

1ère partie
Production
de la vapeur

2ème partie
Utilisation
de la vapeur



3ème partie
Production
de glace

4ème partie
Memento
technologique

5ème partie
vers d'autres
horizons



Accédez à la
documentation
complète de
www.soleil-vapeur.org

2ème Partie Liste des chapitres:

- Chap I – La plaque chauffante à vapeur
- Chap II – Le caisson isolant
- Chap III – La stérilisation médicale
- ▶ **Chap IV – La cuisson alimentaire à l'eau et à la vapeur**
- Chap V – Performances et autres concepts
- Chap VI – Autres cuissons agro alimentaires
- Chap VII – Agro-carburants, huiles essentielles....
- Chap VIII – Autres modes d'utilisation de la vapeur

Chapitre IV LA CUISSON ALIMENTAIRE à l'EAU et à LA VAPEUR

- 2 Section I - LA CUISSON ALIMENTAIRE À L'EAU ET À LA VAPEUR
PRESENTATION GENERALE
- 2 § 1 Le récipient de cuisson
- 3 § 2 L'eau, fluide thermique à l'intérieur du récipient.
- 4 § 4 Mise en chauffe et maintien en température.
- 5 Section II - LA CUISSON À L'EAU
- 6 Section III – LA CUISSON À LA VAPEUR À PRESSION ATMOSPHERIQUE
- 7 Section IV – LE BRAISAGE
- 7 Section V – LA CUISSON EN AUTOUISEUR

SECTION I – LA CUISSON ALIMENTAIRE à L'EAU ET À LA VAPEUR – PRESENTATION GENERALE

Pour ce qui est de notre propos, on considère ici que la cuisson alimentaire consiste à soumettre les aliments à la chaleur, afin de les rendre assimilables par l'organisme humain. La cuisson alimentaire comporte aussi d'autres aspects, diététiques et gustatifs notamment, mais qui ne sont pas de notre propos immédiat.

L'action de la chaleur sur les aliments peut s'exercer de façons très diverses, le couple durée-température étant une des principales caractéristiques des modes de cuisson. D'une façon générale, le niveau de température et la durée varient inversement, il y a des cuissons lentes et "à feu doux"(braisages), et des cuissons rapides et à feu vif (grillades). Dans ce chapitre il n'est question que des cuissons alimentaires à l'eau et à la vapeur, il sera ultérieurement question des cuissons "agro-alimentaires" (semoulerie, laiterie, savonnerie, brasserie....), des cuissons "industrielles" (process de biocarburants, huiles essentielles), et des cuissons au four.

La cuisson à l'eau est parmi les plus usuelles. On peut, pour la commodité de l'exposé, distinguer

- la cuisson à l'eau: l'aliment baigne dans de l'eau. Par exemple: cuisson de légumes à l'eau
- la cuisson à la vapeur à pression atmosphérique: le récipient contient une très faible quantité d'eau qui se vaporise, et cette vapeur assure la cuisson des aliments à l'intérieur du récipient
- le braisage, qui est une cuisson sans apport d'eau ou alors avec un minimum d'apport, le transfert thermique étant assuré par l'eau contenue dans les aliments qui forme un jus, ou bien qui se vaporise légèrement (légumes braisés, viande braisée)
- la cuisson à la vapeur en auto-cuiseur

§ 1 LE RECIPIENT DE CUISSON

Pour le petit capteur de 2 m², le poids d'aliments pour une cuisson moyenne est 4 kilogrammes, par exemple 4 kg de liquides, ou bien 4 kg de légumes.

Compte tenu des possibilités du capteur, un récipient de cuisson de 8 litres brut est une bonne capacité. Diamètre: 22 ou 24 cm, hauteur 21 ou 18 cm Dans le cas d'une cuisson de liquides, le récipient n'est pas trop rempli et les manipulations pour l'installer et l'enlever du caisson isolé peuvent être effectuées en sécurité. Le récipient le plus ordinaire convient, à condition toutefois que le fond soit plan et non déformable, c'est à dire un fond utilisable sur plaque électrique. Le corps du récipient le moins épais est le meilleur, puisqu'il a moins d'inertie thermique.

Un couvercle en verre est hautement souhaitable, il permet à l'utilisateur d'observer de temps à autre ce qui se passe dans son récipient, sans pour autant enlever le couvercle, ce qui occasionne forcément une perte (importante!) d'énergie thermique.

A fin de pouvoir installer facilement l'isolation avec des serviettes en tissu, il est nécessaire de couper les poignées métalliques du récipient, et de les remplacer par des petites calettes. Couper les anses à 10 mm du récipient environ, percer au Ø 4 mm avec un foret à centrer, installer un petit câble souple Ø 2 mm en remplacement de la poignée. Par sécurité, veiller à utiliser un câble souple (composé de nombreux petits brins) qui supporte mieux les petites courbures. On peut utiliser des

cosses à sertir les cables (cf les magasins d'accessoires pour le nautisem à voiles) ou à défaut des serre cables.

