes, nous observerons que, dans les meilleures conditions, 52 livres de viandes peuvent donner, d'après les expériences de Chevreul, 44,5 kilo de bouillon, contenant environ par kilo 1 gramme de matières albuminoïdes solubles (Ritter) ; chacune de ces 128 personnes recevra donc 35 centigrammes de substance azotée plastique [L'extrait de viande Liebig ne contient pas de gélatine]. Ce serait donc abuser de la bonne foi publique que de dire ou laisser croire que cet extrait représente ou puisse remplacer une substance réellement alimentaire, et surtout la moindre quantité en viande bouillie ou rôtie. (Liebig dit lui-même, *Gazette de Cologne*, 1868, n° 154, que «le bouillon appartient à la même classe d'aliments que le café et le thé, celle des aliments gustatifs, et personne ne prétendra que l'usage du café et du thé soit du luxe pur, quoiqu'il soit bien établi qu'ils ne sont pas des aliments proprement dits». Si donc le bouillon n'est qu'un excitant du goût, il sera bon de ne pas le remplacer par une préparation aussi peu agréable que l'extrait de viande qui ne doit la vogue malheureuse qu'il a depuis quelques années, qu'à la publicité qu'on lui fait, à l'éclat du nom de celui qui le patronna, mais surtout à cette heureuse étiquette d'Extrait de viande, qui semble promettre à la foule qu'elle trouvera dans cette préparation la quintessence de la chair musculaire, quoiqu'elle ne contienne qu'une trace à peine de principes protéiques vraiment alimentaires». Des industriels de Francfort sont parvenus à répandre chez eux une préparation qu'ils appellent *sirupus extractus carnis*. 82 grammes de ce sirop représenteraient la partie soluble de trois livres de bœuf. Or ces 82 grammes contiennent, d'après M. Hayer, 3,94 g d'albumine, quantité infime et sans valeur. Encore nous apprend (il que cette préparation n'a de l'extrait de viande que le nom, et se fabrique avec du sérum de sang de bœuf. Le sirop de musculine, que O. Réveil a proposé, s'obtient en faisant digérer douze heures à 35, ou 40 degrés, 100 grammes de chair de veau, 500 d'eau et 50 centigrammes de chacune des substances suivantes : acide chlorhydrique, chlorure de potassium et chlorure de sodium. On filtre et l'on ajoute un kilo de sucre. Ce sirop ne contient par kilogramme que 0,455 g de matières albuminoïdes. L'extrait de

viande de M. Martin de Lignac est un bouillon concentré correspondant à un kilo de viande de bœuf par 220 grammes d'extrait. Il est agréable au goût, mais riche en gélatine et peu nutritif pour les mêmes raisons que les préparations ci-dessus. Un pharmacien, M. Bellat, a certainement donné, depuis une quinzaine d'années déjà, la meilleure formule de l'extrait de viande. Il épuise d'abord à l'eau tiède la viande hachée, met à part ce liquide, puis chauffe dans la marmite de Papin la viande épuisée avec les os et les légumes nécessaires. Le bouillon ainsi obtenu est ajouté au liquide de la première opération, clarifié par le sang à l'ébullition et évaporé ensuite dans le vide. Cet extrait, qui n'est guère répandu, mériterait seul la faveur du public. Il donne d'ailleurs un agréable bouillon contenant une certaine quantité de la fibre musculaire passée à l'état d'albuminose ; quant à l'albumine elle-même elle a été coagulée par la chaleur. D'après la composition de ces diverses préparations, nous pouvons tenir pour certain que d'une manière générale, les Extraits de viande, n'ont pour ainsi dire pas de valeur alimentaire. Ils peuvent cependant être utiles à l'économie par leurs effets toniques et excitants lorsqu'ils sont agréables au goût, et par leurs sels de potasse qui quelquefois sont insuffisants dans les aliments qui composent certaines rations normales. Nous devons ajouter maintenant que non-seulement les extraits de viande, quelle qu'en soit l'origine, ne peuvent être considérés ni comme des aliments ni comme des condiments agréables, mais qu'à dose un peu forte, ils produisent une véritable intoxication. MM. Cl Bernard et Grandeau ont observé qu'il suffit d'injecter 0,5 g de chlorure de potassium dans les veines d'un lapin pour le tuer presque instantanément. Un médecin de Pétersbourg, M. Podcopaew, reprenant cette question, a montré que 8 à 10 grammes de chlorure de potassium injectés dans l'estomac d'un chien de six kilos abaissent rapidement sa température de 3 degrés ; il se produit alors des vomissements, une diarrhée sanguinolente, des hoquets, et l'animal meurt au bout de quelques heures. MM. Kemmerich, Eulembourg, Gutmann, ont répété et confirmé ces expériences qui démontrent l'action toxique des sels de potasse en général, et l'innocuité de sels de soude pris aux mêmes doses.

