

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**



5ème Partie "Vers d'autres horizons"

La 5ème partie de la documentation de soleil-vapeur.org regroupe diverses rubriques relatives à l'énergie solaire



Accédez à la
documentation
complète de

www.soleil-vapeur.org

CUISSON SOLAIRE : QUELQUES ASPECTS THERMIQUES

Ci dessous sont rassemblées quelques réflexions glanées au cours d'un périple dans les arcanes de la cuisson solaire.

- Vous avez dit : "Isolation" ?
- Que peut-on cuire à 100° C ?
- Cuisson à l'eau ou cuisson à la vapeur ?
- À quand le steak-frites et la miché de pain ?

VOUS AVEZ DIT «ISOLATION» ?

Les pertes thermiques sont la plaie des installations solaires; «le principal problème, en matière d'énergie solaire n'est pas tant de collecter l'énergie, que d'éviter de la perdre après l'avoir collectée.».

Un récipient de cuisson non isolé réémet une grande partie de la chaleur qu'il reçoit en pure perte, par les parois, et par le couvercle (quand il est mis !). Il est évident que dans le cas d'un chauffage au bois, au gaz ou au charbon, les flammes empêchent toute isolation, mais dans le cas d'un apport de chaleur par un fluide à 130 ou 140° C, l'excuse ne tient plus: il faut isoler.

La première conséquence est une frustration pour l'utilisateur qui ne peut plus voir le contenu de son récipient ni le remuer avec un ustensile de cuisine. Enlever l'isolation supérieure et ouvrir le couvercle est fortement déconseillé, mais surtout c'est inutile: «ça n'attache pas» comme avec un chauffage par flamme.

La cuisine est un domaine où les habitudes sont parfois coriaces, mais les habitudes sont faites pour être changées, ce n'est guère négociable dans le mesure où, bon gré mal gré, il faut utiliser de l'énergie solaire. (Et le changement ne porte pas que sur un vulgaire problème de couvercle isolé qu'il ne faut pas soulever.)

Du point de vue purement thermique, la cuisson consiste à faire un apport de chaleur d'abord pour élever des aliments à une certaine température dans un temps raisonnable, puis à compenser les pertes pour conserver le niveau de température pendant une durée variable en fonction de la nature de l'aliment à cuire. Ensuite, tout (récipient, isolant, aliments...) reviendra à la température ambiante. Sur un plan thermique, la cuisson alimentaire en général est donc une guerre perdue d'avance, mais dont il faut gagner chaque bataille. L'isolation est l'arme maîtresse.

L'isolation n'est pas une arme absolue: on conçoit facilement que si l'on essaie de chauffer un récipient très bien isolé contenant un litre lait avec une bougie, le lait ne parviendra jamais à ébullition.

Il existe cependant un procédé dit de la «marmite norvégienne», qui consiste à porter un récipient et son contenu à température d'ébullition, puis à le déposer, en absence de tout apport de chaleur, dans un récipient plus grand et soigneusement isolé. La cuisson se poursuit alors, beaucoup plus lentement puisque la température diminue légèrement, jusqu'à son achèvement. On peut faire ici l'analogie entre les degrés-minutes nécessaires pour la cuisson et la notion de degrés-jours utilisée en agriculture.

Un récipient isolé installé sur un capteur de soleil-vapeur a exactement un comportement de marmite norvégienne. En cas de passage nuageux pendant la montée en température, celle ci ne progresse pas, mais elle ne diminue pas non plus de manière significative. Une fois la température de cuisson atteinte, un passage nuageux de dix ou quinze minute est sans effet notoire sur la durée de totale de la cuisson. La température diminuera bien de quelques petits degrés, mais on se retrouve dans le cas d'une cuisson à moyenne ou haute altitude, quand l'eau bouillante ne dépasse pas 90 ou 80° C en raison de la diminution de la pression atmosphérique.

De là à imaginer que l'on puisse travailler avec deux récipients sur un même capteur, l'un étant en phase de montée de température et l'autre en phase de cuisson, il n'y a qu'un pas, mais ne commençons pas par compliquer pas les choses ...

L'effet «marmite norvégienne» est plus ou moins efficace en fonction du rapport entre le contenu du récipient et le volume total intérieur de la marmite: en installant un ou deux kilogrammes de légumes dans une marmite norvégienne beaucoup trop grande, le résultat sera nul. Même si elle est efficace, une isolation n'est jamais parfaite

QUE PEUT-ON CUIRE à 100° C ?

En disposant d'énergie thermique en quantité suffisante, et à un niveau de température permettant une cuisson à 100° C, il est possible tout d'abord d'effectuer toutes les cuissons à l'eau.

