

Chapitre 1 : Le traitement préliminaire par la conservation thermique (la chaleur)

Souvent appliqué aux aliments dans une phase ultime de préparation avant la consommation. Sous ce titre, nous englobons les procédés de destruction par la chaleur (pasteurisation, stérilisation, blanchiment,...) On distingue la **pasteurisation** lorsque le chauffage est **inférieur à 100°C** et la **stérilisation** lorsqu'il est **supérieur à 100°C**. Le traitement thermique est appliqué pour :

- Détruire les microorganismes
- Stopper l'altération du produit liée à des enzymes endogènes (lipolytiques ou protéolytiques)
- Améliorer la qualité organoleptique des produits (nitrosomyoglobine : couleur rose caractéristique du jambon cuit, ou réaction de Maillard (générant des nitrosamines responsables de la couleur brune appréciée du pain).
- Stabiliser la structure de certains produits (par dénaturation des protéines).

I. PROCÉDES PAR AJOUT DE LA CHALEUR

A. LA PASTEURISATION

La pasteurisation est un **traitement thermique limité**, mis au point par Pasteur en 1863. Elle consiste à soumettre les aliments à une température **inférieure à 100 °C**, suivi d'un **brusque refroidissement**. Durant cette opération, tous les **microorganismes ne sont pas éliminés (détruits)**. Il s'agit de ralentir le **développement des germes encore présents (c.à.d. tous les micro-organismes peu résistants à la chaleur sont tués)**. Les aliments pasteurisés sont ainsi habituellement conservés **au froid (+4°C)**. Ce procédé vise à préserver au maximum les caractéristiques physiques, biochimiques et organoleptiques (sens : goût et odeur) du produit alimentaire. Il concerne, par exemple, le **lait et les produits laitiers, les jus de fruits, le vinaigre, le miel...**

On différencie plusieurs types de pasteurisation selon le couple **temps-température**. Ces derniers permettront d'obtenir une valeur pasteurisatrice (voir tableau 3 ci-contre).

Tableau 3 : Différents types de pasteurisation et barème de pasteurisation

	Pasteurisation basse	Pasteurisation haute	Flash pasteurisation
Température	63 à 65°C	82 à 88°C	90 à 95°C
Temps	20 à 30 minutes	Quelques dizaines de secondes	Quelques secondes
Aliments	Bières Ovo-produits	Glaces Semi-conserves	Lait, Jus de fruits (évite la dégradation des vitamines)
Cas particulier		Lait : 15 secondes à 72°C	

Le couple **temps-température** est le **barème de pasteurisation** appliqué durant le procédé de pasteurisation.

Le procédé de pasteurisation s'opère dans un appareil nommé, **pasteurisateur**. Ce sont en fait **des échangeurs de chaleur**. On passe le produit alimentaire de façon continu entre des plaques chauffées ou par des tuyaux, ou on le chauffe à la température désirée pendant une période déterminée. Après cela, a lieu la réfrigération rapide.

La durée de conservation est maximum **14 jours fermés, 2 à 3 jours ouverts**.

Il est à signaler qu'on ne fait le choix d'une pasteurisation que dans certains cas ; seulement quand l'aliment offre peu de **risques bactériologiques** du fait de ses caractéristiques propres

(par exemple l'acidité dans les jus de fruits) ou bien si on ne cherche à éliminer que quelques **micro-organismes pathogènes** (comme *Mycobacterium tuberculosis* dans le lait). **Un traitement plus long à plus haute température risque de lui faire perdre ces qualités organoleptiques.**

Fonctionnement d'un pasteurisateur à plaques :