Or l'extrait de viande de Liebig renferme les sels dont nous donnons ici l'analyse centésimale

Phosphate de potasse	57,5
Chlorure de potassium	17,2
Sulfate de potasse.....	7
Phosphate bicalcique	5,6
Phosphate bimagnésique.....	13,0
Total.....	100,0

100 grammes de cet extrait contiennent 18,6g, soit près du cinquième de son poids de sels de potasse ; aussi M. Muller a-t-il observé qu'à doses un peu fortes, l'extrait de Liebig produit des effets dangereux. Quand à son alimentation ordinaire il ajoutait 30 grammes d'extrait en vingt-quatre heures, il était pris de diarrhées sérieuses. Un chien pesant 6 520 grammes reçut quotidiennement 200 gramme de pain, 200 grammes d'eau, 20 grammes de graisse, et 20 grammes d'extrait, le sixième jour il fut pris de diarrhée, le neuvième il se mourait péniblement. A la dose de 40 grammes d'extrait, la diarrhée arriva au bout de trois jours, l'animal refusa de manger, on lui donna de force des boulettes d'extrait et de mie de pain ; le sixième jour l'animal entièrement exténué était incapable de tout mouvement. Sur des chats, des expériences alternées ont été plusieurs fois répétées et ont conduit aux mêmes résultats. Remarquons bien que tous ces animaux recevaient en aliments ordinaires plus que leur régime d'entretien. Quant à l'alimentation fondée exclusivement sur l'emploi de l'extrait de viande, M. Kemmerich a reconnu que ce régime tuait les animaux plus rapidement que la privation absolue de tout aliment.

«Nous sommes donc autorisés à conclure que les substances portant aujourd'hui le nom d'extraits de viande, ne sont pas des aliments proprement dits, et qu'ils ne sauraient remplacer la moindre quantité de viande ; qu'à petite dose, ils sont des excitants de l'estomac et peuvent, s'ils sont bien préparés et agréables au goût, remplacer le bouillon, activer les fonctions digestives, fournir surtout à la sécrétion du suc gastrique et enrichir l'économie en sels alcalins ; mais qu'à dose un peu un peu trop élevée ils deviennent dangereux par leurs sels de potasse et peut-être par l'activité encore mal définie de certains de leurs principes actifs».

Nous ne devons pas nous étonner, par conséquent, que jusque 1907, la perplexité des scientifiques reste lancinante :^[45]

«Ce qui nous frappe surtout, dans cette analyse, c'est que la viande de bœuf est plus pauvre en eau après avoir bouilli qu'avant. Cela provient de la contraction de ses fibres sous l'action de la chaleur. Il y a quelque chose de bien plus remarquable encore, c'est que la composition de la viande du bœuf cuite à l'eau bouillante (ce que l'on appelle ordinairement du bouilli au pot-au-feu) diffère si peu de celle du bifteck ; même leur teneur en albumine est restée semblable. Nous ne trouvons de grande différence que dans les matières extractives, dont la quantité contenue dans le bifteck est le double de celle du bouilli. On appelle substances extractives celles qui se dissolvent dans l'eau pendant l'ébullition et qui n'appartiennent ni aux graisses ni aux protéines. Ce sont précisément celles que l'expérience nous montre stimulant le sens du goût. Lorsqu'il vient à en manquer une partie, comme c'en est le cas pour le bouilli, la viande n'a plus qu'un goût fade et nous ne la mangeons plus aussi volontiers. Cependant,

si l'on réussit à rendre de la saveur à cette viande par l'addition ultérieure de condiments, et que l'on n'ait pas cuit la viande jusqu'au bout, on trouvera que sa valeur nutritive est à peine moindre que celle d'autre viande».