Les braisages s'effectuent aussi à cette température. On entend ici par braisage la cuisson lente de légumes à petit feu sans apport d'eau (ou avec un très faible apport d'eau), l'eau contenue dans les légumes étant suffisante pour assurer la cuisson.

Dans le cas des viandes en sauce comme pour la viande bouillie, pot au feu, poule au pot la température ne dépasse jamais 100° C, comme dans le cas des bouillies de céréales, ou pour la cuisson du riz.

Les distillations d'alcool ou de plantes, ainsi que la production de bière, sont à portée des niveaux de température disponibles.

Les capteurs de soleil-vapeur.org permettent la cuisson en auto-cuiseur, c'est à dire usuellement à 0.5 bar/112° C, ils permettent aussi la stérilisation médicale (cf le chapitre consacré à ce sujet, dans la seconde partie de la documentation), cette dernière pouvant s'analyser, sur un plan thermique, comme une cuisson en auto-cuiseur selon un processus précis.

CUISSON A L'EAU OU CUISSON A LA VAPEUR ?

Soit à cuire un lot de quatre kg de légumes.

Usuellement, les légumes sont déposés dans le récipient puis couverts d'eau. L'eau sert principalement à transmettre l'énergie thermique venant du fond du récipient pour la transmettre aux légumes, c'est alors que commence la cuisson. Il faut donc avoir préalablement chauffé toute l'eau contenue dans le récipient et dans laquelle baignent les légumes.

Une autre solution consiste à n'introduire que peu d'eau, par exemple une épaisseur de 2 cm au fond du récipient, puis introduire les légumes. Sous l'action de la chaleur, la faible quantité d'eau se met à bouillir beaucoup plus rapidement que précédemment, la vapeur se dirige vers la zone froide, en l'occurrence les légumes, elle cède sa chaleur latente, se condense, retombe au fond du récipient, et le cycle recommence. C'est un fonctionnement de type «caloduc», mais compte tenu du fait que l'intérieur du récipient est à pression atmosphérique (même avec un couvercle ordinaire), la température de la vapeur ne saurait dépasser 100° C. Si l'apport d'énergie thermique est trop élevé, l'excédent de vapeur s'échappe au besoin en soulevant légèrement le couvercle.

Le temps de cuisson proprement dit, c'est à dire une fois que l'ensemble du récipient et de son contenant sont à température de 100° C, est le même dans les deux cas. La grande différence, c'est que dans le premier cas il aura fallu mettre en chauffe une grande quantité d'eau, ce qui est une perte d'énergie.

Néanmoins c'est quasiment toujours la première solution qui prévaut, pour un ensemble de raisons

- le prix de l'énergie est peu élevé, peu importe la quantité consommée.
- la surconsommation d'énergie est noyée dans les autres pertes, notamment les pertes par les parois du récipient, qui traditionnellement ne sont jamais isolées.
- dans le deuxième cas, compte tenu des températures utilisées pour l'apport de chaleur (bois, charbon, gaz...) il est nécessaire de surveiller le moment où l'eau est à ébullition franche sous peine de la voir s'évaporer complètement, et une fois les légumes «à sec», ils vont commencer à

carboniser.

Or la physique nous apprend l'eau est l'élément de la nature qui, par unité de poids, nécessite le plus d'énergie thermique pour être chauffé. La cuisson à pleine eau, quand elle n'est pas indispensable, est donc un luxe lorsqu'il est question de cuisson solaire. L'énergie solaire est gratuite, mais il faut payer pour l'obtenir.... C'est à l'utilisateur de faire son choix.

Noter que lorsque le fluide thermique est à une température de 130 ou 140° C, le risque de faire évaporer rapidement toute l'eau de cuisson est négligeable.

Au sujet des cuis-vapeur électriques, qui pourraient être des moyens de cuisson intelligents, force est de constater que

- du point de vue des pertes thermiques, ils ne sont pas mieux lotis que des récipients ordinaires, alors que, en l'absence de flamme, il serait possible de les isoler, à l'instar des friteuses électriques de ménage, qui elles sont «isolées» pour limiter les risques de brûlures de l'utilisateur.

-du point de vue de la régulation, il n'y en a pas du tout, un cuis-vapeur fonctionne toujours «à fond», l'excès d'énergie produisant de la vapeur qui se répand dans la cuisine.

Le coût de l'isolation et d'une régulation est payé par l'utilisateur sous forme d'énergie gaspillée en pure perte. Mais au moment de l'achat, quelle serait l'attitude de l'utilisateur devant un nécessaire sur-coût ?

À QUAND LE STEAK-FRITES et LA MICHE DE PAIN ?