Remplacer aussi la poignée du couvercle par une cablette, pour faciliter la mise en place de l'isolation. Les couvercles en verre comportent un évent pour laisser échapper la vapeur, il nous servira pour glisser la sonde d'un thermomètre identique à celui proposé pour le bouilleur du capteur (voir Manutan.fr # 1888M421 Si besoin, enlever le petit oeuillet métallique qui garnit l'orifice de l'évent, afin de disposer d'un orifice suffisant pour la sonde. Lorsque l'on fait des relevés de température, il n'est pas nécessaire que la sonde du thermomètre trempe dans le liquide ou dans l'aliment en cuisson, il suffit de mesurer la température ambiante à l'intérieur du récipient, elle correspond assez bien à la température des aliments en cours de cuisson.

Enfin, il est utile d'avoir un évent qui laisse échapper dans l'atmosphère le surplus de vapeur du récipient, et signale à l'utilisateur que le contenu est à ébullition.

§ 2 L' EAU FLUIDE THERMIQUE A L'INTERIEUR DE RECIPIENT

Nous arrivons peu à peu aux derniers maillons de la chaîne d'échanges thermiques que constitue la cuisson alimentaire. La chaleur peut être transmise par différents procédés, entre autres

- par contact: la plaque chaude qui cuit une crêpe, ou une viande
- par rayonnement: le grill du four, les braises du feu de bois.....
- par l'air chaud: le four à chaleur tournante,
- par une combinaison de procédés énumérés ci dessus
- par l'huile, dans le cas des fritures
- par l'eau, c'est notre propos immédiat

À chaque procédé correspond un niveau de température: inutile d'essayer de cuire une crêpe à 160° C, ou de cuire des frites dans le l'huile à 120°.

Dans le cas de la cuisson à l'eau ou à la vapeur à pression atmosphérique, la température à l'intérieur du récipient dépasse jamais 100° C . Les lois de la physique concernant l'eau s'appliquent aussi à la cuisine !. Une fois que le récipient et tout son contenu ont été portés à la température de 100° C, il suffit donc pour poursuivre la cuisson de fournir de l'énergie thermique en quantité égale aux pertes du récipient, pour ne pas qu'il se refroidisse. Si l'on fournit de l'énergie thermique supplémentaire, celle ci est utilisée pour transformer l'eau en vapeur, qui s'échappe hors du récipient. C'est une perte thermique, et la température de cuisson n'augmentera pas.

Dans le cas d'un feu de bois à 600 (?)° Cou d'une flamme gaz à 1800° C, si la cuisson a lieu avec très peu d'eau, et que ce peu d'eau s'évapore en raison d'un apport trop important de chaleur, l'aliment "attache" plus ou moins au fond du récipient, selon le niveau de température auquel est soumis le fond du récipient.

Dans le cas de la plaque chauffante à vapeur, le fond du récipient est soumis à une température de l'ordre de 125°, ce qui est insuffisant pour carboniser les aliments. En cas d'absence d'eau ou de vapeur à l'intérieur du récipient, c'est à dire en absence de fluide thermique à l'intérieur du récipient,, la cuisson s'arrête, et l'aliment dessèche quelque peu mais n'a aucune valeur gustative ni culinaire.

Autre conséquence de l'utilisation d'une plaque à vapeur: il n'est pas possible de "faire revenir" des petits légumes avant une cuisson en sauce, comme par exemple "brunir" des oignons dans un peu de matière grasse, le niveau de température disponible ne le permet pas.

Précisons, s'il en était besoin, qu'en aucun cas la vapeur en provenance du capteur n'est mélangée à l'aliment de cuisson.

§ 3 MISE EN CHAUFFE ET MAINTIEN EN TEMPERATURE

Dans toute opération de cuisson, on distingue la mise en chauffe de l'aliment, et ensuite le temps de cuisson qui, usuellement, est décompté à partir de la fin de la mise en chauffe.