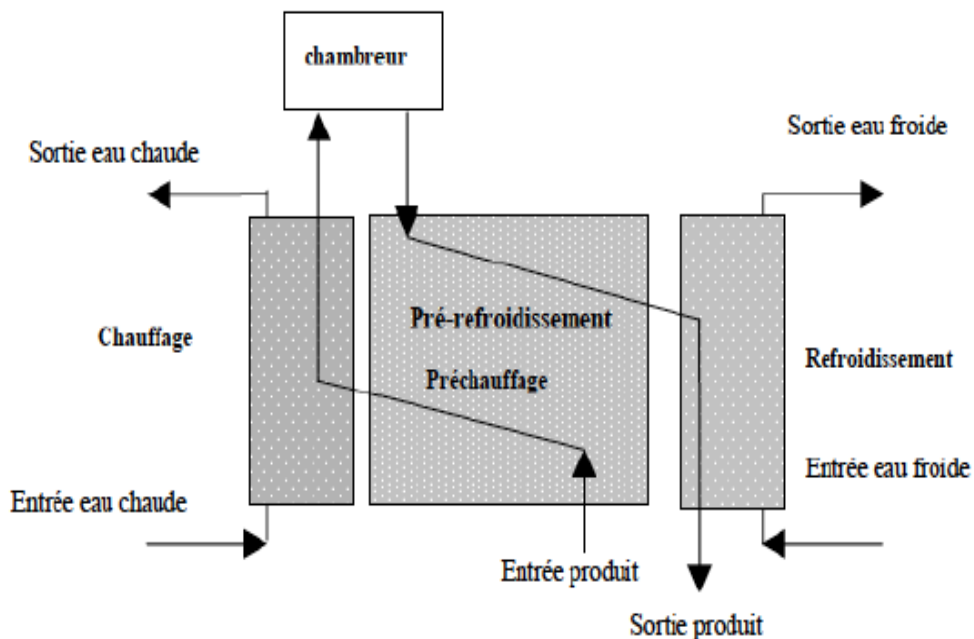
Ce sont des plaques plus ou moins gaufrés ou cannelés, collés les unes aux autres entre lesquels circulent : le fluide chauffant (vapeur, eau chaude) ; l'aliment (**Figure 2**).

Ce type d'appareil est composé de trois parties ((**Figure 3**) :

- 1- partie chauffante
- 2- partie eau glacée
- 3- échange et récupération

La section chauffage permet de chauffer le produit à une température donnée pendant un certain temps, appelé le temps de chambrage, à l'aide de vapeur ou d'eau chaude.

La section de refroidissement permet de refroidir le produit afin d'éviter une recontamination, à l'aide d'eau glacée. La section échange et récupération permet de préchauffer le produit et pré-refroidir en même temps.



