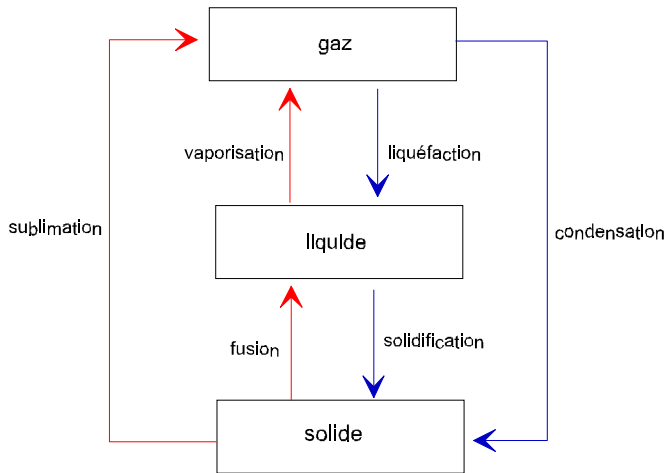


# LA PHYSIQUE DANS LA CUISINE : LES CHANGEMENTS D'ETAT ET LEURS APPLICATIONS EN CUISINE

## 1- RAPPEL SUR LES CHANGEMENTS D'ETAT

Trois états physiques sont possibles pour la matière : l'état solide, l'état liquide et l'état gazeux.

Le passage d'un état physique à un autre correspond à un changement d'état qu'on peut regrouper sur le schéma ci-dessous :



Le passage de l'état solide à liquide, solide à gaz ou encore liquide à gaz nécessite un apport d'énergie, par exemple de la chaleur.

Le changement d'état physique correspondant à la fusion absorbe donc de l'énergie mais la solidification, par contre, en libère.

## 2- ACTIVITES EXPERIMENTALES

### 2-1 Etude d'un mélange réfrigérant

On dispose de deux béchers, le premier contenant de la glace pilée, le deuxième un mélange de glace pilée et sel (2/3 glace 1/3 sel).

La température ainsi que l'aspect des mélanges évoluent-ils de la même façon ?

Pour le bécher contenant la glace seule, la température atteint 0°C et s'y stabilise : c'est la température de fusion de la glace.

Pour le bécher contenant le mélange glace/sel, la température atteint une valeur nettement plus faible, jusqu'à -15°C environ. Les glaçons fondent plus vite et le sel se dissout. On peut noter aussi la présence de givre sur les parois du bécher : pour fondre, le mélange a besoin d'énergie, chaleur qu'il reçoit du milieu extérieur.

**Le mélange glace/sel est donc un mélange nettement plus réfrigérant.** A noter que la température que l'on peut atteindre dépend des proportions du mélange.

### 2-2 Mise en évidence du caractère cryogénique d'une évaporation

Appliquer à l'aide d'un coton, de l'alcool sur la main, que peut-on ressentir ?

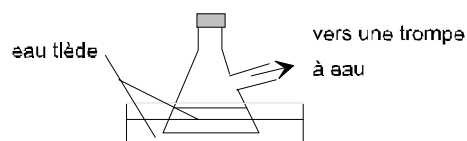
Sous la hotte, entourer de coton imbibé d'éther, le réservoir d'un thermomètre. Comment évolue la température ? Pourquoi ?

Le passage de l'état liquide à l'état de vapeur correspond à une vaporisation. Lorsque ce changement d'état ne s'accompagne pas d'une ébullition, on parle alors d'**évaporation**.

L'alcool ou l'éther se vaporise assez facilement, mais pour cela, il doit recevoir de la chaleur de la matière environnante qui subit alors un refroidissement ; on dit qu'il y a alors absorption d'énergie. Le phénomène d'évaporation engendre ainsi une baisse de température d'où son caractère cryogénique.

### 2-3 Influence de la pression sur la température d'ébullition

On effectue l'expérience décrite ci-dessous.



*Quel est l'intérêt d'une trompe à eau ?  
Qu'observe-t-on pour l'eau tiède contenue dans la fiole ?*

Remarque : l'eau tiède contenue dans le cristalliseur permet simplement d'obtenir plus rapidement le phénomène souhaité.

