

Chapitre IV : Appareillages et Procédés de séchage

IV.1 Classification des appareils de séchage

IV.2 Types de séchoirs

IV.2 Annexes aux sécheurs

Chapitre IV : Appareillages et Procédés de séchage

IV.1 Classification des appareils de séchage

La Classification des appareils de séchage est basée selon les critères principaux suivants:

- L'opération discontinue ou continue de séchage : l'opération continue est très couteuse en matière énergétique, elle est utilisée lors des fabrications importantes.
- Le mode de séchage (conduction, convection, rayonnement, lyophilisation).
- Le type de produit traité (solide en bloc, poudre pate etc)

IV.2 Types de séchoirs

De nombreux types de sécheurs pouvant être aptes à sécher un même produit, le choix du procédé devra être opéré en fonction de certains facteurs

- nature du produit : solide, liquide, pâte, poudre, cristaux;
- taux d'humidité initial et final ;
- paramètres relatifs au produit : pourcentages de fines et répartition granulométriques;
- débit de produit exigé ;
- capacité thermique du produit;

IV.2.1 Séchoirs à plateaux (Tray dryer)

L'aliment étalé en couche mince sur des plateaux est chauffé soit par des étagères chauffantes soit, plus fréquemment, par de l'air chaud circulant entre les plateaux (2 à 6 m/s) par l'échange des morceaux d'aliments et/ou traversée des couches déposées sur des claies ou des plateaux, l'air chaud soustrait l'humidité évaporable décidée, (voir figure 1).

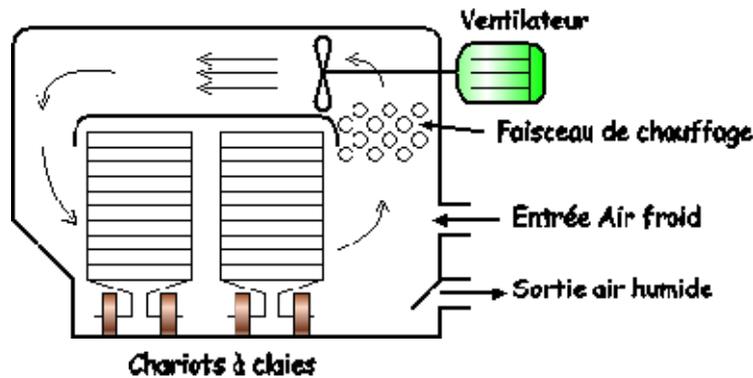


Figure 1: Séchoirs à plateau (Tray dryers)

IV.2.2 Tunnels de séchage (Tunnels dryers)

Ressemble au séchoir à plateaux mais de capacité très grande, le produit peut être placé sur des plateaux. les plateaux disposés sur des chariots parcourent un tunnel ou circule de l'air chaud (2 à 8 m/s). Le tunnel peut être long de près de 20 à 25 m et de section carrée de 18 à 2 m de côté environ, (voir figure 2). Ces séchoirs sont utilisés notamment pour le séchage des fruits et des légumes.

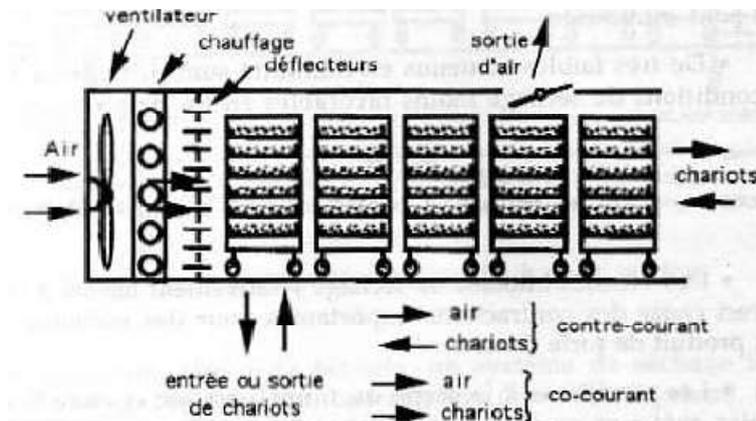


Figure 2: Tunnels de séchage (Tunnel dryers)

IV.2.3 Sécheurs rotatifs (Rotary dryers)

C'est un type de sécheurs très courant qui convient aux matériaux divisés et de forme granulaire qui peuvent être remués sans dommage et qui ne sont pas susceptibles de coller ou d'adhérer aux parois, (voir figure 3). Dans ces appareils, le produit progresse, tout en étant agité à l'intérieur d'un cylindre rotatif légèrement incliné.