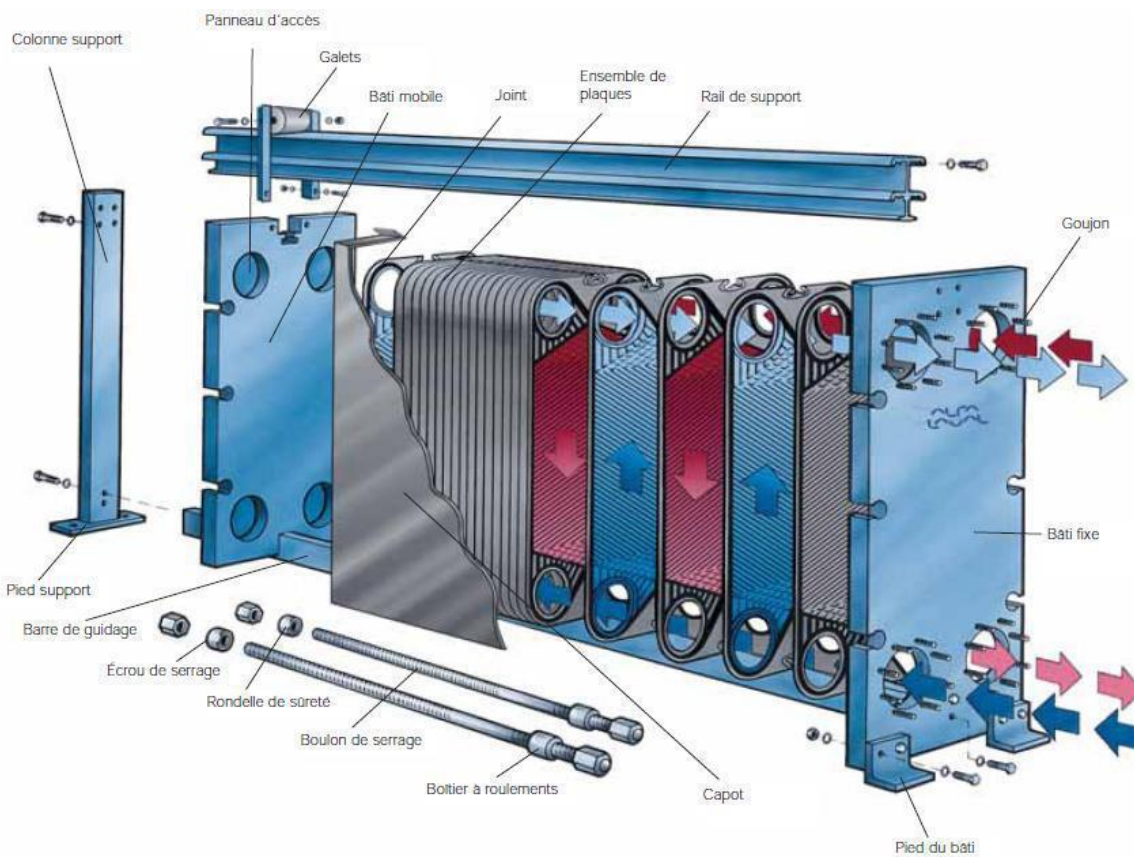
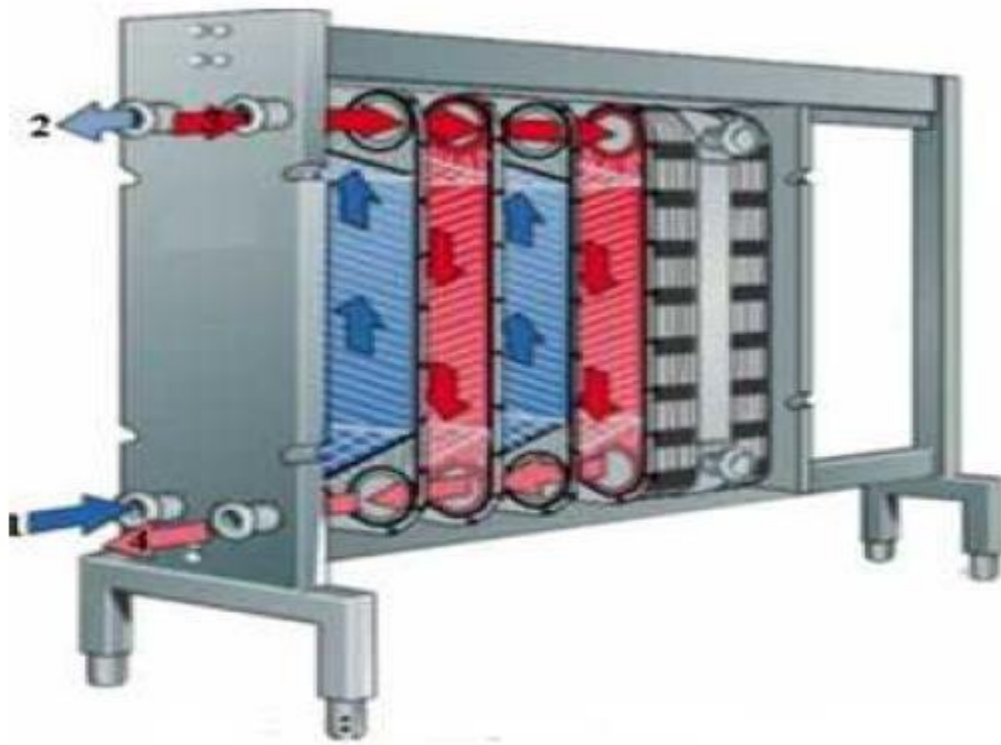


Figure 3 : Eléments d'un pasteurisateur à plaques démonté

B. STERILISATION

Ce procédé consiste à détruire totalement tous les micro-organismes et les spores reproductrices de l'aliment par ébullition prolongée de **15 à 20 min** à une température comprise entre **100 °C et 120 °C**. L'opération de stérilisation fait l'emploi d'une combinaison temps-température plus élevée que la pasteurisation. Autrement dit, elle peut varier entre 15 min à 121°C et quelques secondes à 140°C. Parmi les aliments stérilisés, on peut citer : **le lait, les fruits et les légumes**.

La Température de stérilisation varie en fonction des caractéristiques des aliments (**composition, pH** et la **charge microbienne initiale**).

En fait, plus un aliment est acide, plus les micro-organismes sont rapidement détruits par la chaleur. A titre d'exemple, dans un jus de fruit ayant un **pH < 4,5**, tous **les microorganismes seront détruits** tandis que pour un produit ayant un **pH > 4,5** (produits carnés), les micro-organismes résistants à plus de **100°C ne seront pas détruits**. Dans ce cas, on parle des semi-conserves.

L'inconvénient majeur de ce traitement est la perte de 30% des vitamines et la modification du goût.

Cependant son avantage permet la conservation des aliments **plusieurs mois, voire plusieurs années sans altération** s'ils sont exposés à l'abri d'une chaleur excessive.**15**

Le procédé de stérilisation se déroule dans des stérilisateur hydrostatiques. Ce sont en fait des autoclaves fonctionnant en continu et sous pression pour la production des aliments en boîtes (**Figures 4 et 5**).

