

# **Classeur 8**

**6. PREPARATION DES CONFITURES, GELEES ET  
MARMELADES DE FRUITS**

**7. PREPARATION DES FUITS ET LEGUMES SECHES**

**8. PREPARATION DES PRODUITS CONGELES**

**9. CONDITIONNEMENT ET MARQUAGE DES PRODUITS**

- ABBREVIATIONS ET ACRONYMES
- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
- SITES WEB UTILES

## 6.5. ANNEXE : FORMULATION ET CALCUL DU RENDEMENT INDUSTRIEL

Les formules de fabrication utilisées au niveau artisanal sont très proches des formules familiales. Les quantités de fruits et de sucres mis en œuvre sont généralement égales. Ces formules correspondent à la qualité extra définie par la réglementation.

En milieu industriel, on pratique des formulations 50/50, 45/55, 40/60, 35/65, suivant le fruit et la qualité désirée.

Les confitures préparées avec une quantité trop faible de sucre risquent de fermenter, ou, si la cuisson est trop longue (grande quantité d'eau à évaporer), de n'avoir aucun goût. Mais trop de sucre édulcore la confiture et masque le goût de fruit. De plus, le risque de cristallisation du sucre est important.

### Calcul de la quantité de pectines à ajouter

Cas d'une confiture de cerise à 65 % de résidu sec.

Teneur en pectines naturelles : négligeable.

Utilisation de pectines à 150 ° Sag<sup>35</sup>.

Pour 1 kg de confiture, on a 650 g de sucre à gélifier, il faut donc  $650/150 = 4$  g de pectine.

Pour les autres fruits plus riches en pectines, il faut tenir compte de la teneur en pectine naturelle du fruit. Des essais préliminaires permettent de fixer la quantité optimum en fonction de la gélification recherchée.

### Calcul de la quantité d'acide

La quantité d'acide qu'il faut éventuellement ajouter ne peut être déterminée qu'en faisant des mesures de pH.

À titre indicatif, on peut retenir les chiffres suivants pour les fruits peu acides.

Pour 100 kg de confiture	Fruits riches en pectines	Fruits pauvres en pectines
Solution d'acide citrique à 50 %	0,175 à 0,230 litre	0,320 à 0,400 litre

<sup>35</sup> Le pouvoir gélifiant est défini par le degré Sag : 1 g de pectine à 1 degré Sag peut gélifier 1 g de sucre en solution à 65 % à pH = 3. La pectine du commerce est standardisée à 150°Sag.

### Calcul du rendement

Pour calculer le rendement, il faut connaître le pourcentage de matière sèche soluble (MSS) mesurée au réfractomètre de chaque ingrédient mis en œuvre. Le rendement est calculé en faisant le bilan des quantités de matière sèche apportées dans la formule rapportée au taux de matière sèche à atteindre.

Exemple de calcul de rendement

Ingrédient mis en œuvre	Poids en kg	MSS	MSS apporté à la formule
Fruits ou pulpes	50	10	5
Sucre	50	100	50
Pectines	0,300	100	0,300
Acide citrique à 50 %	0,5	50	0,250
Total	100,8	55	550
<b>Rendement à 65 % de MSS = <math>\frac{100 * 55,550}{65} = 86\%</math></b>			

Dans cet exemple, il faut cuire jusqu'à l'obtention de 86 kg de confiture.



# Chapitre 7

## Préparation des fruits et légumes séchés

7.1. Principes généraux du séchage .....	196
7.2. Les types de produits .....	204
7.3. Schéma général de préparation des produits séchés .....	206
7.4. Caractéristiques des différents séchoirs .....	222
7.5. Les vérifications à réaliser pendant le processus .....	227
7.6. Annexes techniques .....	232

## 7.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX DU SÉCHAGE

La technique du séchage des denrées alimentaires est **la plus répandue et la plus ancienne des méthodes de conservation** des produits périssables (carnés ou végétaux). Son usage est communément partagé de par le monde, notamment pour la conservation des céréales et légumineuses, mais ce procédé est de plus en plus répandu et a été utilisé de longue date pour transformer **des fruits** (spécialement les mangues, les bananes, les canneberges, les raisins, les abricots, les prunes, les figues, les pommes, etc.) et **des légumes** (surtout la tomate, mais aussi les aubergines, les poivrons et piments, les gombos, les courgettes, etc.).

Ainsi, dans de nombreux pays, les légumes séchés abondent sur les marchés traditionnels et attirent un grand nombre de clients en raison de leur saveur et du goût qu'ils donnent aux plats.



Les tomates séchées, confites ou non dans l'huile, connaissent un très grand succès

Les fruits séchés peuvent être définis comme des produits **préparés à partir de fruits sains et mûrs**, traités soit par séchage au soleil, soit par toute autre méthode reconnue de déshydratation. Les fruits séchés sont généralement consommés tels quels (produit de bouche) ou ils peuvent entrer dans la composition d'autres produits alimentaires, comme des mélanges de céréales (produits composés : céréales avec mangue séchée, p. ex., comme les mueslis ou les barres). En Europe, la mode est à la consommation de chips de légumes produits au four ou au micro-onde, sans huile, et de cocktail de fruits séchés (de préférence bio).



Mangue séchée

Barres de céréales avec mangue et coco

### 7.1.1. Le principe de la conservation repose sur une baisse de l'activité de l'eau

Le procédé de conservation utilisé dans le cas des produits séchés est la **déshydratation** obtenue par le «**séchage**». Dans le domaine scientifique, des termes plus précis sont employés, selon le degré de déshydratation (partielle, totale, voire anhydre), selon les méthodes employées (séchage par évaporation, lyophilisation par sublimation, etc.) ou selon les domaines (déshydratation en médecine, dans l'alimentation, etc.).

#### ON DISTINGUE LES TROIS TERMES SUIVANTS.

**La déshydratation**, qui désigne, de manière générale, la perte de l'eau d'un corps.

**La dessiccation**, qui est un procédé d'élimination de l'eau d'un corps à un stade poussé. Il s'agit d'une déshydratation visant à éliminer autant d'eau que possible. Ce phénomène peut être naturel ou forcé.

**La lyophilisation** (ou cryodessiccation), qui est la dessiccation d'un produit préalablement congelé, par sublimation. Elle consiste à retirer l'eau d'un produit liquide, pâteux ou solide, à l'aide de la surgélation, puis à effectuer une évaporation sous vide de la glace sans la faire fondre.



Le procédé appelé «séchage» consiste à **retirer l'eau considérée comme excédentaire** qui est présente dans le fruit.

Nous l'avons dit, la **présence d'eau** dans le produit est la condition la plus déterminante pour qu'aient lieu les réactions chimiques et biochimiques, et donc pour la survie et la multiplication des micro-organismes dans une matrice donnée. Pour être métaboliquement actif, tout organisme ou micro-organisme a besoin d'une certaine quantité d'eau disponible (accessible). Or, il est possible de rendre

cette eau indisponible pour les réactions physiologiques, soit en la retirant (par la déshydratation), soit en la liant à certaines matières comme le sucre ou le sel (matières qui sont hygroscopiques, qui retiennent l'eau par absorption ou par adsorption). Dans les fruits séchés, la baisse de l'activité d'eau est généralement due uniquement à la déshydratation, aucun ingrédient sucrant n'étant couramment ajouté. Quand des matières sucrées sont ajoutées, le produit final se rapproche plus d'un fruit confit.

Pour extraire une partie importante de l'eau contenue dans le produit par évaporation dans l'air environnant, il faut fournir de l'énergie (énergie d'activation<sup>36</sup>) et, grâce à cette énergie, faire en sorte que cette eau migre au sein du produit, se transforme en surface en vapeur d'eau et soit entraînée par l'air extérieur. Suivant les conditions climatiques locales, il est fait appel soit au soleil et/ou au vent chaud, soit à la chaleur d'un foyer à combustion.

Le séchage permet de faire baisser un paramètre important dans la conservation des aliments : l'activité de l'eau ( $Aw$ ). Pour rappel, l'activité de l'eau d'un produit est toujours inférieure ou égale à 1. Lorsque l'eau contenue dans un produit a une activité proche de 1, elle s'évapore comme de l'eau pure à l'air libre. Par analogie, celle-ci est appelée eau libre. Lorsque l'activité de l'eau d'un produit est inférieure à 1, cela signifie que toute l'eau présente dans le produit contribue à la stabilité des constituants chimiques du produit par des liaisons plus ou moins fortes. Pour qu'un micro-organisme ou une réaction chimique puisse mobiliser cette eau, il faut qu'il fournit une énergie suffisante pour rompre les liaisons existantes. Il en est de même pour enlever de l'eau par séchage. On parle alors «d'eau liée».

Toutefois, si, dans un premier temps, la baisse de l' $Aw$  va permettre de diminuer l'activité des micro-organismes et des enzymes, cela peut ensuite favoriser d'autres réactions comme l'oxydation des lipides ou même la réaction de Maillard<sup>37</sup>.