Ici, on voit combien la confusion moléculaire est source d'étonnement.

7. 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 sous le nom de «gastronomie moléculaire»,^[46] nous en sommes aujourd'hui au point où notre analyse des bouillons est facilitée. Les tissus musculaires sont composés, au premier ordre,^[47] 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... A 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.

Les extraits présentés précédemment montrent combien l'absence d'une théorie moléculaire a ralenti la progression des études. Les difficultés de l'analyse chimique, d'autre part, ont prévenu la marche du progrès. Manifestement, la balance ne suffit pas pour bien comprendre ce phénomène quasi quotidien qu'est la confection des bouillons.

Ici, la phase de Lavoisier mérite d'être répétée : «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».

Pourtant, 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. D'autre part, l'industrie alimentaire parvient difficilement à innover réellement, sans doute en raison du phénomène de «néophobie alimentaire», que nous partageons avec les primates non humains.^[48] L'innovation culinaire est donc difficile, même dans l'industrie.

On peut aussi évoquer des considérations historiques : la science des aliments a principalement évolué dans deux directions principales, à savoir la connaissance des ingrédients, et l'étude des procédés industriels. C'est parce que des millions de citoyens cuisinent chaque jour sans données scientifiques que la gastronomie moléculaire a été créée en 1988. Le congrès *EuroFoodChem XIV* a confirmé sa place entre la science des ingrédients, et la technologie des procédés industriels. La gastronomie moléculaire a aujourd'hui pris sa place dans le monde scientifique : elle explore les phénomènes qui se manifestent lors des transformations culinaires.

Cette science est le couronnement des filières : l'aliment n'est pas réductible à ce qui est produit par l'agriculteur, l'éleveur... Puisque la transformation culinaire est la dernière étape avant la consommation, on comprend qu'il était scientifiquement tout à fait insuffisant d'arrêter les études à l'exploration des ingrédients alimentaires. Mieux encore, la valorisation des produits de l'élevage et de l'agriculture devra se fonder sur les connaissances produites par la gastronomie moléculaire.

8. Et demain ?

Le passé peut-il éclairer le futur ? Que mangerons-nous demain ? En 1894, le chimiste français Marcellin Berthelot publiait un texte intitulé *En l'an 2000*,^[49] où il prédisait que les progrès de la chimie résoudre définitivement le problème de l'alimentation, et qu'un jour viendrait où chacun emporterait «sa petite tablette azotée». L'erreur de Berthelot était double. D'une part, il a omis des conditions énergétiques essentielles, à savoir que l'énergie pour qu'un adulte humain survive correspond, en considérant la matière alimentaire la plus énergétique (les graisses), à environ 300 grammes : c'est beaucoup pour une tablette !^[50] Surtout Berthelot a omis que l'évolution biologique a mis des millions d'années à nous équiper d'un appareil gustatif indispensable à notre survie, et donc à la propagation de notre espèce. Notamment ce système sensoriel règle l'appétit, en se fondant sur des récepteurs variés (olfactifs, sapictifs, trigéminaux, mécaniques, thermiques...). Une «tablette nutritive» devrait stimuler tous les récepteurs pour avoir la fonction qui est la sienne... ce qui revient plus ou moins à concevoir des tablettes qui sont nos aliments actuels.

Ne devrions-nous pas penser que l'être humain a co-évolué avec le monde animal et le monde végétal, et que son alimentation se séparera difficilement de ces produits ?^[51]

Quelle que soit la réponse à cette question, la gastronomie moléculaire devra 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 suivante, la partie de définition est réduite aux quelques termes en gras, tandis que les précisions sont le complément : «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'osmazome, 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».^[52]

A 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 !

