

# Quelques expériences pour explorer la chimie du bouillon

Hervé This et Georges Bram

À l'aide d'une simple balance de cuisine précise au gramme près, on peut reproduire bien des expériences de l'histoire chimique du bouillon. Que faut-il de plus ? De l'eau (distillée si possible), des casseroles, de la viande et... du temps.

## Le bouillon du cuisinier

Pour le cuisinier, le bouillon est une préparation essentielle qui présente un très grand nombre d'usages : on le boit, on le gélifie, on l'utilise comme liquide de cuisson où immerger des viandes et, si on le cuit longuement pour réduire son volume, on obtient une préparation brune et goûteuse nommée « fond » qui sert à faire des sauces.

On peut confectionner le bouillon de viande de mille façons, mais retenons celle du plus grand des cuisiniers français de l'histoire, Marie-Antoine Carême :

« 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 Gastronome*. 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 le pot-au-feu s'écume doucement. 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 » (*L'Art de la cuisine française*, 1847).

Le principe de cette recette est simple : on met de la viande dans l'eau et on chauffe. Toutefois, les cuisiniers avaient observé que, selon la façon de procéder, ils obtenaient des résultats très différents d'un point de vue gustatif, au point que l'Académie des sciences française nomma, il y a deux siècles et demi, une commission dirigée par le physiologiste François Magendie pour étudier le bouillon. Le grand chimiste français Antoine Laurent de Lavoisier lui-même se pencha sur la question, avant que son confrère allemand Justus von Liebig, s'y intéressant à son tour, n'élabore l'extrait de viande qui porte son nom.

## Eau froide ou eau chaude ?

Chimistes et cuisiniers débattirent de la température de l'eau où cuire le bouillon, certains prétendant que cette eau devait être froide. Liebig, notamment, indique que si l'on plonge la viande dans de l'eau chaude, son « albumine » (ce que l'on nommerait aujourd'hui « protéines ») coagule à la surface de la viande, ce qui empêche les « jus » de sortir. Dans l'hypothèse qu'il pose, selon laquelle le bouillon doit son goût aux jus de la viande, le bouillon serait donc moins bon si la viande était initialement plongée dans de l'eau chaude, meilleur si on l'immergeait dans de l'eau froide.

Devons-nous adopter cette théorie ? C'est là qu'une expérience s'impose : elle consiste à cuire deux morceaux de viande identiques, dans deux casseroles identiques, emplies de la même quantité d'eau, l'une froide et l'autre bouillante. Si vous disposez de deux systèmes de chauffage identiques, vous pourrez raccourcir l'expérience en cuisant simultanément les deux morceaux ; sinon, vous serez condamnés à faire d'abord une cuisson, puis l'autre.

La balance évoquée permettra alors de savoir si l'un des morceaux de viande a perdu plus de jus que l'autre.

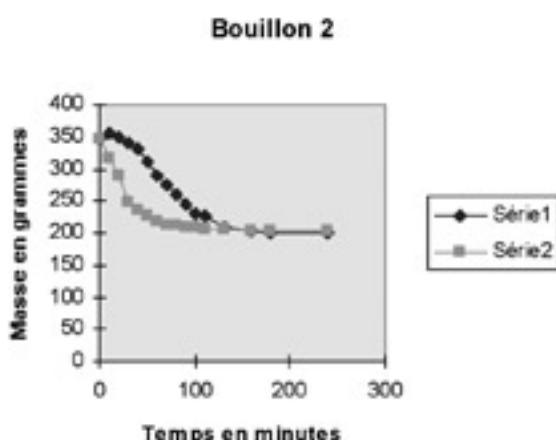
## En pratique

En pratique, vous devez prévoir une ou deux heures d'expérimentation. Tout ce temps ne sera pas occupé : vous obtiendrez des résultats acceptables en prenant une mesure toutes les dix minutes environ.

Pour peser les morceaux, vous devrez les égoutter et les éponger : vous verrez que l'erreur due au liquide qui adhère à la viande n'est pas considérable, mais autant mener l'expérience du mieux possible.