La trompe à eau permet de réaliser un vide partiel dans la fiole : la pression à l'intérieur est donc plus faible que la pression atmosphérique.

On constate alors que l'eau tiède est capable de bouillir sous une pression réduite.

**Sous une pression donnée, la température d'ébullition d'un corps pur est fixée** : c'est une caractéristique du corps pur ; mais cette valeur change si la pression est modifiée : **pression et température d'ébullition sont liées**.

Exemple : la température d'ébullition de l'eau est de 100°C sous une pression de 1013mbar (pression atmosphérique) mais elle descend à 90°C pour une pression de 700 mbar (altitude de 2100m).

### 3- QUELQUES MODES DE CUISSON

#### Etude documentaire

Cuire un aliment, c'est le soumettre à l'action de la chaleur et lui faire subir différentes modifications portant sur :

- **la texture**

- **la saveur** : au moment de la cuisson, des échanges de saveur entre l'aliment et son milieu de cuisson se produisent

- **la valeur nutritive** : les substances à l'origine du goût passent dans le milieu de cuisson, si l'on n'y prend pas garde ; de même, pour les minéraux et vitamines hydrosolubles. Il est donc indispensable, sur le plan gustatif comme nutritionnel, de réaliser une cuisson correctement.

#### La cuisson à l'eau

Les aliments sont immergés dans une grande quantité d'eau froide ou bouillante.

Le temps d'ébullition est variable : court pour le blanchiment et long pour la cuisson.

Certains nutriments de l'aliment passent dans le bouillon. Aussi si la cuisson débute dans l'eau froide, on obtient un bouillon savoureux (potage).

Au contraire, si la cuisson commence à partir d'eau bouillante, on obtient une viande ou un légume savoureux.

Les aliments sont en effet saisis, les arômes et les nutriments se diffusent moins dans l'eau de cuisson.

Mais la cuisson à gros bouillons entraîne une perte supérieure en minéraux, vitamines solubles dans l'eau et sensibles à la chaleur. De plus, si la cuisson est prolongée, il y aura destruction des saveurs.

#### La cuisson à la vapeur

C'est une variante de cuisson à l'eau mais il n'existe aucun contact avec le liquide.

Les aliments sont dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, déposés au-dessus du liquide produisant cette vapeur. Le liquide qui donne naissance à la vapeur peut être soit de l'eau, soit un liquide parfumé : bouillon, eau additionnée d'herbes et/ou d'arômes divers. L'aliment s'imprègne alors peu à peu de ces parfums.

On pose sur chacun des tamis une série d'ingrédients bien déterminés, en les superposant dans un ordre bien précis

Les parfums du tamis placé le plus bas imprègnent les ingrédients de celui qui lui est immédiatement supérieur ; le mélange des vapeurs parfume le troisième, etc...

Ce mode de cuisson respecte bien l'aliment. Son grand intérêt est de l'épurer. La vapeur fait éclater les cellules extérieures et entraîne dans l'eau du récipient inférieur les éventuels pesticides pour les légumes, quant à la viande, les graisses fondent facilement.

Les temps de cuisson sont évidemment très différents. Ce temps est, dans l'ensemble, relativement long.

#### La cuisson sous pression

Les aliments sont cuits dans un autocuiseur étanche. La pression monte sous l'effet de la chaleur et l'on atteint une température de cuisson supérieure à 100 °C. Cette technique a pour avantage la rapidité de cuisson : ce temps de cuisson étant diminué de

moitié, les pertes en vitamines sont moins importantes. En effet, elles résistent mieux à une température élevée durant un temps très court qu'à une température moindre pendant une longue durée.

De plus, elle respecte les saveurs si les temps de cuisson sont parfaitement respectés, la quantité d'eau ajoutée étant faible il y a peu de dilution des arômes et des minéraux dans le liquide de cuisson.

*Questionnaire :*

- 1- Quelle différence existe-t-il entre les modes de cuisson à l'eau et à la vapeur ?
- 2- Quels sont les avantages d'une cuisson à la vapeur face à une cuisson à l'eau ?
- 3- Quelle température de cuisson atteint-on pour une cuisson à la vapeur ? Pourquoi ?
- 4- Quel mode de cuisson peut-on adopter pour augmenter la rapidité de cuisson ?
- 5- La température de cuisson est-elle la même que pour une cuisson à la vapeur ? Détailler le principe de fonctionnement.