Notes

- [1] A. L. de Lavoisier, Expériences de novembre 1783, *Œuvres complètes*, t. III, p. 563-578.
- [2] Juan C. Ferreri, Ramiro March, *Using numerical models to analyze archaeological simple fire structures*, Colloquium XI, *The study of Human behaviour in relation to fire in archaeology: new data and methodologies for understanding prehistoric fire structures*, 57-63.
- [3] Apicius, *L'Art culinaire (De Re Coquinaria)*, Les belles lettres, Paris, 1987.
- [4] Menon, *La cuisinière bourgeoise à l'usage de tous ceux qui se mêlent de dépenses de maisons*, Guillly, Paris, 1756.
- [5] M. A. Carême, M. Plumerey, *L'Art de la cuisine française au XIX^{ème} siècle*, Carême, Paris, 1981.
- [6] P. F. La Varenne, *Le cuisinier françois*, Pierre David, Paris, 1651.
- [7] Anne-Claire Déré, *La gélatine, aliment nouveau du début du XIXe siècle, L'agro-alimentaire : histoire et modernité*, Gérard Emptoz ed., Cahiers François Viète N°1, Centre François Viète et ENITIAA.
- [8] J. J. P. Darcet, *La gélatine extraite des os et les diverses applications qu'on peut en faire à l'économie domestique*, Chez M. Moleon, 1830, p. 16.
- [9] *La manière d'amollir les os & de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de temps & à peu de frais; avec une description de la machine dont il faut se servir pour cet effet, &c.*
- [10] Baron Brisse, *La petite cuisine du Baron Brisse*, E. Donnaud, 1875, p. 4.
- [11] *Traité des aliments*, seconde éditions, Paris, Pierre Writte, 1705, p. 225.
- [12] M. Geoffroy le Cadet, *Examen chimique des viandes qu'on employe ordinairement dans les Bouillons. Pour 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, Année MDCCXXX, Amsterdam, chez Pierre Mortier, MDCCXXXIII. Mémoires de l'Académie royale, pp. 312-332.
- [13] Sur les bouillons de poisson, les os des animaux, etc., Année MDCCXXXII, Paris, Imprimerie royale, MDCCXXXV, p. 45-47.
- [14] *Suite de l'examen chimique des chairs des animaux*, p. 17-30.
- [15] Histoire de l'Académie des sciences, année 1702, p. 56.
- [16] A. L. de Lavoisier, *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, *Oeuvres complètes*, t. III, p. 563-578.

- [17] H. This, R. Méric, A. Cazor, *Lavoisier and meat stock*, C.R.A.S Chimie (2006), doi:10.1016/j.crci.2006.07.002.
- [18] A. F. Fourcroy, *Système des connaissances chimiques et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'air, tome ix*, Paris, Baudouin, brumaire an IX.
- [19] *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. Tome premier (A-Azyme), par une société de gens de lettres, mis en ordre & publié par M. Diderot, ... & quant à la partie mathématique par M. D'Alembert. Paris, chez Briasson, David l'aîné, Le Breton, Durand.
- [20] *Larousse gastronomique*, Editions Larousse, Paris, 1993.
- [21] N. Vauquelin, *Annales de chimie*, 1800, 1^{ère} série, 35, p. 32.
- [22] Extrait d'un Rapport de M. Thénard, sur l'analyse du bouillon d'os et du bouillon de viande. Bulletin de l'Ecole et de la Société de Médecine de Paris, 1806, 3, pp. 35-36.
- [23] A. J. Brillat-Savarin, *La Physiologie du goût*, Paris, réed. 1982, Flammarion, 1825.
- [24] A. A. Cadet de vaux, *De la gélatine et de son bouillon*, Paris, L. Colas fils, 1818.
- [25] A. A. Cadet de Vaux, *Mémoire sur la gélatine des os*, Xhrouet et Marchant, Paris.
- [26] Rapport de 1824 au Bureau des Arts et Manufactures.
- [27] M. E. Chevreul, *Rapport sur le bouillon de la Compagnie hollandaise fait à l'Académie des sciences par M. Chevreul, Nouvelles Annales du Muséum d'histoire naturelle, ou Recueil de mémoires publiés par les professeurs de cet établissement et par d'autres naturalistes sur l'histoire naturelle, l'anatomie et la chimie*. T. premier, Roret, Paris, 1832, p. 293.
- [28] LSR, *L'art de bien traiter, L'art de la cuisine française au XVII e siècle*, Paris, Payot, 1995, p. 57.
- [29] Menon, *Les soupers de la cour*, Paris, Guillyn, 1755, t. 1, p. 65.
- [30] M. E. Chevreul, *Recherches sur la composition chimique du bouillon de viande, Journal de Pharmacie*, 1835, 21, p. 231.
- [31] H. This, G. Bram, *Justus Liebig et les extraits de viande, Sciences des aliments*, 23 (2003), 577-587.
- [32] J. Liebig, *Sur les principes des liquides de la chair musculaire, Ann. Phys. Chim*, 1848. [3] 23, p. 129-203.
- [33] J. Liebig, *Nouvelles Lettres sur la Chimie*, trad. C. Gerhardt, Charpentier, Paris, 1852, pp. 193-210.
- [34] A. Cazor, Thèse de l'Université Paris VI, 2007.
- [35] W. H. Brock, *Liebig on toast*, Chem & Ind, 1993, p. 718.