La mise en chauffe est la période qui nécessite la plus grande quantité d'énergie thermique. C'est à cette période là que le petit capteur de 2m² avoue ses limites : pour porter un litre d'eau à ébullition, il lui faut 10 à 15 minutes dans des conditions correctes (850 W d'ensoleillement direct, et installation chaude). C'est pourquoi, hormis son utilisation-phare en stérilisation médicale, il est essentiellement à usage pédagogique. Pour une machine à usage professionnel, il serait préférable de disposer de plus de puissance, donc d'une surface plus importante de panneau

Le maintien en température nécessite uniquement un apport d'énergie égal aux pertes thermiques. Dans le cas d'un système de cuisson traditionnel, ces pertes sont très importantes, qu'il s'agisse de l'énergie thermique qui à peine produite se dissipe immédiatement dans l'environnement, ou du rayonnement émis par le récipient, ou de l'absence de couvercle... Dans le cas d'un récipient enfermé dans un caisson isolé -ce que permet l'utilisation de la plaque à vapeur – l'énergie disponible devient alors surabondante. Le conducteur profite de cette période pour charger sa chaudière en eau fraîche et être disponible pour la cuisson suivante.

SECTION II - LA CUISSON À L'EAU

Sur un plan thermique, la cuisson à l'eau est un mode de cuisson très énergivore. Pour élever sa température, l'eau est en effet le corps qui nécessite la plus grande quantité d'énergie thermique par unité de poids. Les physiciens utilisent la notion de "capacité thermique massique", qui indique la quantité de chaleur à fournir à un corps pesant Un gramme pour élever sa température de Un degré Celsius.1° C

L'unité de quantité de chaleur est le Joule.

Il faut 4,18 Joule pour élever de 1°C la température de 1 gramme d'eau.

À titre indicatif, voici quelques autres capacités thermiques massiques, extraites du "Pohlmann-Manuel technique du froid" :

Eau	4,18
aluminium	0,942
Cuivre	0,385
Acier	0,477
Marbre	0,8
PVC	1,0
Verre	0,75 à 0,82

Sur un plan thermique, il est aussi difficile de chauffer un litre d'eau, que de chauffer une casserole de cuivre de 10,9 kg, ou qu'une casserole en aluminium de 4,44 kg.

Concernant les aliments on considère ici de façon quelque peu arbitraire que la contenance en eau des légumes est d'ordre de 90% en poids, et que leur capacité thermique massique est de 4 joule/gramme/°C (en réalité : 3,85 à 3,95 J/gramme/°C, selon les sources)

On constate par ailleurs que, par exemple pour faire cuire 4 kg de pommes de terre (pommes de terre de taille moyenne non coupées), la quantité d'eau à introduire dans le récipient de cuisson, en plus des pommes de terre, est de l'ordre de... 4 kg.

Il faut donc chauffer inutilement deux fois plus de matière que besoin, uniquement pour disposer d'un fluide thermique à l'intérieur du récipient de cuisson. Lorsque l'énergie coûte cher, ce qui est le cas de l'énergie solaire, la cuisson à l'eau est une aberration. Lors de la première partie de la documentation, concernant la production de vapeur, le leitmotiv était "d'éviter de perdre l'énergie solaire une fois qu'on l'a collectée", mais il ne faut pas non plus la perdre lorsqu'on l'utilise.

Le raisonnement est différent bien sûr s'il s'agit de cuisiner des aliments liquides tels que soupes, etc...

SECTION III - LA CUISSON À LA VAPEUR

À PRESSION ATMOSPHERIQUE

Le fluide thermique à l'intérieur du récipient de cuisson n'est plus de l'eau liquide, mais de l'eau vapeur. On introduit une très faible quantité d'eau dans le fond du récipient, de l'ordre de 1 cm (sous réserve toutefois d'une bonne horizontalité du récipient). Cette eau se transforme en vapeur, et c'est la vapeur qui joue de le rôle de fluide thermique. Elle se dépose sur les aliments, cède son énergie thermique et se condense, retourne à l'état liquide au fond du récipient, puis est de nouveau vaporisée, etc... Pour ce qui est de la physique de l'eau, tout ce qui a été décrit en 1ère partie Chapitre VI Section III § 2 reste valable, mais ici les condensats sont immédiatement recyclés à l'intérieur du récipient

Il serait tout à fait possible d'utiliser directement la vapeur du capteur et de l'introduire dans le fond du récipient de cuisson, ce serait la méthode la plus simple et la plus économique, mais hélas il est délicat de garantir la permanence l'alimentarité de la vapeur provenant du capteur. Si des dépôts en fond de bouilleur se mêlent à un moment ou à un autre à l'aliment en cuisson, ce dernier perd toute valeur gustative. Mais c'est à regret que l'on est obligé d'utiliser l'intermédiaire d'une plaque chauffante à vapeur.

On pourra vérifier, à l'aide du thermomètre à sonde évoqué à la section I, que la température ambiante à l'intérieur du récipient de cuisson, est bien de 100° C (inutile de tremper le thermomètre au cœur des aliments). Concernant les temps de cuisson, on constate que à partir du moment où les aliments sont parvenus à température ils sont identiques, que le fluide thermique à l'intérieur du récipient soit de l'eau ou de la vapeur.