*Conclusion :* dans un autocuiseur, pression et température de cuisson sont plus élevées, ce qui entraîne un temps de cuisson plus court.

#### **4- TECHNIQUES DE CONSERVATION UTILISANT LES CHANGEMENTS D'ETAT**

Etude documentaire :

L'homme se soucie depuis fort longtemps de la conservation de la nourriture. Il y a plus de deux mille ans que l'homme sait que le froid empêche les aliments de se détériorer mais ce n'est que tout récemment (une centaine d'année) qu'il sait pourquoi... Il a donc mis au point divers moyens de conservation:

- entreposage dans des endroits plus frais;
- faire fumer;
- faire sécher;
- déshydrater.

Dans la Rome Antique, on employait des milliers d'esclaves à rapporter la neige et la glace des sommets des montagnes pour les empereurs. La glace et l'eau froide contribuaient donc à conserver les aliments en assez "bonne condition".

Au Québec, on coupait autrefois la glace dans les rivières et les lacs. On plaçait cette glace dans des remises sombres ou dans des caves des maisons très profondes pour qu'elles soient plus fraîches. Pour conserver les poissons et la viande, les gens devaient les faire fumer ou saler. L'industrie de la préservation des aliments est née et devint d'une importance commerciale que durant le 18<sup>e</sup> siècle, lorsque l'on commença à vendre la glace coupée durant l'hiver. Puis à partir du 19<sup>e</sup> siècle, commencent à se développer quelques techniques :

- En 1834, Jacobs Perkin fait fonctionner la première machine frigorifique;
- En 1918, Kelvinator met au point le premier réfrigérateur domestique;
- En 1919, les réfrigérateurs furent exposés officiellement en vente au public;
- En 1930, explosion de l'industrie du froid avec l'invention et la mise au point du fréon 12\*

**La réfrigération** est un procédé servant à abaisser la température dans un espace donné et permettant de maintenir des produits à une température suffisamment basse pour les conserver : le froid stoppant la croissance bactérienne.

La réfrigération mécanique est effectuée par circulation d'un fluide ou réfrigérant (CFC pour les années antérieures à 1996 et pour les autres, produit de substitution) dans un système fermé, suivant un cycle continu.

Pour ce cycle de réfrigération, 4 éléments sont utilisés : le compresseur, le condenseur, le détendeur et l'évaporateur. Le réfrigérant liquide se vaporise dans l'évaporateur placé à l'intérieur de l'armoire frigorifique, en absorbant la chaleur des produits ou de l'espace à refroidir. La vapeur est ensuite amenée vers un compresseur à moteur, où elle est portée à une pression élevée, ce qui augmente sa température. Le gaz surchauffé sous pression se condense alors dans un condenseur refroidi à l'air ou à l'eau. Du condenseur, le liquide passe par une soupape d'expansion pour diminuer sa pression et sa température. Le réfrigérant retrouve alors la température qu'il avait dans l'évaporateur.

Si aucune fuite ne se produit, ce fluide est efficace pendant toute la durée de vie du système.

**La congélation** est un procédé de conservation des aliments mettant en jeu une exposition au froid, à des températures inférieures au point de congélation soit en-dessous de  $-18^{\circ}\text{C}$ . La congélation empêche les micro-organismes (bactéries, champignons microscopiques) de se multiplier. En revanche, les enzymes, dont l'action dégrade les aliments, restent actives à l'état de congélation, bien que leur activité soit fortement réduite. C'est pourquoi les légumes frais sont d'abord blanchis ou chauffés avant d'être congelés, afin d'inactiver ces substances et d'éviter la dégradation du goût.

Les aliments congelés présentent les mêmes propriétés nutritionnelles et organoleptiques que les produits frais. La congélation entraîne toutefois quelques altérations physiques, la dilatation de l'eau (formation de cristaux de glace) provoquant un éclatement des structures cellulaires. Si le processus de congélation est rapide, les cristaux de glace sont plus petits et provoquent moins d'altérations.