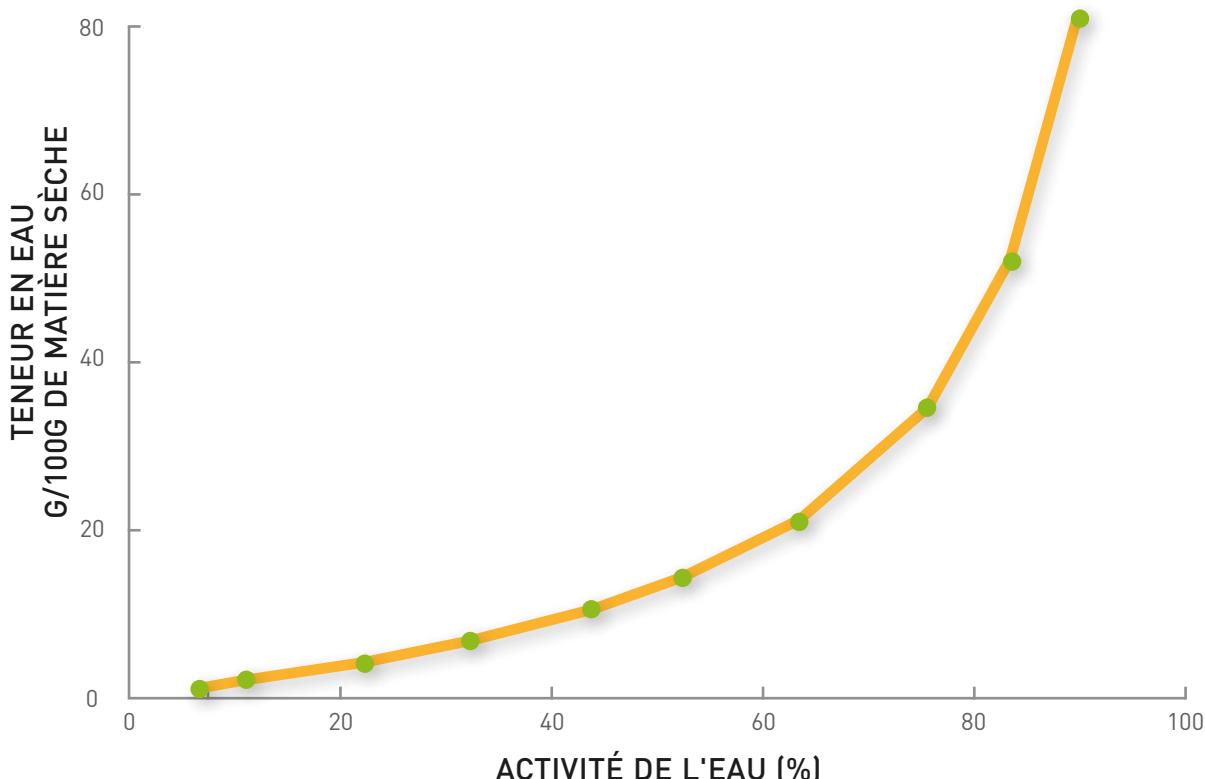
En ce qui concerne la mangue fraîche, par exemple, plus de la moitié de l'eau peut être considérée comme libre. La teneur en eau pour une bonne conservation (valeur cible de l' $Aw$  proche de 0,6) est de l'ordre de 14 g d'eau pour 100 g de mangue séchée (Rivier et al., 2009). La relation entre la teneur en eau et l' $Aw$  pour une variété et une maturité de mangue est représentée ci-dessous.

---

36 Énergie qui doit être apportée à un système chimique pour que la réaction ait lieu. Cette énergie est de nature thermique.

37 La réaction de Maillard est l'ensemble des interactions résultant de la réaction initiale entre un sucre réducteur et un groupement aminé. Cette réaction a une importance énorme dans la chimie des aliments. Elle est la responsable principale de la production des odeurs, des arômes et des pigments caractéristiques des aliments cuits (brunissement non enzymatique typique des produits chauffés). Elle peut aussi donner naissance à des composés cancérogènes et également réduire la valeur nutritionnelle des aliments en dégradant des acides aminés essentiels.

Exemple d'isotherme de désorption de mangues à 30 °C. (présenté par Rivier *et al.*, 2009)



Source : J. Telis-Romero, M.N. Kohayakawa, JR.V. Silveira, M.A.M. Pedro et A.L. Gabas,  
 « Enthalpy-Entropy compensation based on isotherms of mango »,  
*Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(2), 2005, pp. 297-303

Selon ces auteurs, cette courbe est donnée à titre d'exemple et toute différence de composition peut la modifier, notamment des différences de concentration et de composition en sucres (glucose, fructose) dans les fruits.

### 7.1.2. Principe du séchage

Le principe utilisé lors du séchage des fruits et servant à abaisser l'activité d'eau est de mettre un produit présentant une certaine humidité en **contact avec un courant d'air chaud plus sec** que le produit.

Bien sécher, c'est pouvoir maîtriser **trois paramètres fondamentaux**.

1. **La capacité de l'air environnant** (appelé aussi air d'entraînement) à **absorber la vapeur d'eau** dégagée par le produit. Cette capacité dépend du pourcentage de vapeur d'eau déjà contenue dans l'air avant son arrivée dans le séchoir et de la température à laquelle il a été porté. **L'humidité relative de l'air** est un paramètre important pour le séchage. Il s'agit d'un rapport entre la pression de vapeur d'eau contenue dans l'air et la quantité maximale que l'air peut contenir dans ces conditions (pression, température).

Autrement dit, pour que le processus de séchage ait lieu, il faut donc que l'humidité relative de l'air soit plus basse que l'activité d'eau en surface du produit. Il peut arriver que l'air atmosphérique soit trop humide pour effectuer le séchage, principalement pendant la saison des pluies où l'air est chargé en humidité. C'est l'une des raisons pour lesquelles il faut chauffer l'air pour réaliser le séchage.

Le fait de chauffer l'air va permettre d'augmenter la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir; à l'inverse, faire baisser la température va faire baisser cette quantité. Cette différence explique pourquoi, à une même humidité relative ou même niveau de saturation en eau, l'air froid est plus sec que l'air chaud.

2. L'énergie thermique apportée qui chauffe le produit et provoque la migration de l'eau vers la surface et sa transformation en vapeur d'eau. Durant le séchage, lorsque l'on chauffe l'air, cela permet de faire baisser l'humidité relative et d'augmenter le pouvoir évaporatoire de l'air en augmentant la quantité d'eau que l'air peut capter avant saturation.

La différence de gradient de pression entre le produit et l'air va induire un transfert d'eau (ou transfert de masse) à partir du produit vers l'air qui est plus sec.

Pour qu'il puisse avoir lieu, ce transfert de masse nécessite cependant un apport d'énergie sous forme d'un transfert de chaleur. Cet apport de chaleur peut provenir de différentes sources (rayonnement du soleil ou électromagnétique, surface chauffée, convection à partir d'un fluide).

Lorsque l'air chaud va passer sur les fruits placés dans le séchoir, ce dernier va transmettre une partie de sa chaleur au produit, il va donc y avoir un transfert de chaleur depuis l'air chaud vers le produit, qui va lui-même entraîner un transfert de masse depuis le produit vers l'air. Ce transfert de masse correspond en réalité au transfert d'eau du produit vers l'air plus sec.

Le produit va donc devenir de plus en plus sec et léger au cours du séchage. Ce mécanisme se déroulant dans les séchoirs est appelé «séchage par entraînement», l'eau étant évaporée sans qu'il n'y ait d'ébullition.

**Le transfert d'eau du produit vers l'air se fait en périphérie du produit.** Il y a donc un transfert interne de l'eau, depuis le milieu du produit vers la périphérie. Cependant, plus l'on avance dans le processus de séchage, plus l'épaisseur de la zone sèche en périphérie est importante. **Cela va donc demander de plus en plus de temps à l'eau pour arriver en périphérie** (la vitesse de séchage diminue avec le temps donc).

Au début du séchage, lorsque l'eau est disponible en périphérie, l'apport de chaleur par l'air disponible pour le transfert de chaleur est le facteur limitant du séchage. Mais à la fin du séchage, le temps de migration depuis le centre du produit devient le facteur limitant.

3. La vitesse de cet air au niveau du produit qui, surtout en début de séchage, doit être élevée (jusqu'à une certaine limite) de manière à accélérer l'entraînement de la vapeur d'eau. Il faut pouvoir sécher suffisamment rapidement (pour éviter le pourrissement du produit), mais pas trop vite (une croûte risque alors de se former en surface) ni à trop haute température (le produit se dénature, noircit).

Dans de nombreux modèles de séchoirs, aucun système de ventilation d'appoint n'est ajouté au séchoir. L'air s'écoule donc de manière naturelle sur les produits, on parle de «convection naturelle».

Pour améliorer le transfert de chaleur de l'air vers le produit et le transfert d'eau du produit vers l'air, il peut être plus intéressant d'utiliser un système permettant d'augmenter la vitesse d'écoulement de l'air (ventilateur).

En effet, lorsque ce procédé n'est pas mis en place, l'écoulement est laminaire, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'effet de mélange. Les échanges ne se font donc que via la couche limite **par conduction**.