L'économie d'énergie est évidente : pour cuire 4 kg de pommes de terre, au lieu de chauffer 4 kg d'eau, il suffit d'en chauffer 0,400 kg, soit dix fois moins. La transformation de l'eau en vapeur est aussi énergivore, mais cette énergie est transférée à l'aliment, les condensats sont recyclés, et l'isolation du récipient limite les pertes thermiques.

La cuisson à la vapeur à pression atmosphérique est pour beaucoup une question d'habitude culinaire et de civilisation. On trouvera sur le Net quantité de recettes de cuisson à la vapeur (seb.fr, et autres...) dans des cuis-vapeur du type cuis vapeur électriques, ou sur flamme gaz, cela fonctionne bien sûr de la même manière

Le niveau de température fourni par la plaque à vapeur (entre 120 et 140° C) est tel qu'une évaporation rapide de l'eau "fluide thermique" à l'intérieur du récipient n'est pas à redouter. On peut donc se permettre d'introduire très peu d'eau, de l'ordre de quelques centaines de grammes. En cas d'à sec à l'intérieur du récipient, ce n'est pas comme une cocotte minute sans eau qui reste pendant de longues minutes sur un brûleur ouvert en grand... Selon les légumes, l'utilisation du panier à vapeur n'est pas indispensable, les légumes en fond de récipient n'étant pas à une température significativement différente de la masse des légumes au milieu du récipient. Et de plus, il n'y a aucun risque que le contenu vienne à "brûler".

Au sujet de la cuisson du riz et d'autres céréales telles que quinoa, etc, la méthode consiste à déposer le riz dans un plat (non percé), à y verser une quantité d'eau égale au poids de riz, et à déposer le tout dans le cuis vapeur. On trouvera quantité de détails sur le Net à ce sujet.

L'installation solaire thermique à vapeur est donc parfaitement adaptée à la cuisson à la vapeur à 100° C

SECTION IV – LE BRAISAGE

Le braisage est une cuisson lente à feu doux. Le fluide thermique interne du récipient est de l'eau, mais cette eau provient essentiellement des aliments en cours de cuisson, notamment des légumes. S'il y a un apport d'eau, ce dernier est minimal, juste pour que "ça n'attache pas". L'eau de cuisson a de ce fait une valeur alimentaire et gustative alors que l'eau de cuisson de la cuisson à l'eau, ainsi que le peu d'eau de cuisson de la cuisson à la vapeur à pression atmosphérique sont usuellement jetées.

Le braisage, qui concerne aussi bien les légumes que la viande, est aussi appelé "cuisson à l'étouffée", le récipient étant fermé de façon à limiter l'évaporation et conserver le jus de cuisson, le cas échéant en utilisant un "couvercle à eau" qui condense les vapeurs.

Toutefois il n'est pas possible, en début de cuisson, de "faire revenir" légumes ou "blondir" les oignons dans un peu de matière grasse, le niveau de température ne le permet pas

Avec un apport d'énergie thermique à 120-140° C parfaitement répartie, la plaque à vapeur convient tout à fait aux braisages, sans risque de brûler les aliments (c'est pourquoi la vapeur en tant que fluide thermique est systématiquement utilisée en confiserie pour éviter de caraméliser le sucre).

SECTION V – LA CUISSON EN AUTOUISEUR

Pour faire fonctionner un stérilisateur dans lequel la pression/température est de 1 bar/121° C, il suffit de réguler la température dans la plaque à vapeur à 140 ou 150° C. Il est donc possible de faire fonctionner un autocuiseur ménager à 0,5 bar/112° C, avec tous les avantages subséquents, bien connus par ailleurs.

On se contente ici de lister... quelques désavantages.

Il n'y a aucun avantage pour ce qui est de la montée en température.

Pour ce qui est de la consommation énergétique en phase de cuisson proprement dite, et compte tenu de la réduction du temps de cuisson inhérente à l'augmentation de température, l'avantage existe mais n'est pas vraiment décisif.

Sur un plan technique, noter que les soupapes d'autocuiseurs ne fonctionnent usuellement correctement que si le récipient est posé bien horizontalement, ce qui n'est pas le cas si le caisson de cuisson est posé sur la tablette solidaire de la charpente du capteur.

Enfin, l'utilisation d'un autocuiseur conjuguée d'emblée à celle d'une installation solaire n'est pas forcément un cheminement très pédagogique.

Au sujet des autocuiseurs, il faut mentionner particulièrement les autocuiseurs Lagostina qui fonctionnent à 13 pound per square inch/118° C (14,5 psi = 1 bar), soit presque la pression requise pour la stérilisation de matériel médical.