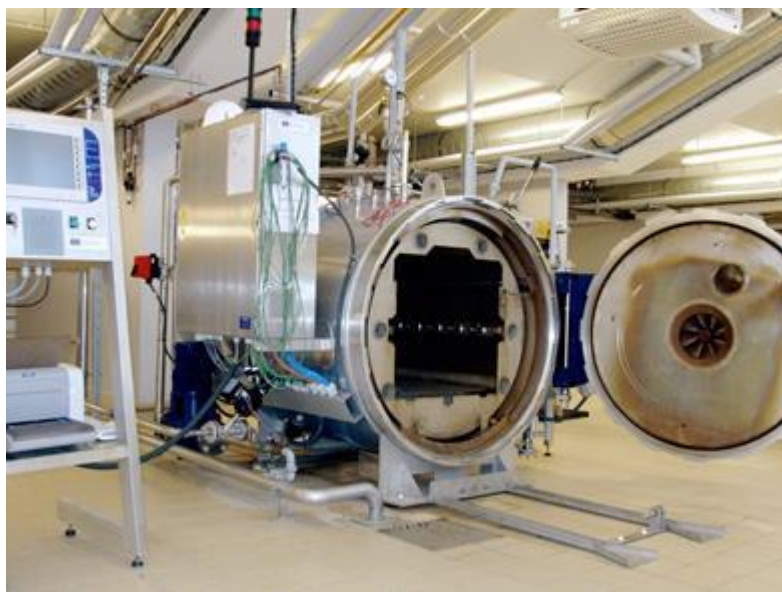


Figure 4 : Autoclave pilote



Figure 5 : Batterie d'autoclaves industriels

B.1. Fonctionnement d'un autoclave :

La figure 6 ci-dessous représente schématiquement un autoclave et ses différentes entrées et sorties.

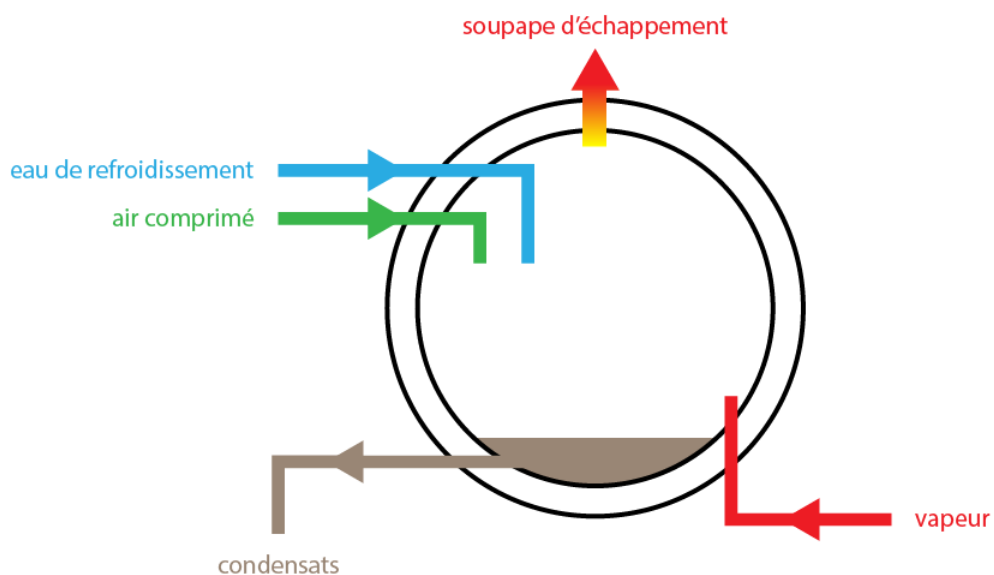


Figure 6 : Schéma d'un autoclave

B.2. Les éléments d'un autoclave :

- **Vapeur** : la vapeur d'eau est la source de chaleur. Son admission est réglée par la pression et/ou la température dans l'autoclave.

Soupape d'échappement : une ou plusieurs soupapes jouent plusieurs rôles.

- **Échappement** : il s'agit là de la purge de l'air en début de traitement puis de la remise à pression atmosphérique en fin de traitement.

- **Régulation** : maintien de la pression de consigne dans l'autoclave.