Quelle viande choisir ? Plutôt de la viande de bœuf, d'abord parce que c'est sur elle principalement que les chimistes des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles menèrent leurs études. Ensuite, c'est la moins coûteuse, et c'est aussi celle qui est classiquement utilisée par les cuisiniers pour les bouillons ou les pot-au-feu. Utilisez par exemple du jumeau, de la tende de tranche, , du collier... Si vous avez le choix, portez-le sur une viande qui ne se défasse pas à la cuisson.

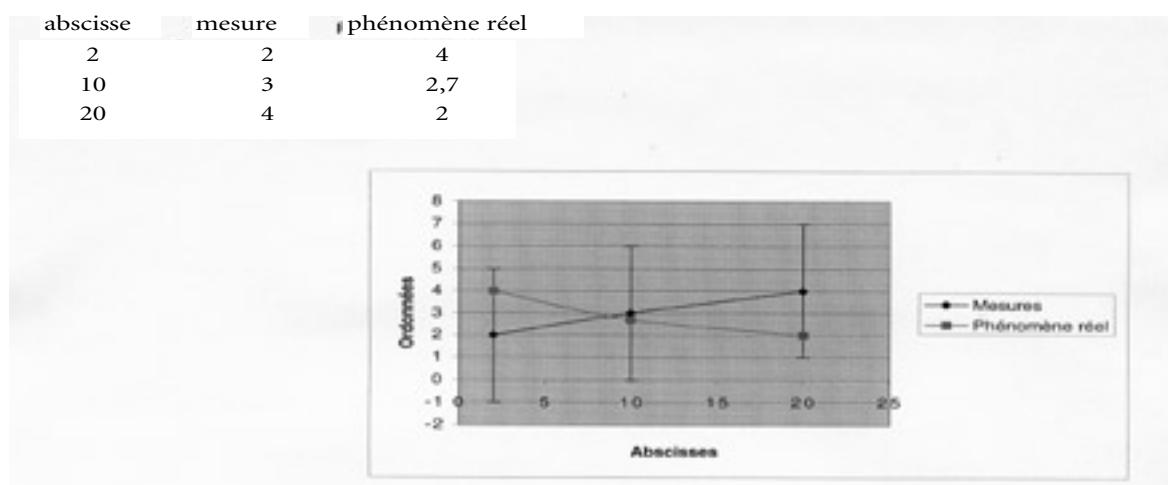
Le résultat que vous obtiendrez sera probablement analogue à celui-ci :



Évolution, en fonction du temps de cuisson, de deux morceaux de viande de même masse initiale, cuits l'un dans une eau initialement froide, et l'autre dans une eau bouillante. On voit que les masses des deux morceaux sont égales après environ deux heures de cuisson) série 1 : dans l'eau bouillante, série 2 : dans l'eau froide.

## Discuter l'expérience

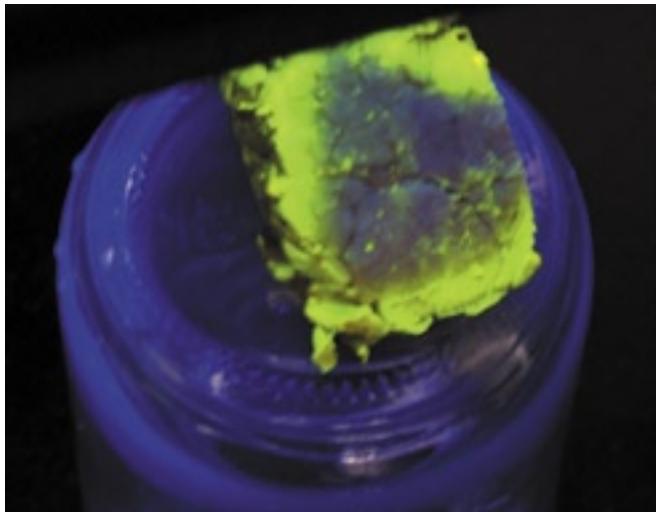
Lorsqu'une telle courbe est dressée, la première chose à faire est d'évaluer les incertitudes des mesures : des résultats de qualité inconnue n'ont aucune valeur. N'affichons pas des points, mais des barres. Sur la figure 2, on voit que, sans analyse des résultats, des interprétations contradictoires peuvent être tirées : sans connaissance des incertitudes de mesure, on pourrait en effet conclure de trois points de mesure que l'on obtient une croissance, par exemple, alors que le phénomène réel est une décroissance, masquée par la mauvaise méthode de mesure utilisée.



