

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
 - **UE Découverte Code : UED 3.1**
 - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
 - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
-

CHAPITRE II : PROCÉDES DE TRANSFORMATION ET DE CONSERVATION AGRO-ALIMENTAIRES

II.3 PROCÉDES DE CONSERVATION DES ALIMENTS

La conservation des aliments vise à préserver leur **comestibilité** et leurs **propriétés gustatives et nutritives**. Elle implique notamment d'empêcher la croissance de microorganismes et de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement. Les procédés courants de **conservation** des aliments reposent principalement sur un **transfert d'énergie (chaleur) ou de masse (matière)** qui ont pour objectif d'allonger la durée de vie des produits alimentaires (**pasteurisation et stérilisation, séchage, déshydratation osmotique, réfrigération et congélation**) ou de les **transformer** par le jeu de **réactions biochimiques ou de changement d'état** (cuisson, fermentation, obtention d'état cristallisé ou vitreux...).

II.3.1 PROCÉDES THERMIQUES

Le traitement des aliments par la chaleur est aujourd'hui le plus important procédé de conservation de longue durée. Il a pour objectif de détruire ou d'inhiber totalement les enzymes et les microorganismes et leurs toxines, dont la présence ou la prolifération pourrait altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à l'alimentation humaine. On distingue la **pasteurisation** lorsque le chauffage est **inférieur à 100°C** et la **stérilisation** lorsqu'il est **supérieur à 100°C**.

II.3.1.1 PROCÉDES PAR AJOUT DE LA CHALEUR

A. LA PASTEURISATION

La pasteurisation est un **traitement thermique limité**, mis au point par Pasteur (1863), qui consiste à soumettre les aliments à une température **inférieure à 100 °C**, suivi d'un **brusque refroidissement** puisque tous les **microorganismes ne sont pas éliminés (détruits)** et qu'il est nécessaire 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

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
 - **UE Découverte Code : UED 3.1**
 - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
 - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
-

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.

	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 **barème de pasteurisation** correspond au couple **temps-température** appliqué durant le procédé de pasteurisation.

Le procédé de pasteurisation s'opère dans un appareil nommé, **pasteurisateur**. Au fond, ce sont **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.

Ce type d'appareil est composé de trois parties :

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
- **UE Découverte Code : UED 3.1**
- **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
- **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**

- 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 prérefroidir en même temps.

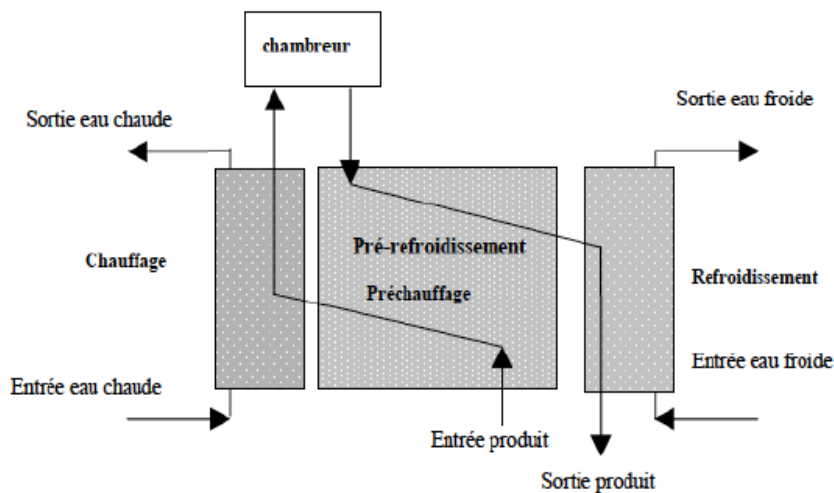
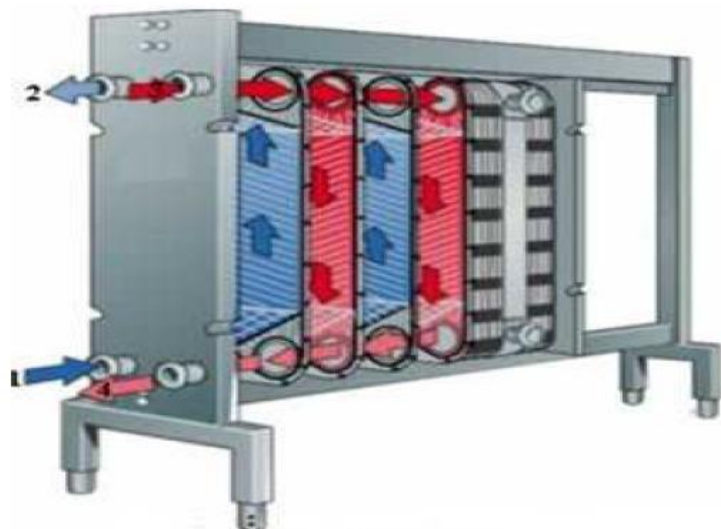