- **Sécurité** : sur tout autoclave une soupape est réglée pour s'ouvrir avant le dépassement de la pression admissible par l'appareil.
- **Condensats** : une vanne permet d'éliminer régulièrement la vapeur qui s'est condensée (condensats) en donnant sa chaleur au produit.
- **Eau de refroidissement** : en fin de traitement le refroidissement des produits est assuré par l'aspersion d'eau réfrigérée.

Air comprimé : en début de refroidissement la pression dans l'enceinte chute brusquement à cause de l'arrêt d'admission de vapeur et de la chute de température créée par l'eau froide. Mais le produit au coeur des boites reste encore à haute température. Il y a donc le risque de voir l'eau contenue se vaporiser et faire exploser les boites. Pour éviter cela de l'air comprimé est injecté dans l'enceinte de **17** façon à maintenir la pression de consigne jusqu'à ce que la température des produits soit partout inférieure à 100°C.

C. APPERTISATION :

Ce procédé a été mis au point par **Nicolas Appert** en **1810** pour la conservation des jus de fruits. En effet, l'appertisation est un procédé de conservation qui consiste à **enfermer des aliments périssables**, d'origine animale ou végétale dans **un récipient hermétiquement clos** et à **les soumettre à un chauffage** assurant la destruction ou l'inactivation des enzymes, des toxines et des micro-organismes, pathogènes ou non pathogènes, capables de proliférer dans les aliments, aux températures normales d'entreposage et de distribution, sans réfrigération. Après la fermeture des boites et selon la nature du produit alimentaire, ce dernier est porté pendant 30 min à 110°C, 3 min à 120°C, 20 sec à 130°C, 2 sec à 140°C. Ceci permet une conservation pendant des mois, voire plusieurs années.

- Parmi les aliments appertisés, on peut citer : **les fruits, les légumes, les viandes, les poissons, plats préparés...etc**
- L'appertisation permet la préservation des qualités organoleptiques et nutritives des denrées alimentaires.

Description d' un autoclave discontinu statique simple (Figure 7) :

L' **autoclave** est l'appareil classique de l'appertisation.

C'est une enceinte (cuve) fermée hermétiquement, qui permet de stériliser un produit à une température élevée sous pression ($T^{\circ} > 100^{\circ}\text{C}$). Le chauffage est réalisé grâce à la vapeur saturante ou par de l'eau surchauffée. La pression est soit simplement liée à une augmentation de température, soit régulée en plus par injection d'air comprimée (contrepression).