Par trois points de mesure alignés (points noirs au centre des barres noires verticales), on peut faire passer une droite. Celui qui ne chercherait pas à évaluer les incertitudes de ses mesures pourrait croire qu'il observe une proportionnalité croissante des ordonnées en fonction des abscisses. Toutefois, dans le cas considéré ici, il se peut très bien que la loi recherchée soit plutôt décrite par la courbe grise, qui passe, elle, par les valeurs réelles qui n'étaient pas données par la mesure.

Dans le cas de nos morceaux de viande, la précision sur la masse dépend de la balance utilisée, et la précision sur le temps est imposée par le temps qu'il faut pour sortir la viande de l'eau, l'éponger, la peser, puis la remettre dans la casserole.

D'autre part, le principe de l'expérience doit être discuté : nous avons supposé que le jus sortait de la viande, sans que du liquide de cuisson ne pénètre dans celle-ci. Cette hypothèse est-elle exacte ? Une autre expérience s'impose : elle consiste à cuire de la viande dans de l'eau colorée afin de vérifier si la viande peut absorber le liquide de cuisson. On obtiendra l'image 3 si l'on dispose d'un colorant nommé « fluorescéine » et de lumière ultraviolette, mais l'on pourra utiliser tout autre colorant, tels que de la teinture d'iode ou du bleu de méthylène.



Une viande de bœuf cuite pendant vingt heures n'absorbe que très peu la fluorescéine qui a été dissoute dans l'eau de cuisson : le colorant jaune, révélé ici par des rayonnements ultraviolets, ne pénètre dans la viande que sur moins de 5 mm. cliché Hervé This.

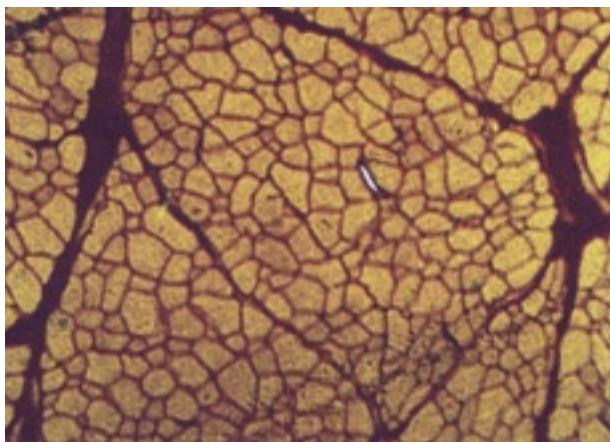
On voit sur cette photographie une tranche de viande cuite pendant vingt heures : le colorant est entré, certes, mais sur quelques millimètres seulement !

L'hypothèse selon laquelle l'eau du bouillon ne pénètre pas de façon notable dans les viandes ayant été confirmée, nous pouvons donc maintenant chercher à interpréter les phénomènes observés.

### La recherche des mécanismes

En effet, on ne dira jamais assez que la science n'est pas une technique, pas plus qu'elle n'est une simple observation, même quantitative, des phénomènes : c'est une exploration du monde pour laquelle la recherche de mécanismes s'impose. Pourquoi la masse de la viande diminue-t-elle au cours de la cuisson ? Pourquoi la viande perd-elle autant dans l'eau froide que dans l'eau chaude ? Comment expliquer que le liquide de cuisson pénètre si peu dans la viande ? Ce sont ces questions que nos expériences doivent éclairer.