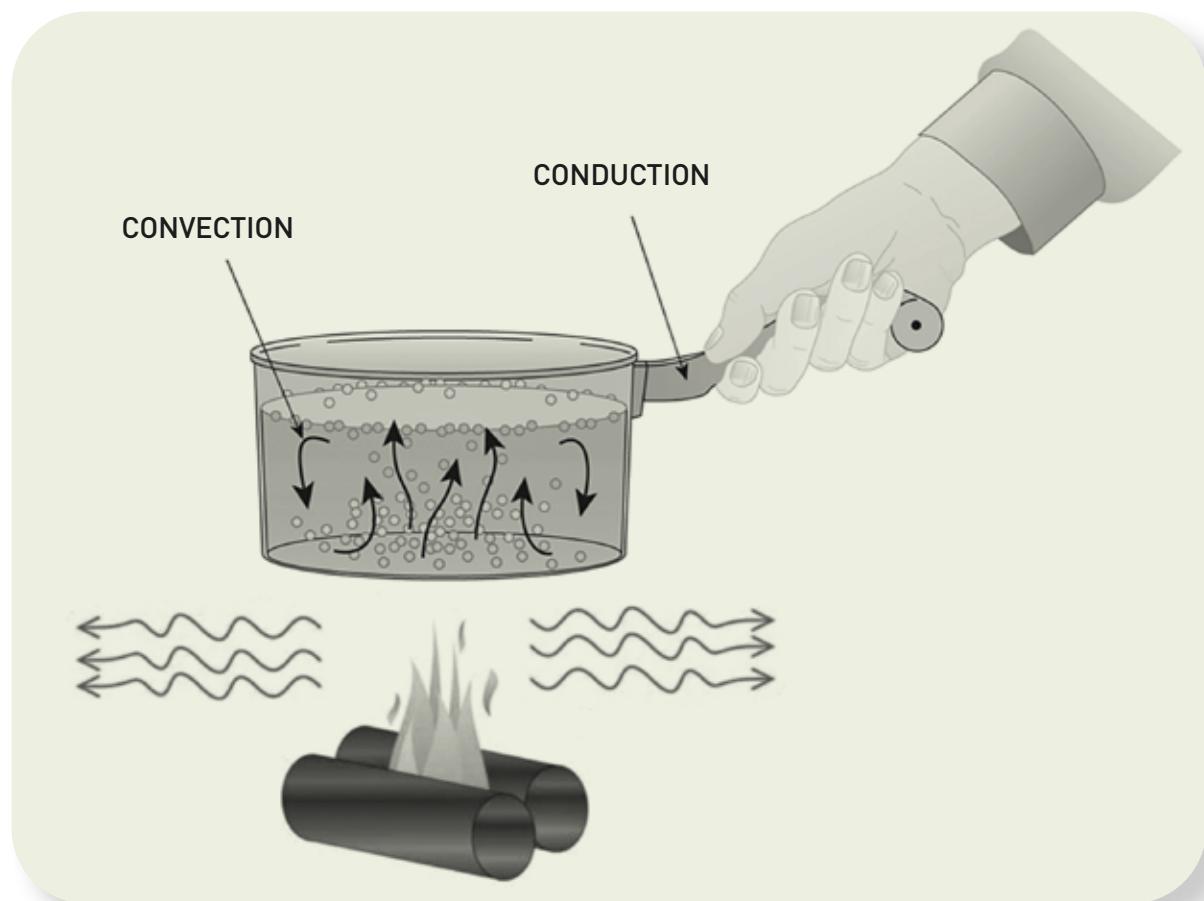
Or, lorsque l'on augmente la vitesse d'écoulement, par exemple, en utilisant un ventilateur, l'écoulement devient turbulent et les mécanismes d'échange se font par **convection**. Les transferts de chaleur réalisés par convection étant plus efficaces que par conduction, le ventilateur permet d'homogénéiser les flux d'air dans le séchoir, et par conséquent d'augmenter l'efficacité et l'homogénéité de ce séchoir.

## CONDUCTION ET CONVECTION ?

La **conduction thermique**, également appelée diffusion, se produit dans un corps ou entre deux corps en contact.

La **convection thermique** dépend du mouvement de la masse d'une région de l'espace à une autre. La convection de la chaleur se produit lorsque le flux en vrac d'un fluide (gaz ou liquide) transporte de la chaleur avec le flux de matière dans le fluide.

i



### 7.1.3. Facteurs qui influencent le séchage

Le séchage sera conditionné par la quantité d'eau disponible dans le fruit, c'est-à-dire par son Aw de base. Le séchage sera ainsi de plus en plus long à réaliser à mesure que le séchage avance, que l'eau libre est évaporée et que l'on tente de retirer l'eau liée. Pour rappel, pour rompre les liaisons liant l'eau, il faut amener une énergie supérieure à ces liaisons, la quantité d'énergie nécessaire au séchage devient donc de plus en plus importante si l'on essaye de sécher fortement les produits.

Le schéma de séchage peut être divisé en quatre phases :

- **phase 0**: montée en température du produit jusqu'à la température d'évaporation en surface ;
- **phase 1** : évaporation de l'eau libre en surface à vitesse constante, migration de l'eau depuis le centre du produit ;
- **phase 2** : ralentissement du séchage, migration plus difficile de l'eau depuis le centre, car périphérie plus sèche ;
- **phase 3** : souvent couplée à la phase 2, évaporation de l'eau liée.

Pour les phases 2 et 3, on observe une montée en température du produit : cela peut causer l'apparition du phénomène de brunissement non enzymatique. Il est donc primordial de ne pas chauffer trop les produits durant ces phases. **Cela explique pourquoi la température doit être diminuée au cours du séchage.** En effet, lors d'une montée en température trop forte, les sucres réducteurs et les acides aminés qu'ils contiennent (ex. : lysine) réagissent (réaction de Maillard), ce qui entraîne la formation de composés bruns-noirs (mélanoïdines) et le développement de molécules aromatiques. Le chauffage peut donc avoir un impact sur la couleur, l'odeur et le goût du produit<sup>38</sup>.

Hormis les trois paramètres dont nous avons parlé, il faut aussi, pour bien conduire l'opération de séchage, prendre en compte les caractéristiques du produit frais (on ne sèche pas un poisson gras comme un légume-feuille), se demander quelles doivent être celles du produit final (texture, couleur, goût spécifique).

Bien maîtriser un processus de séchage, c'est aussi contrôler la qualité des produits frais et secs, à l'amont et à l'aval du séchage lui-même (approvisionnement en produits frais, tri de ces produits, parage, prétraitements, stockage aval, contrôle du produit sec, éventuelle incorporation d'agents de saveur et de conservation, conditionnement, stockage en amont, éventuellement chaîne de distribution...).

---

38 Cette formation de composés colorés et aromatiques peut être favorable pour certains aliments comme le pain, le café ou le cacao. Cependant, pour la production de fruits séchés, ces composés sont indésirables et il faut éviter que la réaction de Maillard puisse se produire.

#### 7.1.4. La dégradation enzymatique due au séchage

La baisse de l'activité d'eau entre 0,60 et 0,65 empêche l'activité microbienne, mais ne suffit pas pour supprimer l'activité des enzymes.

Pour rappel, les enzymes sont **des protéines naturellement présentes** dans chaque être vivant. Certaines enzymes peuvent avoir un effet de dégradation sur certaines molécules présentent dans le produit. Si les enzymes sont laissées intactes dans le produit, un phénomène de dégradation enzymatique peut apparaître, c'est-à-dire une **détérioration organoleptique du produit** (principalement goût et couleur) due à l'activité des enzymes présentes et à leurs effets sur les composants du produit.

Pour supprimer cette activité enzymatique, le traitement le plus efficace est **le traitement par sulfitage au dioxyde de soufre** (déjà présenté dans ses principes et pour ses inconvénients dans un autre chapitre).

D'autres procédés peuvent être utilisés pour arrêter ou ralentir le processus de dégradation enzymatique.

- **Le blanchiment**, opération qui consiste à tremper les fruits dans de l'eau chaude pendant quelques minutes. Ce procédé permettrait en outre un séchage plus rapide des fruits. Toutefois, les fruits ne se prêtent pas toujours au blanchiment, car cela les rend moins manipulables, et entraîne des pertes de composés nutritionnels et aromatiques solubles dans l'eau (beaucoup plus nombreux dans les fruits que dans les légumes).
- **L'acidification**, souvent réalisée à l'aide d'acide citrique (pouvant provenir du jus de citron), mais son efficacité est moindre par rapport à la sulfuration ou au blanchiment, ce procédé ne permettant que de **ralentir le brunissement**, pas de l'empêcher. Ce procédé peut également être utilisé en complément du blanchiment.

## 7.2. LES TYPES DE PRODUITS

### 7.2.1. Présentation des produits

Pour les pays ACP, les fruits séchés dominent largement le marché par rapport aux légumes (alors qu'en Turquie et au Moyen Orient existe un large marché traditionnel de légumes séchés). Ces produits se différencient surtout **par la découpe subie** avant séchage. On pourra ainsi trouver des produits séchés (surtout des fruits) :

- entiers,
- en tranches,
- en morceaux.

Le choix entre ces différents formats dépendra principalement du type de fruit traité.

Il est à noter que, dans certains pays, **des compotes<sup>39</sup>, ou des purées de fruits ou de légumes sont également séchées et appelées «cuirs»**. Une purée liquide homogène (avec ou sans ajout de sucre ou de miel) est étalée sur un plateau couvert d'un papier type Paraflexx (Teflon), déshydratée et séchée sous forme d'une galette aplatie. Celle-ci est découpé en lanières ou en morceaux. Le produit final a une épaisseur et une consistance semblables à celles des lanières de cuir (d'où l'appellation anglaise *fruit leather*).