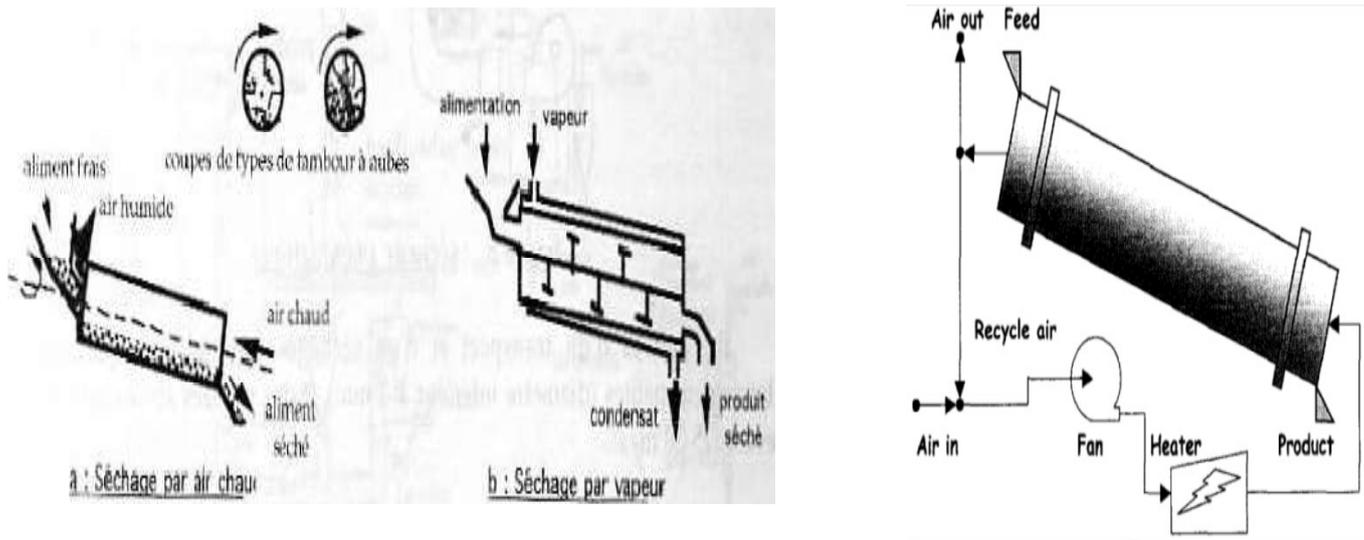


Figure 3: Séchoirs rotatifs (Rotary dryers)

IV.2.4 Séchoirs pneumatiques (Pneumatic dryers)

Dans un sécheur pneumatique, les particules solides de l'aliment sont véhiculées rapidement dans un courant d'air chaud. La vitesse de l'air est maintenue supérieure à la vitesse limite de chute des particules. Le choix de la vitesse et du niveau de la turbulence du courant d'air qui est fonction de la forme, de la taille et de la masse volumique des particules permet de contrôler le temps de séjour des particules, (voir figure 4).

Il s'agit d'un transport et d'un séchage, simultanés de particules relativement petite (diamètre inférieur à 3mm), à des vitesses absolues de l'air élevées (25-30m/s).

La canalisation doit être suffisamment longue pour assurer un temps de séjour adéquat (supérieur à 10 mètres). Le produit sec et l'air passent ensuite dans un séparateur cyclone.

Ce type d'appareils est utilisé pour le séchage des grains, des farines, des amidons et des fragments de pommes de terre.