La viande est composée de cellules allongées et alignées : les fibres musculaires. Chaque fibre contient majoritairement de l'eau et des protéines ; elle est gainée d'un tissu de soutien constitué de protéines particulières : le collagène. Les fibres musculaires sont réunies en faisceaux par du tissu collagénique et ces faisceaux sont eux-mêmes regroupés en super-faisceaux, encore par du collagène. L'image suivante montre une coupe de l'intérieur des fibres musculaires en jaune et le collagène en rouge :



coupe transversale de viande de bœuf. L'intérieur des fibres musculaires a été coloré en jaune et le tissu collagénique en rouge, cliché J. Lacour, Inra Theix.

Quand la viande est cuite longuement dans l'eau, le tissu collagénique se désorganise, puis se dissout lentement, libérant les molécules qui feront gélifier le bouillon quand il refroidira (d'où la « gélatine »). Toutefois, avant ce stade, le collagène se contracte et la viande est « pressée » comme une éponge.

Cette éponge était pleine, d'eau notamment. Où cette eau peut-elle aller ? Faisons une autre expérience. Prenons une véritable éponge, imbibons-la d'eau teintée avec de l'encre puis pressons-la dans une bassine d'eau claire : on voit l'eau teintée sortir de l'éponge, ce que l'on pouvait prévoir puisque l'eau est très peu compressible (sans quoi les garagistes ne pourraient soulever les voitures à l'aide de vérins hydrauliques).

Pour la viande en cours de cuisson, la contraction assurée par le collagène, due à la température, conduit à l'expulsion de molécules variées (ce que les cuisiniers dénomment le « jus »), que la viande ait été initialement placée dans de l'eau froide ou dans de l'eau chaude. La contraction est maximale quand la température de la viande est égale (à cœur) à celle du bouillon (environ 100 °C) : la majeure partie du jus sort alors. Le collagène des deux viandes s'étant contracté autant puisque que les deux morceaux ont finalement atteint la même température, les deux morceaux ont donc perdu la même quantité de jus.

## **Pour plus de précision**

Comment poursuivre ces expériences ? Par exemple, en laissant refroidir les bouillons et en pesant les viandes. C'est ainsi que l'on verra les viandes reprendre de la masse lors de leur refroidissement : la viande se détend (l'éponge est moins pressée) et réabsorbe du liquide environnant.

On peut aussi mesurer les quantités de matière sèche dans les deux bouillons réalisés, à partir d'eau froide ou d'eau chaude. Cette fois, il faut « réduire » les bouillons (évaporer leur eau) en les chauffant lentement dans un récipient de masse précisément connue. À noter que la quantité de matière sèche est très faible : la balance au gramme que nous avons utilisée jusqu'ici ne suffit plus, sauf si l'on part d'un volume de bouillon considérable, auquel cas l'expérience risque d'être excessivement longue. Nous proposons donc de construire une balance plus précise, à l'aide d'une petite tige de bois au centre de laquelle on plantera une épingle ; à chaque extrémité, à l'aide de fil de couture, on attachera deux petits plateaux que l'on équilibrera. Cette balance servira alors non pas à donner une valeur absolue de la masse de matière sèche, mais à comparer les masses des matières sèches des deux bouillons. On découvrira alors que celles-ci sont égales, que l'on ait démarré la cuisson des bouillons à l'eau froide ou à l'eau chaude.

## **L'extract Liebig**

L'objectif de cette dernière mesure n'était pas de montrer que, sur la question du bouillon, Liebig prônait des théories maintenant dépassées, mais de montrer qu'il avait eu raison de proposer de confectionner du bouillon à partir de viande

hachée : le hachage, en ouvrant les fibres musculaires, favorise la sortie du jus de l'intérieur des viandes vers le bouillon. La balance que nous avons construite permettra de comparer la masse de matière sèche obtenue à partir d'un bloc de viande et la masse de matière sèche obtenue à partir de la même masse de la même viande, mais hachée. Nous vous laissons vérifier si les masses de matière sèche sont différentes. À vos balances !