Exemple de «cuir de fruit»  
(ici une purée defraises, déshydratée  
et découpée en lanières qui sont roulées)

Tranches d'ananas séchées

<sup>39</sup> On parle de «compote» quand les fruits sont coupés en quartiers ou écrasés, cuits avec de l'eau et du sucre. Quand les fruits sont simplement broyés à l'aide d'un mixeur, sans cuisson, on parle de «purée». Quant au «ketchup» (le plus souvent de tomates), il contient, en plus des fruits, du vinaigre, du sucre, du sel, du piment, des clous de girofle et même de la cannelle (pour le goût américain) ou des oignons et du céleri (pour le goût méditerranéen); d'autres épices sont aussi fréquemment ajoutés au ketchup.

### 7.2.2. Sulfitage

L'un des moyens utilisés pour différencier les produits se fait également sur base du procédé de pré-séchage, et notamment sur la présence ou non d'un **procédé de sulfitage**. Ce traitement peut être appliqué de différentes manières, par immersion ou par exposition à des vapeurs de SO<sub>2</sub> (on brûle du soufre solide et les fumées font venir se déposer sur le fruit).

En effet, cette étape du processus aura un effet important sur la durée de conservation du produit. On considère que les produits n'ayant subi aucun traitement peuvent se conserver trois mois avant de présenter une détérioration du goût ou de la couleur. Pour des durées de conservation supérieures, il est nécessaire de mettre en place un procédé de conservation supplémentaire (ex.: produits séchés, comme les tomates confites dans l'huile).

Dans le cas des produits séchés, le sulfitage a pour but premier de préserver la couleur des fruits en empêchant le brunissement enzymatique, de préserver la flaveur en améliorant la rétention des composés aromatiques, et d'éviter les pertes nutritionnelles. Mais le sulfitage jouant également un rôle de conservateur envers les micro-organismes, une teneur en eau relativement haute peut être tolérée dans les produits séchés (ex.: tranches ou morceaux d'ananas séchés). Ces produits sont alors présentés comme étant des fruits à chair tendre ou à teneur en eau élevée.

Le tableau ci-dessous montre la différenciation des produits suivant le procédé de fabrication (avec et sans sulfitage) qui impacte notamment la teneur en eau tolérée dans les produits séchés.

	Teneur maximale en eau tolérée sans sulfitage	Teneur maximale en eau tolérée avec sulfitation
Mangues	15 %	15 à 35 %
Abricots	20 %	25 %
Papayes	18 %	18 à 25 %
Ananas	20 %	20 à 44 %

Mais le sulfitage laisse, sur et dans le produit, des résidus de sulfites (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) qui sont problématiques, car ils sont considérés et classés comme un allergène. En réalité, les sulfites ne causent pas de véritables réactions allergiques, mais ils sont intégrés aux allergènes prioritaires parce que des symptômes semblables à ceux des allergies peuvent se manifester chez les personnes qui y sont sensibles. Pour cette raison, en Europe, la déclaration de la présence de sulfites (E220 à E228) dans les aliments est obligatoire dès lors que leur concentration atteint 10 mg/kg<sup>40</sup>.

40 Des concentrations de sulfites dans les raisins secs, les abricots, les pruneaux, les bananes, les pommes ou les dattes séchées peuvent atteindre de 500 à 1 000 milligrammes par kilo.

### 7.3. SCHÉMA GÉNÉRAL DE PRÉPARATION DES PRODUITS SÉCHÉS

Bien que, pour chaque type de produit, des étapes particulières ou supplémentaires soient justifiées et nécessaires dans le processus (ex.: mûrissement des fruits, dénoyautage...), il est malgré tout possible de présenter un processus général pour la fabrication des différents types de fruits et légumes séchés. Des opérations annexes seront également envisagées pour traiter, par exemple, les écarts de tri ou les sous-produits (ex.: épluchures, noyaux), ou simplement pour traiter les eaux usées qui ont servi au lavage des fruits.

Les points d'attention aux principales étapes vont être rappelés brièvement.

Schéma général du processus



### 7.3.1. Étape de récolte

Une attention toute particulière doit être apportée aux fruits dès la récolte si l'on souhaite obtenir un produit de qualité. C'est lors de la période de récolte (qui change en fonction notamment des variétés) qu'à lieu la cueillette des fruits. Quel que soit le produit et quelle que soit sa provenance, le moment de la cueillette revêt une importance décisive. En effet, celle-ci s'opère au seuil de la maturité idéale des fruits. Lors de la récolte, il est donc important de **bien sélectionner les fruits** afin de choisir les fruits **à leur stade de maturité optimale**, lorsque les taux de sucre et d'arômes sont au plus haut, c'est-à-dire quand leurs propriétés nutritionnelles et gustatives sont optimales. Par exemple, dans le cas des mangues, il faut éviter de cueillir les fruits trop verts, ceux qui ne sont pas arrivés à maturité. Il faudra que le responsable des opérations de récolte mesure le degré de maturité du fruit (pour rappel, la couleur du fruit n'est pas nécessairement un critère objectif, car elle dépend aussi de la place du fruit dans l'ensemble des branches et donc de l'ensoleillement reçu). C'est pareil pour les figues, qui doivent également être récoltées très mûres. C'est pourquoi un premier tri a lieu sur place, au moment de la récolte et avant leur transport (de préférence en cagettes) vers la station de transformation.

#### 7.3.1.1. Exemple de critères pour sélectionner des mangues destinées au séchage

Les mangues à acheter pour le séchage doivent être triées au bord du champ après la cueillette. Seules les mangues à maturité doivent être retenues. Les mangues blessées, vertes, très mûres doivent être écartées. À maturité, les fruits sont bien pleins avec une peau lisse, saine et brillante, le pédoncule bien enfoncé dans la base du fruit. La coloration de la pulpe varie du jaune clair au jaune foncé en fonction des variétés. Les **critères d'appréciation de la maturité** de la mangue se présentent comme suit (avec des variations selon les variétés) :



M I: correspond au fruit vert immature

M II: correspond au stade d'enclenchement de la maturité

M III: stade où l'évolution de la maturité présente une coloration jaune clair de la chair



M IV: la coloration du fruit est jaune-orangée

M V: la coloration de la pulpe est jaune orange

M VI: correspond à des fruits mûrs

Source : «Le Guide du sécheur de la mangue» (version 3), PAFASP, Burkina Faso

D'après le guide du PAFASP, si les mangues doivent être stockées pour la production de fruits séchés plus d'une semaine, il est conseillé d'acheter des mangues aux stades M III à M V. La maturité du séchage correspond au degré de maturité M VI pour la variété Amélie<sup>41</sup> et MV, M VI pour la variété Brooks (optimum de qualité). À ces stades, la mangue est bonne à manger. C'est aussi ces stades qui sont recommandés pour le séchage.

La **formation des responsables de récolte** (et leur expérience) et la sensibilisation des récolteuses ou récolteurs sont donc primordiales pour la sélection et la cueillette des fruits, notamment pour minimiser les dommages causés aux fruits. En effet, lors de la récolte, via la manipulation des fruits et la manutention des caisses, de nombreuses lésions peuvent être causées aux fruits. Ainsi, on pourra observer l'**apparition de blessures** (coupures et perforations) grâce auxquelles bactéries et champignons vont pouvoir entrer dans le fruit et s'y développer, causant notamment l'apparition du phénomène de pourriture ou l'apparition de taches brunâtres sur les fruits séchés.

### LA MANGUE EST PARTICULIÈREMENT SENSIBLE.

**i** La mangue étant un fruit peu acide (pH 4,5), toute blessure de la peau est rapidement colonisée par des levures et des moisissures engendrant une modification du goût par fermentation. La présence trop importante de levures et de moisissures peut également rendre les produits non conformes. Lors des chocs reçus, des enzymes sont libérés dans les cellules, engendrant une altération rapide des fruits (modification de la couleur et de la texture).

41 Pour cette variété, à ce stade on doit voir aussi de petites boules brillantes de sève sur la peau des fruits.

### 7.3.1.2. Critères généraux pour sélectionner des fruits destinés au séchage

Bien qu'il soit impossible de généraliser, chaque fruit ayant son acidité, sa maturation et sa texture au moment optimum pour la récolte, on peut quand même retenir quelques critères qui permettent de se faire une idée grâce à des observations et des mesures.

Indice de maturation	Observations
La coloration de l'épiderme	Généralement, la cueillette est réalisée en déterminant les changements de couleurs de la peau.
La fermeté de la pulpe	La fermeté peut être aussi utilisée comme indice de maturité de certaines variétés.
Mesure des sucres	Ce taux de sucre est mesuré à l'aide d'un réfractomètre.
Mesure de l'acidité	La détermination de l'acidité du fruit permet de donner une indication sur la maturité.
Mesure de l'amidon	L'amidon contenu dans un fruit est transformé en sucre au cours de la maturation. On considère que la date de récolte correspond à la disparition de l'amidon du fruit.

### 7.3.2. Tri post-récolte, préparation des lots et lavage

#### 7.3.2.1. Réception et tri des produits

La réception des lots se fait après un transport depuis le champ ou le verger. Un bordereau de livraison contenant des informations sur la quantité, la variété et la provenance du produit permettra d'assurer la traçabilité des lots. L'utilisation de cagettes non seulement diminue les pertes dues à l'écrasement et aux chocs, mais facilite aussi le déchargement, le stockage au sein de l'unité de séchage et l'identification des lots. Les cagettes seront également pesées.