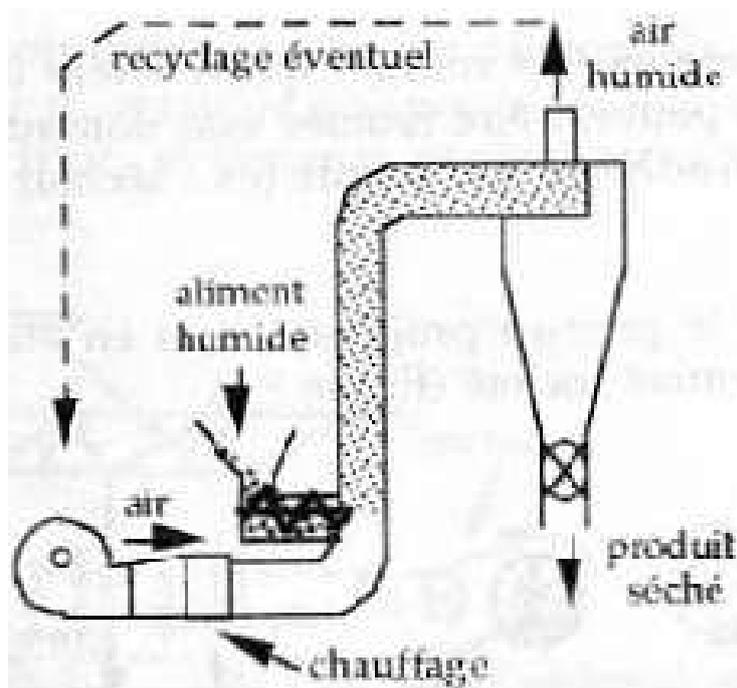


Figure 4: Sécheurs pneumatiques (Pneumatic dryers)

IV.2.5 Séchoirs à atomisation ou à pulvérisation (Spray dryers)

Ce type de sécheurs est destiné pour le séchage des liquides et suspensions :

- laits concentré, œufs, extrait de levures, jus de fruit, thé, sang et autre concentrés protéique etc.

Le liquide est dispersé ou atomisé (transformé en aérosol ou brouillard) au sommet d'une large tour d'atomisation, en fine gouttelettes, et se trouve ainsi mis en contact avec un courant d'air chaud qui provoque une évaporation très rapide de l'eau, (**voir figure 5**). Une poudre sèche est alors produite.

Le très court temps de séchage (1-10 secondes) et les températures relativement basses du produit sont les principales caractéristiques de ce type de séchage.

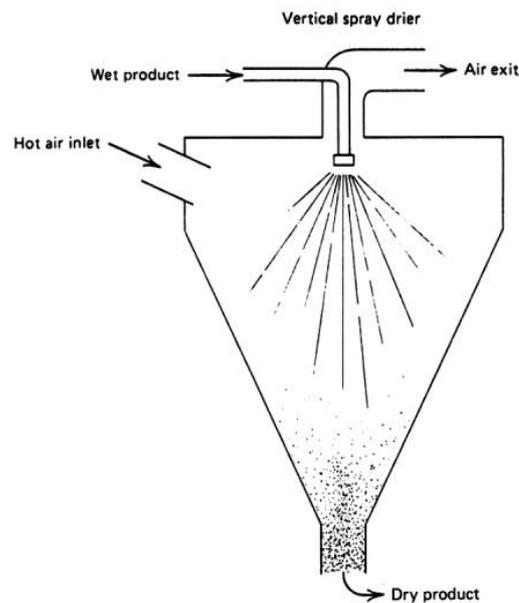


Figure 5: Séchoirs à atomisation ou à pulvérisation (Spray dryers)

IV.2.6 Sécheurs à lit fluidisé (Fluidized bed dryers)

Le principe de ce type de sécheur est que l'air chauffé est envoyé de bas en haut avec une certaine force au travers d'un lit de particules ou fragments d'aliment de façon que ces solides restent en suspension dans l'air par effet aérodynamique, (voir figure 6).

.Le support du lit doit être poreux et peut être une simple plaque perforée ou une grille. Certains appareils sont équipés de vibreurs pour assister le mouvement du produit.

L'air agit à la fois en tant que:

- Agent fluidisant ;
- Agent séchant

Les sécheurs à lit fluidisé peuvent opérer en discontinu (batch units) ou en continu.