- [36] W. H. Brock, *Justus von Liebig, The Chemical Gatekeeper*, Cambridge University Press, 1998.
- [37] M. Shenstone, *Justus von Liebig, his life and his work*, Cassel. 1895.
- [38] M. R. Finlay, *Quackery and cookery, Justus von Liebig extract of meat and the theory of nutrition in the Victorian age*, *Bull. Hist. Med.*, 1992, 66, pp. 404-418.
- [39] M. E. Chevreul, *La méthode a posteriori expérimentale et de la généralité de ses applications*, Paris, 1870, §233.
- [40] *Des substances alimentaires*, 1854, Hachette, Paris, p. 24.
- [41] 1860 : M. A Chevalier fils et Émile Grimaud fils, *Les secrets de l'industrie et de l'économie domestique mis à la portée de tous, Choix de recettes et de procédés utiles, la plupart nouveaux et inédits, moyens simples et faciles de reconnaître les falsifications*, sous la direction de M. A. Chevalier, A. Dupré, Poitiers, 1860, p. 103.
- [42] Dr Stöckhardt, *La chimie usuelle appliquée à l'agriculture et aux arts*, Librairie agricole de la maison rustique, Paris, 1861, p. 486.
- [43] E.-J. Armand Gautier, *Chimie appliquée à la physiologie, à la pathologie et à l'hygiène*, Librairie F. Savy, Paris, 1874, t. I, p. 112.
- [44] E.-J. Armand Gautier, *Chimie appliquée à la physiologie, à la pathologie et à l'hygiène*, Librairie F. Savy, Paris, 1874, t. I, p. 115.
- [45] L. Kohn, *La chimie dans la vie quotidienne*, Dumoulin, Paris, 1907, p. 91.
- [46] H. This, *Molecular gastronomy*, *Angewandte Chemie*, International Edition in English, 2002, 41, N°1, pp. 83-88.
- [47] J. P. Girard coord., 1990, *Technologie de la viande et des produits carnés*, Paris, Editions Apria-INRA-Technique et documentation Lavoisier.
- [48] C. M. Hladik, B. Simmen, *Taste Perception and Feeding Behavior in Non Human Primates and Human Populations*, *Evolutionary Anthropology*, 1996, 5 (2), pp. 161-74.
- [49] M. Berthelot, *Discours de Marcelin Berthelot prononcé au Banquet de la Chambre syndicale des produits chimiques, le 5 avril 1894*, *Science et morale*, Calmann-Lévy, Paris, 1897.
- [50] *A table (peut-on encore bien manger ?)*, sous la direction de Pascal Delannoy et Bertrand Hervieu, Editions de l'Aube, Forcalquier, 2003.
- [51] C. M. Hladik, B. Simmen, *Taste Perception and Feeding Behavior in Non Human Primates and Human Populations*, *Evolutionary Anthropology*, 1996, 5 (2), pp. 161-74.
- [52] M. A. Carême, *L'art de la cuisine française au XIX^e siècle*, De Kérangues et Pollies, Paris, 1981 (fac simile du texte de 1847), tome 1, p. 3.