Dès l'arrivée des produits, un second triage visuel et au toucher est réalisé, d'après la couleur et la fermeté (des indices de maturité)<sup>42</sup>, le plus souvent en même temps que l'inspection visant à éliminer des matières étrangères et les fruits en mauvais état. Il est important d'écartier ceux qui présentent des traces de pourriture, de blessures, etc. En effet, des fruits abîmés, voire pourris, peuvent amener des défauts visuels ou gustatifs du produit final. Mais c'est également pour des questions d'ordre sanitaire qu'il est important de procéder à un second tri des fruits récoltés, car certaines moisissures, qui se développeraient pendant le stockage (nécessaire au mûrissement ou pour étaler la production), peuvent être responsables de la production de mycotoxines.

42 Un contrôle du goût est parfois aussi effectué. Dans le cas des mangues, il permet d'apprécier la saveur de la chair. La chair de la variété Amélie est acidulée tandis que celle de la variété Brooks est sucrée.

Les fruits qui sont écartés lors de ce tri peuvent ensuite être écoulés de différentes manières suivant le type de fruits dont il s'agit et éventuellement des causes de leur écartement (alimentation du bétail seulement s'ils ne présentent pas de risque sanitaire, compostage, biométhanisation, destruction...).

Dès la réception, il est également très important de travailler dans de bonnes conditions d'hygiène (propreté et désinfection des locaux ; lavage régulier des sols ; hygiène corporelle ; nettoyage des cagettes ; gestion des déchets ; etc.).

### *7.3.2.2. Constitution de lots en vue du séchage (allottement)*

Pour optimiser les étapes ultérieures et obtenir un **séchage uniforme**, il est également intéressant de trier, calibrer et **créer des lots homogènes**. Il s'agira de rassembler des fruits **de même calibre et de même niveau de mûrissement**, etc. (ex. : séparer les fruits trop mûrs, des fruits mûrs et des fruits non mûrs ; constituer des lots de mangues provenant d'un même site et au même stade de mûrissement). Dans le cas de la mangue, les fruits qui ne sont pas assez mûrs (ex. : critères de maturité M III, M IV et M V) seront stockés séparément après un simple essuyage, dans un local bien ventilé (pour éviter l'accumulation des composés volatils émis dans le local), pour leur laisser le temps de mûrir.

Cette phase est particulièrement importante, car elle permet :

- un séchage uniforme ;
- un meilleur contrôle des traitements ultérieurs : blanchiment et éventuellement sulfitage ;
- une bonne valorisation du produit (les meilleurs lots se vendant plus cher) ;
- une présentation de produits exempts de défauts au consommateur.

Le calibrage s'effectue manuellement, sur une table, dans les petites installations, ou sur un tapis à rouleaux pour les grands volumes.

À la suite du calibrage il est possible d'utiliser les fruits ne répondant pas aux critères fixés pour d'autres préparation (ex. : confitures).

### *7.3.2.3. Lavage*

Une fois triés, les fruits doivent être lavés, car leur surface porte naturellement des impuretés, des micro-organismes, des insectes, etc. Sans lavage, le couteau utilisé lors de l'étape suivante (le découpage) peut être contaminé par la surface puis contaminer la chair du fruit et des fruits suivants. Sans lavage, les mains et les vêtements du personnel seront également contaminés.



Lavage des mangues (source : « Guide d'exportation de la mangue fraîche du Burkina Faso », PAFASP)

Les fruits sont donc d'abord lavés à l'aide d'eau propre (donc pas nécessairement « potable ») pour retirer les impuretés présentes (poussières, terre, etc.), voire éliminer certains dépôts de résidus présents en surface. Il faut noter que ce lavage à l'eau ne permet pas de retirer les micro-organismes déjà présents.

Au stade familial, le matériel le plus employé reste le bac de lavage domestique. Au niveau artisanal, un bac muni de paniers en mousseline permet de récupérer facilement les produits propres. Dans les grandes entreprises, le lavage se fait dans de grands bacs.

Pour réduire la charge microbienne en surface des produits, il faut **les laver avec de l'eau javélisée** (15 minutes de contact avec une eau préparée à raison de 4 ml de Javel à environ 10% de chlore actif par 10 litres d'eau). Il sera alors nécessaire de rincer de nouveau les fruits, avec de l'eau potable, pour retirer toute trace d'eau de Javel<sup>43</sup>. À partir de ce moment, les fruits sont propres. Il convient de prendre les dispositions nécessaires pour **éviter toute recontamination par un manque d'hygiène** des lieux ou des personnes.

### 7.3.3. Préparation des produits en vue du séchage

En vue du séchage, trois opérations ont lieu successivement : **l'épluchage, le parage et le découpage**. Ces opérations préparatoires sont longues et mobilisent beaucoup de main-d'œuvre, car elles restent manuelles dans la majorité des cas.

#### 7.3.3.1. L'épluchage

L'épluchage permet d'enlever la peau (au moyen d'un couteau<sup>44</sup>) de certains légumes ou fruits qui freine l'évaporation de l'eau ou qui n'est pas comestible. L'épluchage et, éventuellement le dénoyautage, dépendent du type de fruit. Certains traitements permettent de faciliter l'épluchage manuel : le traitement des légumes à la chaleur humide (eau bouillante ou vapeur) permet de détacher la peau facilement après refroidissement. Une variante consiste à griller les légumes sur une flamme. Les vieux légumes sont beaucoup plus difficiles à éplucher, car leur peau se flétrit. D'où l'intérêt de travailler des produits dans un bon état de fraîcheur. Lors de l'épluchage, il est important de ne pas enlever trop d'épaisseur, car certains légumes concentrent les éléments nutritifs à la périphérie (cas de la pomme de terre). En outre, les pertes de matière sont plus importantes. Cette opération étant manuelle, les produits s'altèrent et brunissent en attente de l'épluchage. Il est donc souhaitable de conserver les légumes dans de l'eau salée (20 à 40 g de sel pour 1 litre d'eau) qu'il faut changer régulièrement afin d'éviter les contaminations microbiennes. D'autre part, ce trempage améliore la texture et facilite le séchage des légumes verts (épinard).

#### 7.3.3.2. Le parage

**Le parage**, réalisé à la main à l'aide de couteaux, permet de retirer les parties non comestibles du produit (ex. : les tiges, les fibres, les racines, les noyaux...), ainsi que les parties abîmées ou pas assez mûres.

43 L'eau de Javel est un produit chimique qui est dilué et vendu pour usage domestique. C'est un mélange d'eau et d'hypochlorite de sodium. Pour l'utilisation domestique et dans de nombreux milieux de travail, elle est habituellement vendue avec des concentrations d'hypochlorite de sodium variant de 3% à 10%. L'eau de Javel est corrosive, ce qui veut dire qu'elle **peut irriter ou brûler la peau ou les yeux**. Elle peut aussi corroder (détruire) les métaux. Mélangée à d'autres produits chimiques ou nettoyants (ex. : produits à base d'ammoniac), **elle peut produire des gaz toxiques** qui peuvent endommager les poumons ou être mortels. Il faut toujours faire preuve de prudence lorsque l'on utilise ce produit, porter des lunettes, des gants et ventiler les locaux.

44 L'utilisation de couteaux en acier inoxydable s'impose. Les couteaux en fer provoquent une altération de la couleur en **favorisant l'oxydation**.

### 7.3.3.3. Le découpage

Selon le CIRAD, le **découpage** est indispensable pour les légumes et fruits épais (tomate, pomme de terre, mangue, ananas) qui, sans cette opération, sécheraient trop lentement et s'exposeraient aux attaques des micro-organismes. Il existe différentes formes de coupe: en tranches, en cubes, en rondelles, en lamelles. Un même produit peut se présenter sous plusieurs formes. Par exemple, on trouve des oignons séchés en rondelles ou en lamelles. Pour la mangue, il existe plusieurs sortes de coupes: la coupe galette, la coupe frite, la demi galette. En fait, la présentation du produit doit répondre aux habitudes locales et aux préférences des consommateurs.

Cependant, la forme et la taille des morceaux influencent la durée du séchage. La découpe (parfois le tranchage, comme dans le cas de l'ananas), si elle est nécessaire, définit en effet la forme finale du produit et est déterminante pour l'étape de séchage. En effet, le type de découpe va déterminer la surface d'échange possible entre l'eau du produit et l'air ainsi que le temps nécessaire pour extraire l'eau du centre du produit. Cette étape détermine donc le temps de séchage du produit. Ainsi, le produit séchera plus vite avec une grande surface d'échange et une épaisseur faible. Les produits avec une découpe mince auront tendance à sécher plus vite, mais aussi plus fortement, ce qui peut rendre le produit trop dur (surtout sur les bords plus minces). Les produits plus épais auront tendance à rester plus «souples», mais ils demanderont un temps de séchage beaucoup plus long. Il est donc important de trouver un compromis entre les deux.

## LE DÉCOUPAGE EST CRUCIAL POUR LA QUALITÉ DU PRODUIT SÉCHÉ.

Pour un séchage homogène, il est important que les différents morceaux soient découpés de la manière la plus homogène possible (forme et épaisseur), mais il est important qu'un même morceau soit aussi découpé de façon homogène pour éviter d'obtenir un produit avec une partie plus mince, qui sera plus sèche, et une partie plus épaisse et insuffisamment sèche.