De la fabrication à la vente, puis à la conservation chez le particulier, il est capital que la «chaîne du froid» ne soit jamais brisée. En effet, le procédé de congélation ne tue pas toutes les bactéries, et celles qui survivent sont réactivées lors de la

décongélation. Elles se développent alors très rapidement. La moindre élévation de température au cours des procédés d'élaboration ou du transport met donc en péril toute la procédure.

La congélation est utilisée pour une grande variété d'aliments, y compris les produits de boulangerie, les soupes et les repas précuisinés. Du fait du coût élevé de la technique de congélation, les aliments congelés sont plus chers que les conserves, mais leurs qualités organoleptiques sont bien meilleures.

**La lyophilisation, ou séchage à froid** est un procédé qui permet de retirer l'eau contenu dans un aliment ou un produit afin de le rendre stable à la température ambiante et ainsi faciliter sa conservation. Elle utilise un principe physique qu'on appelle la sublimation. Dans le cas de l'eau que l'on veut retirer des aliments, l'opération de lyophilisation consiste à:

- ◆ Congeler les aliments pour que l'eau qu'ils contiennent soit sous forme de glace.
- ◆ Ensuite sous l'effet du vide, sublimer la glace directement en vapeur d'eau.
- ◆ Récupérer cette vapeur d'eau.
- ◆ Une fois que toute la glace est sublimée, les aliments sont séchés à froid et on peut les retirer de l'appareil.

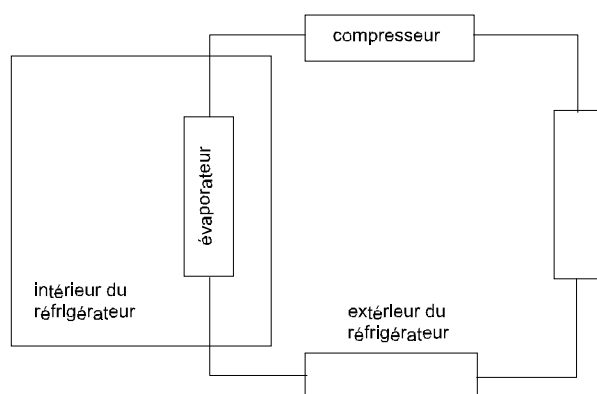
La lyophilisation permet de conserver une grande partie des qualités des aliments. Les aliments lyophilisés en général ne nécessitent pas de réfrigération pour se conserver. Les coûts d'entreposage et de transport sont ainsi réduits de façon appréciable.

La lyophilisation entraîne une diminution importante du poids ce qui facilite grandement le transport des aliments lyophilisés. Par exemple, plusieurs aliments contiennent jusqu'à 90% d'eau. Ils seront donc 10 fois plus légers après lyophilisation.

La plupart des aliments lyophilisés se réhydratent très rapidement grâce à leur texture poreuse. En effet, la lyophilisation n'entraîne pas de diminution de volume appréciable. L'eau peut donc reprendre sa place facilement dans la structure moléculaire de l'aliment.

### Questionnaire :

- 1- Que se passe-t-il au sein de l'évaporateur d'un réfrigérateur ? Que cela implique-t-il ?
- 2- Quel changement d'état se produit-il au niveau du condenseur ?
- 3- Compléter le schéma proposé ci-dessous, expliquer, que par ce procédé, on obtient bien un cycle de réfrigération. Préciser notamment le sens de circulation du fluide dans le circuit, en indiquant, entre chaque élément son état physique.



- 4- Pourquoi n'utilise-t-on plus de CFC comme réfrigérant ?
- 5- Pourquoi ne faut-il pas recongeler des aliments après les avoir décongelés ?
- 6- A quel moment le risque de « non respect de la chaîne du froid » est-il majeur ?
- 7- Que signifie le terme organoleptique ?
- 8- Citer des produits alimentaires lyophilisés.
- 9- Quelle transformation physique est réalisée dans le cas d'une lyophilisation.
- 10- Quels intérêts peut-on trouver dans les produits lyophilisés ?