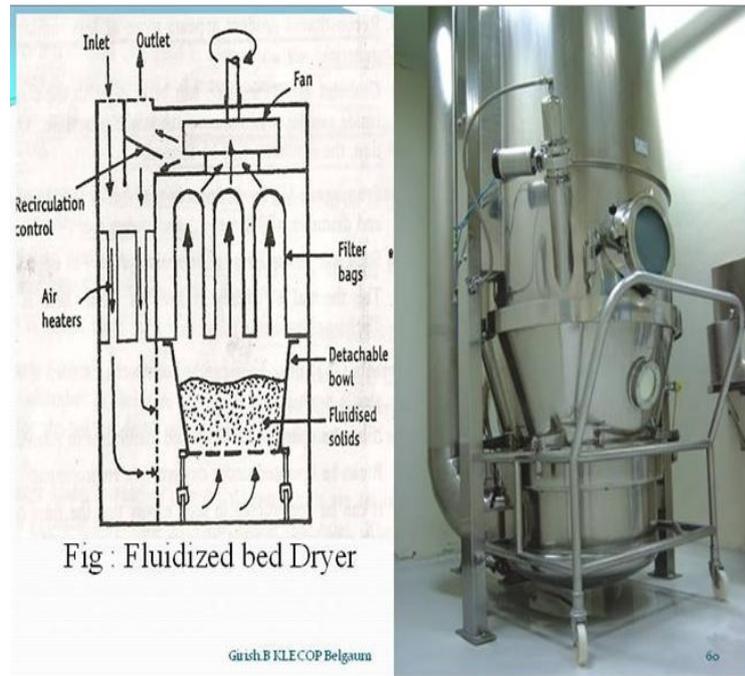


Figure 6: Sécheurs à lit fluidisé (Fluidized bed dryers)

IV.2.7 Sécheurs à cylindres ou à tambours (Drum dryers)

Ces sécheurs consistent en un ou plusieurs tambours métalliques, tournant autour de leurs axes horizontaux et chauffés de l'intérieur par de la vapeur, de l'eau ou autre liquide, (**voir figure 7**).

Une mince couche d'aliment liquide est étalée à la surface extérieure du cylindre qui tourne plus ou moins vite (10 à 30 tours/minute) et la couche liquide sèche après $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$ de rotation. Le film est décroché du tambour à l'aide d'un couteau racleur puis réduit en poudre par broyage (**voir figure**).

Les paramètres qui affectent la vitesse de séchage et le contenu final en eau de l'aliment sur un sécheur à tambour sont:

- La vitesse de rotation
- La pression de vapeur ou température du moyen de chauffage
- L'épaisseur du film (0.2 cm en moyenne)

Les sécheurs à tambour sont utilisés pour la préparation du lait en poudre, de mélanges pour soupe, de purée de pomme de terre, de farines et d'aliments infantiles précuits (cuisson pendant déshydratation), de flocons de fruits et de légumes, d'aliment pour animaux.

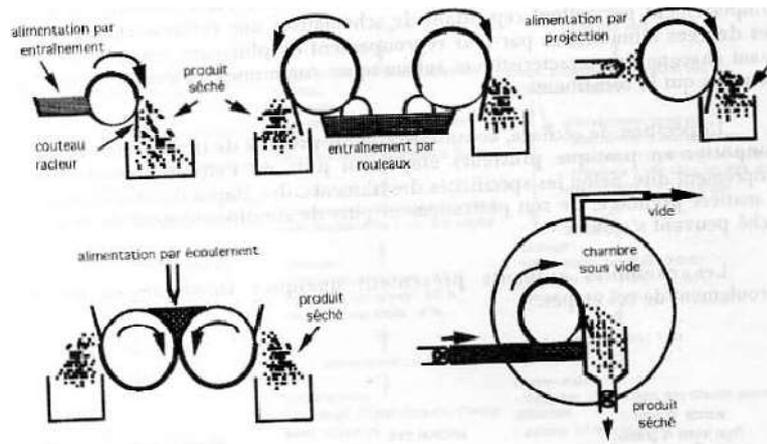


Figure 7: Sécheurs à cylindres ou à tambours (Drum dryers)

IV.2.8 Séchoirs sous vide (Vacuum dryers)

Des sécheurs sous vide partiel, (voir figure 8) sont employés et présentent les avantages suivants:

- Un vide suffisant (pression absolue de 0.5-70 torr ; 1torr=1330,3Pa) permet l'ébullition de l'eau à basse température (<45°C) et en absence d'air.
- La diffusion interne de l'eau se fait plus rapidement sous forme de vapeur.
- Les températures basses sont favorables aux produits sensibles à la chaleur.
- L'absence d'air est favorable aux produits sensibles à l'oxydation (exemple du séchage du concentré de jus de fruit)

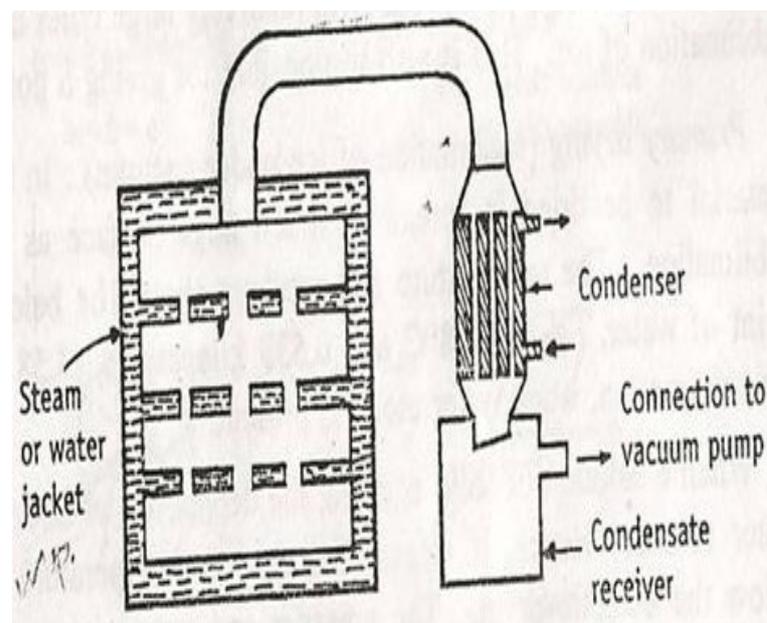


Figure 8 : Séchoirs sous vide (Vacuum dryers)

IV.2.9 Séchoirs à lyophilisation (Freeze dryers)

L'eau est éliminée par sublimation : il faut donc passer par une étape de congélation. L'eau devenue glace se transforme en vapeur (sans passer par l'état liquide) dans des conditions précises de température et de pression (-20°C et sous vide proche du 0 bar) suivant le diagramme de changement d'état de l'eau, (voir figure 9). Actuellement, on réalise principalement la lyophilisation des champignons, celle des aromates, légumes, jus de fruits, café, thé

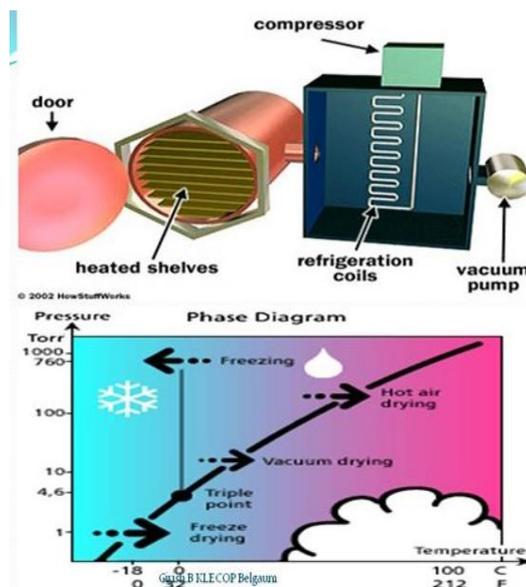


Figure 9: Séchoirs à lyophilisation (Freeze dryers)

IV.2 Annexes aux sécheurs

- **Filtres:** maintenir l'air de séchage propre (exempt des bactéries et microorganismes)
- **Ventilateurs:** transport d'air (énergie mécanique nécessaire à sa traversée)
- **Déshumidificateur d'air:** abaisse l'humidité de l'air de séchage avant son entrée dans le séchoir (condensation –refroidissement ou adsorption)
- **Réchauffeurs d'air:** optimiser la déshumidification de l'air - aérothermes (tubes munis d'ailettes) – un échangeur de chaleur
- **Récupération thermique:** recyclage de l'air à la sortie du sécheur s'il est peu chargé en humidité –mélange avec l'air neuf ou préchauffer l'air neuf