L'épluchage comme le découpage sont effectués sur une table prévue à cet effet. Les épluchures et les noyaux tombent sur la table et sont régulièrement poussées dans des seaux poubelles, à travers deux à trois trous pratiqués dans la table. Les produits épluchés sont déposés dans des plateaux en plastique pour l'opération suivante.

Les fruits clairs (ex.: banane) brunissent très rapidement durant cette opération. Pour limiter cette altération de la couleur, il est souhaitable de les couper à la dernière minute et de conserver les morceaux dans l'eau propre avec un jus de citron jusqu'à l'étape suivante qui doit intervenir rapidement.

### 7.3.4. Traitements de pré-séchage

Description, comme : le blanchiment, le sulfitage, l'apport d'acide, l'apport de sucre ou encore l'apport de produit gélifiant (ex. : pectine). Comme expliqué plus haut, le **principal objectif** de cette étape de traitement avant séchage est de détruire ou de stopper les enzymes responsables de la dégradation enzymatique. Ces traitements sont dits «optionnels», mais toutefois, sans traitement de pré-séchage, les produits finis auront une durée de conservation plus courte et devront présenter une teneur en eau plus basse.

#### 7.3.4.1. Le blanchiment

Ce traitement est facultatif, mais recommandé. Il sert à **améliorer la qualité** des produits finis et à **faciliter le séchage**. Le blanchiment consiste à tremper les fruits dans de l'eau bouillante pour que les fruits atteignent une température de 80 à 100 °C pendant quelques minutes (la durée varie selon le produit et la taille des morceaux découpés). Pour les fruits plus délicats, le blanchiment peut être réalisé en les arrosant avec un filet d'eau chaude. Tous les légumes ne peuvent pas subir ce traitement. C'est le cas des oignons et de l'ail qui perdent leur saveur piquante lorsqu'ils sont chauffés. Pour les légumes à feuilles, ce traitement n'est pas nécessaire.

Avantages comparés du blanchiment à l'eau et à la vapeur

(source : P. Dudez, *Le séchage solaire à petite échelle des fruits et légumes – Expériences et procédés*, GRET et CIRAD)

	Avec de l'eau	Avec de la vapeur
<b>Avantages</b>	Simplicité du matériel et coût d'achat peu élevé Traitement de grandes quantités facile. Il est aisément de trouver de grosses cuves Plus rapide que le blanchiment à la vapeur	Eau réutilisable 5 à 6 fois Utilise beaucoup moins d'eau Évite les pertes de nutriments solubles
<b>Inconvénients</b>	Perte importante de nutriments solubles Forte consommation d'eau même si celle-ci est réutilisable plusieurs fois	Le nettoyage des paniers métalliques est difficile Difficile d'obtenir un traitement uniforme Ne permet pas de traiter de grandes quantités parce que les couches de produits doivent être minces, ce qui demande beaucoup de place

Le blanchiment répond à plusieurs objectifs.

- Détruire une grande partie des micro-organismes présents dans le produit. Mais attention, de nouvelles contaminations sont fréquentes après le blanchiment si l'on ne respecte pas les règles d'hygiène.
- Rendre les cellules plus perméables, ce qui facilite l'élimination de l'eau lors du séchage.
- Ralentir la dégradation des aliments, en particulier de la couleur et de la valeur nutritionnelle (vitamine C et provitamine A, notamment).
- Améliorer la texture du produit à la réhydratation.

Plusieurs précautions doivent être prises pour cette opération si elle est effectuée (même source).

- Lorsque les légumes sont plongés dans la marmite, l'eau refroidit. Il faut alors attendre que l'eau bouille à nouveau, avant de chronométrier la durée de blanchiment.
- Veiller à l'homogénéité des lots. Si différentes tailles sont présentes, les plus petites seront trop bouillies, tandis que les plus grosses n'auront pas subi un traitement adéquat. La qualité du produit sera irrégulière.
- Ne pas prolonger excessivement la durée de trempage, sinon le légume perd de sa consistance, de ses vitamines et s'imbibe d'eau.
- Une fois le blanchiment terminé, refroidir rapidement dans l'eau froide pour ne pas trop cuire les légumes, puis les égoutter.
- Pour blanchir, la méthode la plus simple consiste à utiliser un filet en mousseline ou un panier en fil métallique que l'on trempe dans une marmite. Pour de plus grandes quantités, on peut utiliser un carré de gaze en liant les coins entre eux et en faisant une boucle. Pour manipuler la gaze, on passe un bâton dans la boucle

Il est connu qu'une **adjonction** dans la solution de blanchiment **d'acide citrique** ou même de **jus de citron** (des antioxydants) permet de mieux conserver la couleur du produit traité.

**1 BLANCHIMENT À L'EAU BOUILLANTE****2 BLANCHIMENT À LA VAPEUR****3 REFROIDISSEMENT À L'EAU FROIDE****4 EGOUTTAGE**

Le blanchiment à l'eau et à la vapeur (source : P. Dudez,  
Le séchage solaire à petite échelle des fruits et légumes – Expériences et procédés, GRET et CIRAD)

Si la montée en température permet de détruire les enzymes responsables de la dégradation enzymatique, elle va également avoir un effet sur les cellules du fruit en provoquant une rupture des parois cellulaires, rendant les fruits plus difficiles à manipuler. Cet inconvénient est l'une des raisons principales pour lesquelles le sulfitage est préféré au blanchiment.

#### 7.3.4.2. Le sulfitage

Le traitement de pré-séchage le plus couramment rencontré, car le plus efficace, est le sulfitage. Son principe et son intérêt a été expliqué plus haut. Le pré-traitement par sulfitage permet d'obtenir de bons résultats tant pour la conservation des qualités organoleptiques que nutritionnelles du produit. Toutefois, ce pré-traitement peut notamment entraîner des pertes de sucres et de vitamine C, et même entraîner l'apparition de goûts indésirables si le sulfitage est appliqué en excès.

Ce traitement peut être réalisé de deux façons.

- **Par immersion** (sulfitage humide) : les fruits sont directement plongés dans une solution de **métabisulfite de potassium** ( $K_2S_2O_5$ ), le produit le plus couramment utilisé. Ce composé, qui se présente sous la forme d'une poudre blanche cristallisée, est un agent conservateur qui doit être renseigné sur l'étiquette comme additif (code E224). Les fruits sont maintenus dans la solution cinq à dix minutes et ne sont séchés que 12 heures plus tard pour permettre aux sulfites de se répartir à l'intérieur du fruit.
- **Par fumigation** (sulfitage sec) : elle est réalisée en chambre close, souvent après la mise sur claies, à l'aide de vapeurs soufrées (**dioxyde de soufre** ou  $SO_2$ , dont la présence dans le produit fini doit également être indiquée sur l'étiquette : code E220).

Le soufrage dure entre 2 et 3 heures, voire plus. La fumigation est plus économique, mais il est plus compliqué d'estimer la quantité de sulfites réellement absorbées par le produit. La quantité de soufre à apporter dépend du mode de séchage utilisé (solaire ou non solaire)<sup>45</sup>.

Les vapeurs sulfurées étant nocives pour la santé, il est nécessaire de prendre des mesures pour protéger les opérateurs et les personnes se trouvant aux alentours du site de traitement.

Les sulfites font également partie des allergènes alimentaires majeurs. Ils peuvent donc avoir un effet négatif important sur la santé des consommateurs sensibles et leur présence doit être signalée sur l'étiquette du produit si la concentration est supérieure à 10mg/kg.

---

<sup>45</sup> Pour la fumigation de fruits séchés via des procédés non solaires, on considère généralement qu'il faut apporter 300 g de soufre par 100 kg de fruits pendant maximum 2 à 3 heures. Et presque 2 fois cette quantité quand le séchage est solaire.

#### 7.3.4.3. Apport d'acide, de sucre ou de pectine

L'ajout d'acide citrique ou de jus de citron ralentit l'apparition du brunissement, mais il faut éviter les excès sous peine de dégrader la vitamine C et le fructose. Toutefois, contrairement au sulfitage ou au blanchiment, l'acidification ne permet pas de supprimer l'activité des enzymes sur le long terme ; leur activité ne sera que freinée.

L'ajout de sucre diminue l'eau disponible et peut améliorer la couleur, la texture et le goût. Mais cette addition de sucre est compliquée à réaliser. Elle nécessite savoir-faire et équipements spécifiques.

L'ajout de 0,5 à 0,75% de pectine peut améliorer la texture (ex. : pour la mangue séchée), mais altère aussi le parfum du produit.

#### 7.3.5. Mise sur claies

Une fois prêts à être séchés, les fruits sont disposés sur des «claies» propres et sèches. L'étape de la mise sur claies est **une étape primordiale** pour le bon déroulement et l'optimisation du séchage des fruits.

Les claies sont, par exemple, composées de cadres en bois tissés avec de la cordelette plastique de dimension 0,7 m x 1,2 m (0,84 m<sup>2</sup>). Une toile moustiquaire est tendue sur le cadre pour y étaler les tranches de mangues.