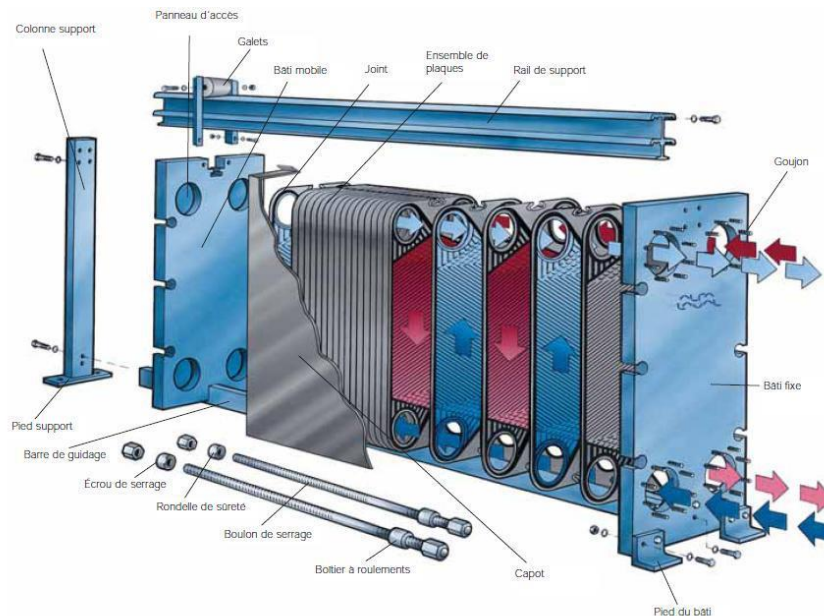
Schéma d'un pasteurisateur

- 1 : Entrée produit non traité
- 2 : Sortie produit traité (produit pasteurisé)
- 3 : Entrée eau chaude
- 4 : Sortie eau chaude

Pasteurisateur à plaques



- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
- **UE Découverte Code : UED 3.1**
- **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
- **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**



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**.

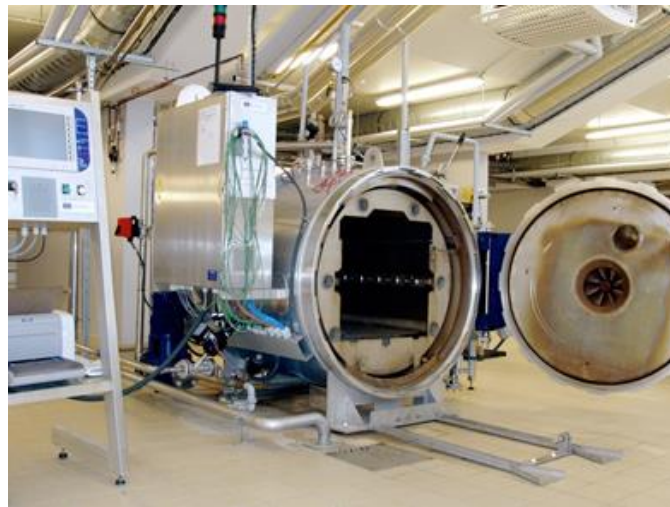
La Température de stérilisation varie en fonction des caractéristiques des aliments (**composition, pH et la charge microbienne initiale**).

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.

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
 - **UE Découverte Code : UED 3.1**
 - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
 - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
-

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.

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.



Autoclave pilote



Batterie d'autoclaves industriels

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
 - **UE Découverte Code : UED 3.1**
 - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
 - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
-

Fonctionnement d'un autoclave :