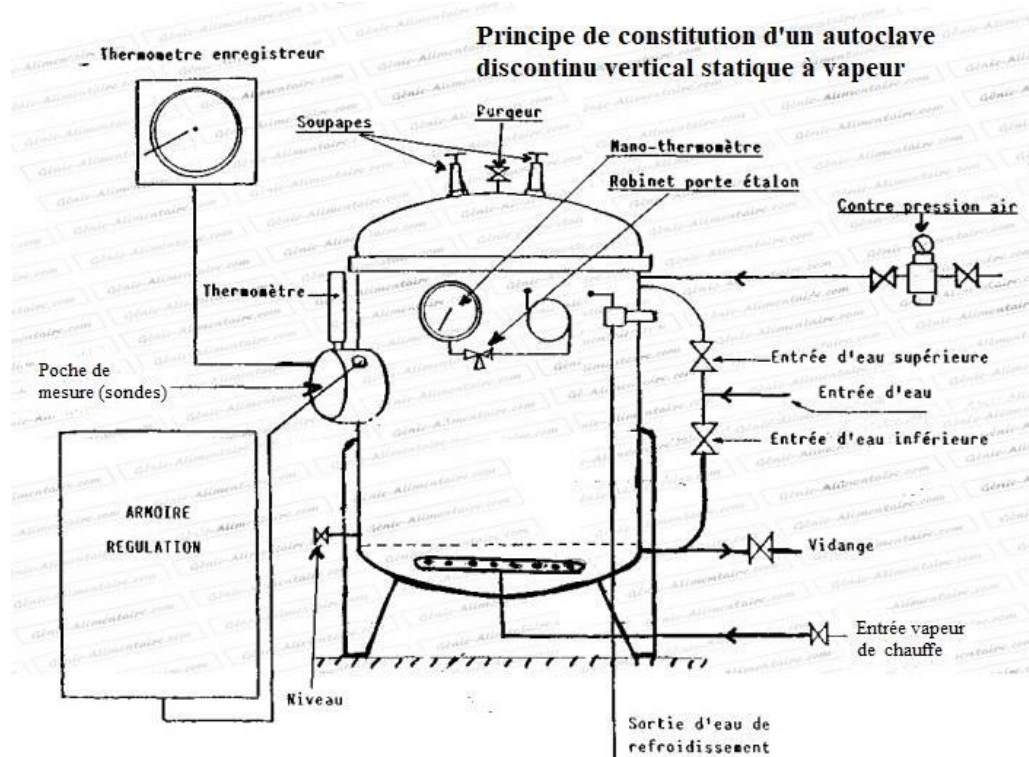


Figure 7 : Schéma d'un autoclave d'appertisation

D- LE SERTISSAGE

Le sertissage des boîtes alimentaires est une étape cruciale dans le processus de conservation et de protection des aliments. Ce procédé assure la sécurité et la durabilité des produits alimentaires en empêchant les contaminants d'entrer et en préservant la fraîcheur des aliments.

D.1. Le Processus de Sertissage

Le sertissage des boîtes alimentaires est un procédé mécanique qui consiste à plier et à presser les bords du couvercle et du corps de la boîte pour former une fermeture hermétique. Ce processus se déroule généralement en plusieurs étapes :

- Préparation de la boîte et du couvercle : Les boîtes métalliques sont fabriquées à partir de feuilles d'acier ou d'aluminium, tandis que les couvercles sont préfabriqués avec une bordure spécialement conçue pour le sertissage.
- Remplissage : Les boîtes sont remplies avec les aliments préalablement traités et cuits selon les normes de sécurité alimentaire.
- Scellage : Le couvercle est placé sur la boîte et le processus de sertissage commence. Une machine plie et presse les bords du couvercle et du corps de la boîte pour former une double couture hermétique.
- Inspection : Chaque boîte scellée est inspectée pour vérifier l'intégrité du sertissage et s'assurer qu'il n'y a pas de fuites ou de défauts.



D.2. Avantages des Boîtes Métalliques

- Préservation de la fraîcheur : Le sertissage hermétique empêche l'air et les bactéries de pénétrer, conservant ainsi la fraîcheur et la saveur des aliments pendant une longue période.
- Sécurité alimentaire : Le scellage hermétique réduit le risque de contamination par des agents pathogènes, garantissant la sécurité des aliments.
- Durabilité : Les boîtes métalliques sont résistantes aux chocs et aux perforations, idéales pour le transport et le stockage à long terme.
- Réduction du gaspillage : Avec une durée de conservation prolongée, les aliments en conserve permettent de réduire le gaspillage alimentaire.
- Durabilité environnementale : Bonne alternative au plastique car les boîtes métalliques sont entièrement recyclables.



E-CONSERVATION PAR MICRO-ONDE

Grâce à sa haute efficacité thermique et à son temps de traitement plus court, le traitement par micro-ondes permet généralement de mieux préserver les propriétés organoleptiques des ingrédients alimentaires et cosmétiques.

la conservation par micro-ondes repose sur l'utilisation d'ondes électromagnétiques (fréquence ≈ 2450 MHz) qui provoquent l'**agitation des molécules polaires**, principalement l'eau. Cette agitation génère une **chaleur interne rapide**, entraînant :

- l'inactivation des **micro-organismes**,
- la destruction ou la réduction de l'activité des **enzymes** responsables de l'altération des aliments.

Les micro-ondes agissent par :

- **Rotation des dipôles** (eau, sels, sucres),
- **Frottement moléculaire**, produisant de la chaleur,
- Élévation rapide de la température jusqu'à des niveaux létaux pour les germes.

Cette action peut être utilisée seule ou combinée à d'autres techniques de conservation.

E.1.Applications en conservation alimentaire

La technologie micro-ondes est utilisée pour :

- **Blanchiment** (prétraitement avant congélation ou déshydratation),
- **Pasteurisation** (destruction des germes pathogènes),
- **Stérilisation assistée par micro-ondes**,

- **Décongélation rapide,**
- **Séchage micro-ondes** ou micro-ondes sous vide.

En outre, le traitement thermique par micro-ondes peut remplacer les pesticides et les conservateurs interdits dans l'agriculture biologique, augmentant ainsi la durée de conservation des produits sans utiliser de produits chimiques.

La conservation par micro-ondes est une **technologie moderne et prometteuse**, surtout lorsqu'elle est **combinée à d'autres procédés** (micro-ondes + vide, micro-ondes + congélation). Elle permet de conserver les aliments tout en maintenant une bonne qualité nutritionnelle, mais nécessite un **contrôle rigoureux** pour garantir la sécurité microbiologique.