Les morceaux ou les tranches déposés ne doivent pas se toucher afin de permettre à l'air de circuler à travers les claies. La quantité de fruit sur les claies doit être maximale, pour ne pas baisser la productivité du procédé, mais il faut absolument éviter que les tranches ou les morceaux ne se chevauchent. Quand une partie repose sur une autre, le risque est grand d'avoir une zone insuffisamment séchée. Cette zone ayant une activité de l'eau importante risque ensuite de se détériorer et/ou de favoriser la multiplication de micro-organismes potentiellement dangereux. Pour contrebalancer cet effet, le temps de séchage peut être augmenté ; cependant, cela risque non seulement de sécher excessivement d'autres parties du produit, mais aussi de nuire à la productivité.

#### 7.3.6. Séchage

Une fois disposés sur les claies, les fruits peuvent être séchés. Les claies chargées sont introduites dans le séchoir pour le processus d'élimination de l'eau contenue dans le produit. Le processus de séchage s'effectue pendant une durée allant de 18 à 24 heures, selon un régime bien défini. L'objectif est d'atteindre une valeur de Aw proche de 0,6.

Le principe du séchage a été décrit. Il existe différents types et modèles de séchoirs qui sont présentés ci-après. Le poste le plus coûteux est l'énergie consommée pour extraire l'eau du produit (ce poste représente 15 à 20% du coût de revient). On comprend dès lors l'importance du choix d'un type de séchoir dont le rendement énergétique varie.

### 7.3.7. Conditionnement

Après le séchage, les produits sont immédiatement déclayés et les morceaux sont décollés rapidement (dans l'heure) pour éviter que les fruits restent collés au tissu. Ils sont mis à refroidir et **un tri est ensuite réalisé**. En effet, les différences entre fruits, celles pouvant apparaître pendant le pré-traitement ou le traitement, etc., font que les produits obtenus après séchage ne sont pas tous de la même qualité. En séparant les produits finis en différentes «classes», on peut déterminer la finalité des produits et choisir le type de conditionnement adapté au marché ciblé.

Les produits **insuffisamment secs** seront de nouveau amenés au séchoir pour subir un séchage complémentaire.

Pour les produits dont le **séchage est terminé**, le tri permettra, par exemple, de distinguer trois classes de produits finis.

- **1<sup>er</sup> choix ou qualité supérieure**: souvent destiné à l'export et conditionné en petits formats (sachets de 100 g à 5 kg). Le produit doit avoir une couleur proche du produit frais, sans brunissement, avec un goût préservé et une découpe homogène. Pour les mangues, la forme standard est de 6 à 8cm x 3 à 5 cm pour une épaisseur de 2 à 4 mm. La valeur de ces produits est de plus du double de celle des deux autres classes.
- **2<sup>e</sup> choix**: souvent de même qualité que le premier choix, mais avec des problèmes de taille ou de forme des morceaux. Il est destiné au marché local, souvent conditionné en vrac et emballé à la demande.
- **3<sup>e</sup> choix**: fruits présentant des défauts, fruits trop secs, fruits bruns à la suite d'un séchage trop poussé, etc. Il est destiné au marché local, souvent conditionné en vrac et emballé à la demande.

Pour un produit de qualité, un conditionnement adapté est indispensable. En effet, le conditionnement va avoir un impact sur la qualité du produit tant organoleptique que sanitaire ou nutritionnelle. Il est donc primordial de bien choisir le conditionnement pour les fruits séchés. Ce dernier doit **empêcher les réactions d'oxydation, la reprise d'humidité et conserver les produits à l'abri de la lumière**.

Pour le **conditionnement primaire**, les produits séchés sont emballés en portions de format plus ou moins grand (100 g, 500 g, 1 kg...), souvent dans des emballages en polyéthylène (PE). Mais le sachet bicouche (polyéthylène/polyamide) est conseillé parce qu'il empêche le passage de l'humidité et de l'odeur.

Le **conditionnement secondaire** s'effectue dans des cartons. Il permet de regrouper les emballages primaires, de protéger l'emballage primaire ainsi que le produit de l'environnement extérieur, contre les chocs mécaniques, les déprédateurs, la poussière, et la lumière éventuellement. Il doit donc être rigide. Son gabarit et le nombre d'emballage primaire qu'il doit contenir, peut être défini par le client.

Le **conditionnement tertiaire** est la mise en palette ou en container des emballages secondaires, facilitant ainsi la manutention et le transport.

Les sachets et les cartons sont étiquetés manuellement. Le contenu des étiquettes peut être fourni par le client, mais de commun accord avec l'exportateur. L'opérateur doit éviter de surcharger l'étiquette et de la salir. Les écritures doivent être visibles et lisibles. L'étiquette doit permettre de connaître :

- la dénomination du produit,
- la date de fabrication ou date limite de consommation (DLC),
- le pays d'origine,
- le poids du produit,
- la composition du produit,
- le nom et l'adresse du producteur (le fabricant),
- le code d'enregistrement du lot de production (n° de lot).

Les sachets mis en carton sont ensuite stockés sur des palettes dans un local frais (température inférieure ou égale à 25° C), sans lumière vive et aéré, et à l'abri de l'humidité avant l'expédition. Le local de stockage doit être étanche aux insectes, ravageurs et tout autre parasite susceptible de contaminer le produit, à la poussière, régulièrement nettoyé et désinfecté.

Après plusieurs mois de stockage, les mangues peuvent perdre leur couleur. Elles pâlissent avec une tendance au brunissement. Cela peut être favorisé par les conditions de stockage (température et humidité élevées, très vive luminosité, etc.). Un contrôle de qualité de chaque lot est nécessaire avant l'expédition.

### 7.3.8. Critères d'appréciation de la qualité

Les normes à respecter pendant le contrôle dépendent généralement de ce cahier de charges qui, en plus de la qualité organoleptique et hygiénique, peut prendre en compte le respect de certains critères commerciaux.

#### 7.3.8.1. Contrôles sur le conditionnement

On vérifiera systématiquement sur chaque lot :

- la qualité de l'emballage (type de sachet, propreté, soudure, absence de trous, absence de corps étrangers, volume d'air);
- l'étiquetage, s'il est déjà réalisé (exactitude des données, propreté, emplacement et position de l'étiquette, collage);
- la qualité du produit (taille des morceaux, degré de séchage, consistance et degré d'agglomération, couleur);
- le poids ;
- le contrôle des sachets fermés est complété par le contrôle complémentaire d'un échantillon de sachets qui sont ouverts pour vérifier l'homogénéité du contenu.

### 7.3.8.2. Stabilité microbiologique du produit sec

Pour une bonne conservation, il est nécessaire que les différents morceaux de mangues et les différentes parties d'un même morceau aient une activité de l'eau suffisamment basse: une humidité du produit qui lui confère une stabilité dans le temps. Par ailleurs, les conditions que subit le produit au cours du séchage doivent limiter l'apport de micro-organismes exogènes et la croissance de ceux présents en surface. Pour cela, la période de séchage pendant laquelle la surface des produits est saturée en eau doit être particulièrement bien maîtrisée.

Un échantillonnage de 100 g pour 100 kg est, par exemple, prélevé pour analyse physico-chimique (pH; activité de l'eau Aw; taux d'humidité résiduelle; éventuellement recherche de résidus de pesticides et de mycotoxines) et microbiologique (indicateurs d'hygiène générale; indicateurs de contamination d'origine fécale; indicateurs d'altération).

### 7.3.8.3. Qualité organoleptique des produits

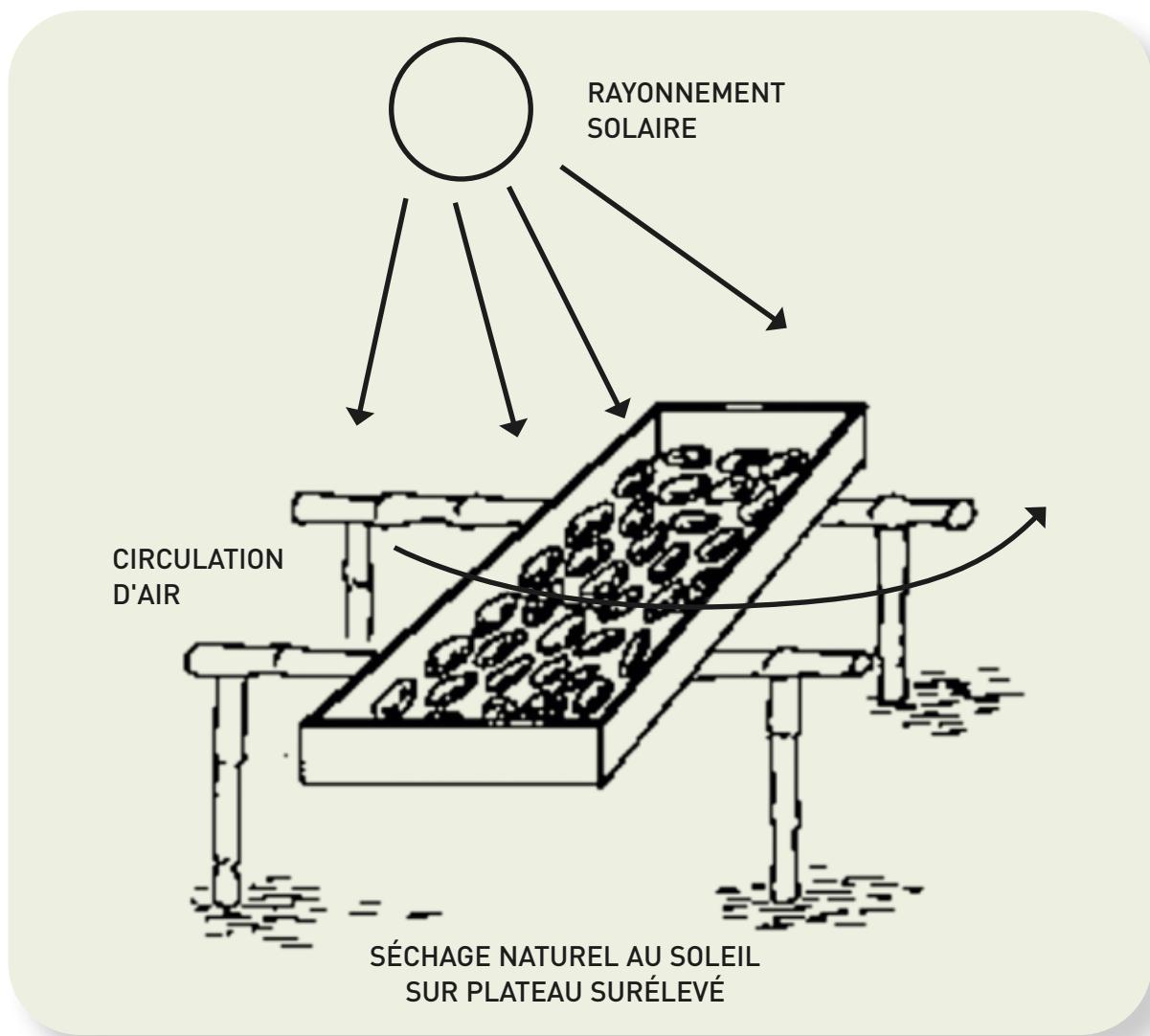
Des modifications d'aspect et d'arômes peuvent avoir lieu ou être provoquées par le séchage: réactions enzymatiques en début de séchage, réaction de brunissement non enzymatique (type «réaction de Maillard») en fin de séchage. Les caractéristiques organoleptiques dépendent de la variété. Par exemple, voici celles pour la mangue séchée.