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

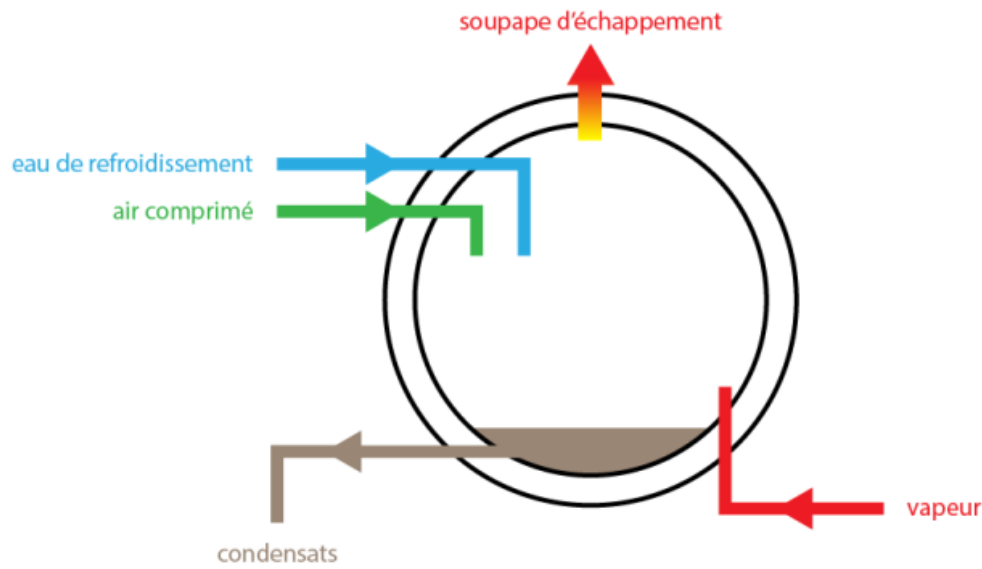


Schéma d'un autoclave

- **Vapeur** : la vapeur d'eau est ici 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.

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
 - **UE Découverte Code : UED 3.1**
 - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
 - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
-

- **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 cœur des boîtes reste encore à haute température. Il y a donc le risque de voir l'eau contenue se vaporiser et faire exploser les boîtes. Pour éviter cela de l'air comprimé est injecté dans l'enceinte de 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 boîtes 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

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.

- COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES
- UE Découverte Code : UED 3.1
- L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie
- Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF

La pression est soit simplement liée à une augmentation de température, soit régulée en plus par injection d'air comprimée (contrepression).

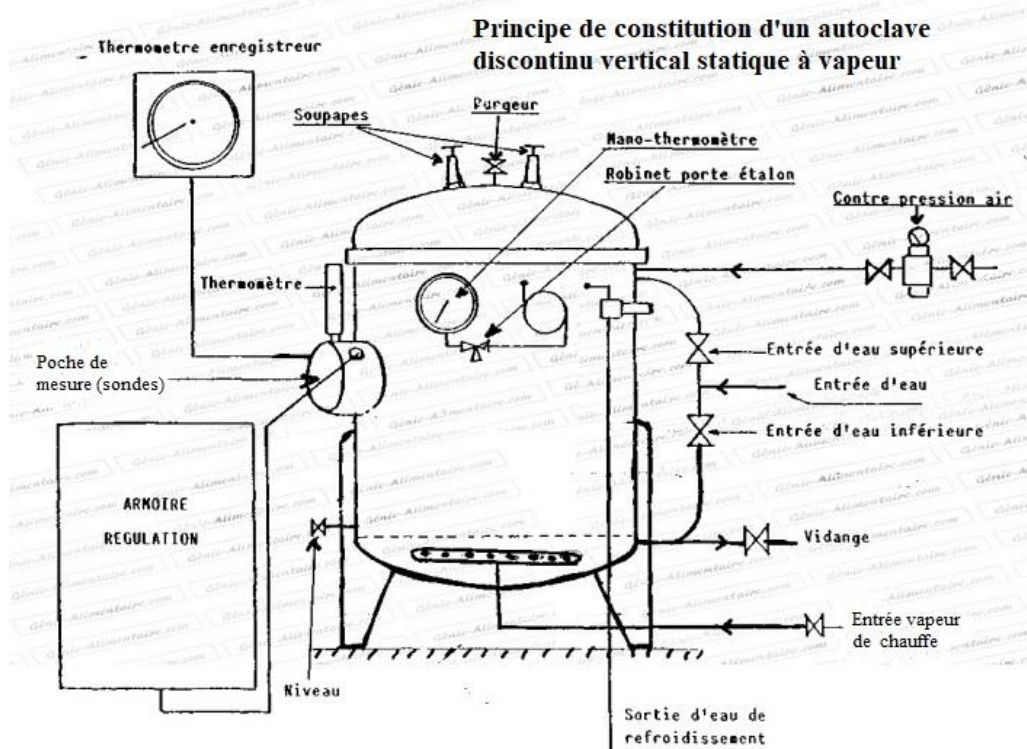


Schéma d'un autoclave d'appertisation

D. ULTRA HAUTE TEMPERATURE (UHT)

Ce procédé consiste à **chauffer le produit** à une température assez élevée, **entre 135°C et 150°C**, pendant **un temps très court, entre 1 à 5 secondes**. Le produit stérilisé est ensuite refroidi puis emballé aseptiquement pour obtenir un conditionnement exempt de microbes. Ce processus est utilisé pour la stérilisation des produits liquides (**lait, jus de fruits, ...**) ou de consistance plus épaisse (**desserts lactés, crème, jus de tomate, soupes, ...**). A titre d'exemple, le lait est porté en flux continu à une température entre (140-150 °C) durant un temps très court (2-3 secondes).