La cuisson des frites est doublement exigeante

- l'huile du bain de cuisson est aux environs de 175° C, ce qui suppose -dans une hypothèse de chauffage par fluide, par exemple huile ou vapeur- un fluide thermique à 205 ou 210° C. Un tel niveau de température suppose une concentration du rayonnement solaire plus élevée que dans le cas de la cuisson à l'eau, le suivi du capteur doit être automatisé. Dans le cas de la vapeur, un tel niveau de température correspond à une pression de 18 bar. C'est tout à fait faisable techniquement, mais les flexibles ne sont plus les flexibles «basiques» limités à 6 bar/164° C, les raccords de flexibles ne sont plus les mêmes, ni la plomberie: on passe un seuil. Il en va de même pour l'huile, bien que sous une forme quelque peu différente. Vu que la température augmente, les pertes thermiques augmentent également. En bref: le coût technologique de l'énergie s'élève à mesure que s'élève le niveau de température souhaité.

- La puissance nécessaire pour la cuisson des frites est importante. Dans le bain d'huile, l'eau contenue dans les pommes de terre s'évapore, ce qui provoque le bouillonnement du bain de friture. Or l'évaporation de l'eau nécessite une grande quantité d'énergie thermique comme cela a été expliqué à plusieurs reprises dans la présente documentation, et il est aisé de s'en rendre compte: lors de la cuisson des pâtes, une fois l'eau revenue à température, le ou la cuisinière «diminue le gaz»; quand il s'agit de frites, c'est «à plein gaz» pendant toute la durée de la cuisson.. De plus, il n'est pas question de couvercle, de façon à laisser s'échapper la vapeur d'eau, ce qui renforce encore les pertes thermiques.

Concernant le steak, le même raisonnement s'applique, mais avec un niveau de température encore plus élevé, et des pertes thermiques encore plus importantes.

En résumé, à la place du steak frites, il vaut mieux prévoir une grillade sur barbecue et des pommes de terre sous la cendre.

La cuisson du pain

La cuisson du pain nécessite un niveau de température élevé, de l'ordre de 280° C, et pour des raisons d'effet d'échelle, le pain ne peut être cuit qu'en grande quantité

dans le cas d'une cuisson du pain dans un four ménager usuel, la consommation d'énergie en gaz ou en électricité par kg de pain est très importante et relève du gaspillage; l'utilisation des petites machines à pain qui pétrissent et cuisent le pain est plus rationnelle sur un plan énergétique, à l'instar de la bouilloire électrique pour chauffer de l'eau..

Une grande partie des fours de boulanger fonctionne à la vapeur ou à l'eau pressurisée à une pression de l'ordre de 50 bar (voir par exemple les fours Bongard-Cervap); Les problèmes évoqués ci dessus au sujet du steak-frites sont encore amplifiés - Il est tout à fait techniquement faisable de produire de la vapeur à 50 bar en grande quantité avec le soleil; les grandes centrales ont des performances bien supérieures mais... c'est bien loin de notre modeste propos.

Quelques remarques

- il existe en Chine une tradition de pain cuit à la vapeur, moins gourmande en énergie
- La cuisson à l'huile et la cuisson au four sont présentées ici comme énergivores, mais que dire de la gabegie qui consiste à utiliser la flamme d'un feu de bois (600 ° C ?) ou la flamme d'un gaz (1800 ° C !) pour effectuer... une cuisson à 100° C, alors que 130 ou 140° C suffiraient largement ?.
- La cuisson à l'électricité ne change pas fondamentalement la donne, qu'il s'agisse de la température de la résistance ou de la température de la chaleur qui a servi à produire l'électricité. On peut toujours se consoler de cette gabegie en constatant qu'elle dure depuis que l'homme a maîtrisé le feu, et qu'elle ne concerne pas que la cuisson. C'est une tradition bien ancrée !.
- un essai de cuisson de viennoiserie sur la plaque chauffante électrique du cuiseur solaire photovoltaïque (voir rubrique en 5ème partie), à une température de 175° C a fourni des résultats non probants.
- un essai de cuisson au four avec le capteur de 2 m² a été effectué, après avoir remplacé le tube de vapeur par un tube diam 100 mm dans lequel étaient introduites des barquettes contenant des légumes, mais les résultats n'étaient pas satisfaisants par manque de puissance (trop de pertes), par manque de niveau de température, et probablement aussi à cause d'un mauvais transfert thermique entre le tube et l'aliment à cuire. L'air étant mauvais conducteur de la chaleur, un four ne fonctionne correctement que si la température de la source chaude est beaucoup plus élevée que la température de cuisson de l'aliment, alors que dans le cas de la plaque vapeur avec une cuisson à l'eau ou à la vapeur il suffit d'une différence de température de 30 ° C.