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
 - **UE Découverte Code : UED 3.1**
 - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
 - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
-

Par ailleurs, ce procédé met en œuvre soit le **chauffage indirect** dans **des échangeurs tubulaires ou à plaques** soit le **chauffage direct** par **contact entre le produit et de la vapeur** d'eau sous pression.

La brièveté du procédé UHT permet de conserver les qualités organoleptiques en détruisant entièrement les micro-organismes et de manière efficace. Cependant le temps abîme le produit.

E. BLANCHIMENT

Le blanchiment est un traitement thermique préalable pour les aliments ensuite congelés, déshydratés ou pasteurisés. Ce procédé permet **d'inactiver les enzymes** (responsable du **brunissement enzymatique** ou de modification des couleurs naturelles de certains fruits ou légumes), en soumettent le **produit à un bain d'eau chaude ou de vapeur** pendant une durée de temps courte (**temps < 5 min**) et à une température modérée (**entre 60 et 100 °C**).

Ce procédé offre parfois un autre intérêt, notamment celui d'améliorer la texture. Ainsi le blanchiment des tomates permet de préserver la couleur rouge et de ramollir les tissus, ce qui facilite les opérations ultérieures (obtention de sauce, de concentré ou de jus) en maintenant la couleur fraîche de la tomate. Les haricots verts soumis à un blanchiment avant congélation gardent une belle couleur verte et sont rendus plus tendre.

Le blanchiment permet en outre de :

- Dilater les cellules végétales par ramollissement du fruit ou de légume, ce qui provoque l'élimination de l'oxygène de l'air intracellulaire (responsable de la corrosion ultérieure des matériaux de conditionnement ou du bombage chimique des boîtes.
- Réduire la charge microbienne à la surface du fruit et du légume et arrêter les fermentations.

Dans la conservation des fruits et des légumes, le blanchiment est considéré comme un mal nécessaire et présente quelques inconvénients dont le plus important est la perte de substances solubles par lessivage et par diffusion (protéines, sucre, vitamines, minéraux) d'où une diminution de la valeur nutritive du produit.

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
 - **UE Découverte Code : UED 3.1**
 - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
 - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
-

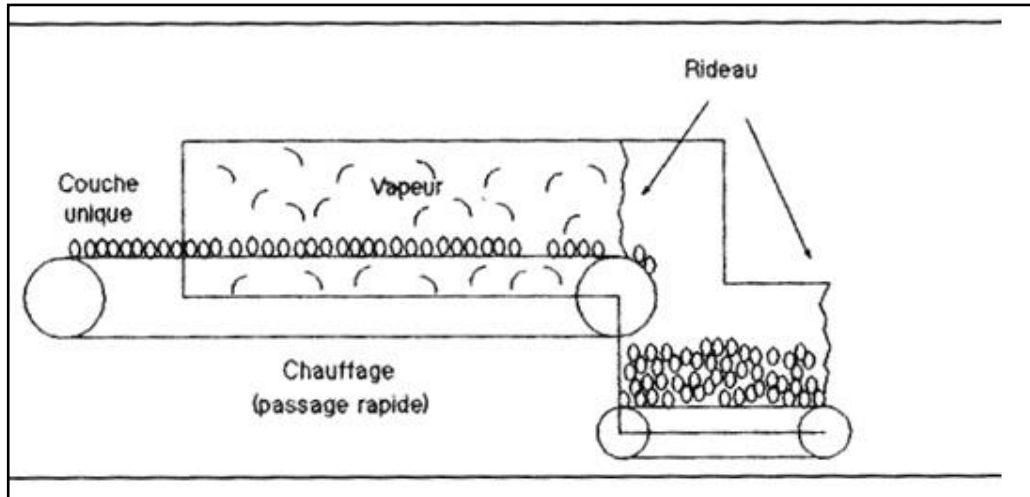


Schéma d'un appareil de Blanchiment à la vapeur

C'est le plus simple des appareils utilisé: les légumes, par exemple, circulent sur un tapis dans un tunnel et traverse une atmosphère de vapeur. Le Temps de séjour dans la vapeur est réglé par la vitesse du tapis.