Caractéristiques organoleptiques		Caractéristiques physico-chimiques	
Amélie	Brooks	Amélie	Brooks
Goût: doux légèrement acidulé	Goût: doux, sucré	Sucre: 76- 78 %	Sucre: 78- 82 %
Couleur: orange clair	Couleur: jaune orangée	Humidité: 12-18 %	
Consistance: séché souple	Consistance: séché, souple et plus ou moins mœlleux ou croquant.	Eau résiduelle: 0,55- 0,65 Aw à 20 °C	
Odeur: fruitée, typiquement mangue		Acidité: 2,5-3 %	
		pH: 3- 4	
		Fibre: 2-3 %	

Source: «Guide d'exportation de la mangue fraîche du Burkina Faso», PAFASP

## 7.4. CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTS SÉCHOIRS

### 7.4.1. Séchoir solaire



Les séchoirs solaires peuvent être de différents types.

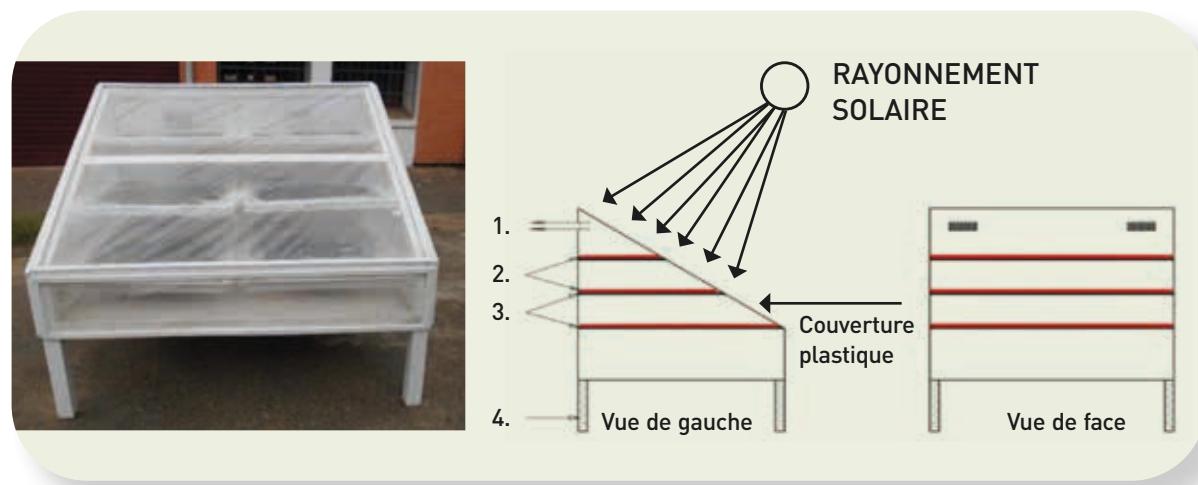
On retrouvera ainsi dans cette catégorie de séchoir **le séchage traditionnel**, qui consiste à placer les fruits sur des claies, des nattes ou des pierres et à les soumettre directement au rayonnement solaire.

Cette technique peut être améliorée assez simplement, en plaçant les fruits sur des plateaux surélevés pour favoriser la circulation de l'air.

Les coûts d'investissement sont très faibles pour ce genre de séchoir et cela peut convenir pour une petite production familiale. Toutefois, ces séchoirs traditionnels ne permettent **aucune maîtrise du processus**, la conduite du séchage dépendant exclusivement des **conditions climatiques**.

Ce type de séchage est long, demande de la main-d'œuvre pour retourner régulièrement les fruits, et les produits peuvent subir une dégradation de leur qualité (organoleptique ou nutritionnelle) à la suite de leur exposition directe au soleil. Il est d'ailleurs également possible de rencontrer un phénomène de réhumidification nocturne, en absence du soleil, ce qui va avoir tendance à allonger considérablement le séchage.

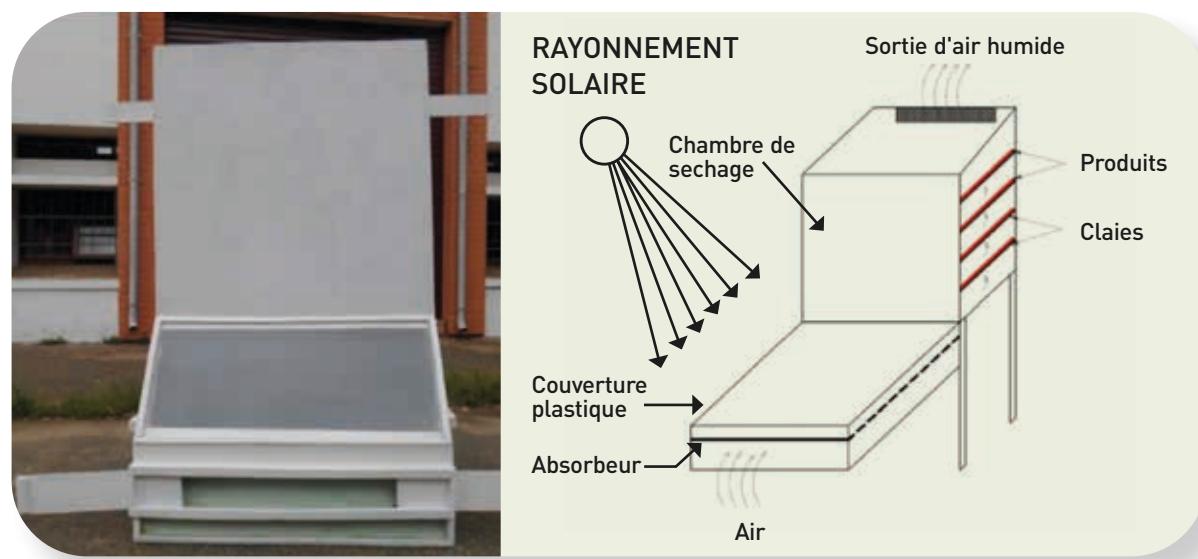
Pour éviter que des nuisibles, comme des insectes, ne viennent en contact avec le produit, ce qui est également l'un des plus gros désavantages des séchoirs traditionnels, il est possible d'ajouter une vitre ou une feuille de plastique transparent pour fermer le séchoir : on parle alors de **séchoirs solaires directs**.



Séchoir solaire direct (température dans le séchoir: 27 à 50 °C)  
1. Sortie d'air humide – 2. Produits – 3. Claies – 4. Support

Outre la protection apportée par le verre ou la feuille de plastique, un effet de serre va se développer dans le séchoir, ce qui augmente la température à l'intérieur du séchoir. Toutefois, ces modèles de séchoirs limitent la circulation d'air, ce qui entraîne un séchage moins efficace, et l'exposition directe au soleil est également responsable d'une baisse de qualité du produit.

Pour éviter une exposition directe au rayonnement du soleil et donc une baisse de qualité, il existe également des **modèles de séchoirs solaires indirects**. Ces modèles sont constitués d'un collecteur dans lequel rentre l'air qui va être chauffé grâce aux rayons du soleil. Cet air va ensuite monter par convection naturelle vers la chambre de séchage où sont disposés les fruits sur des claies.



Séchoir solaire indirect (température dans le séchoir: 24 à 37 °C)

Les séchoirs solaires bénéficient d'une énergie gratuite et renouvelable, ce qui permet de diminuer le prix de revient des produits. Toutefois, les différents modèles de séchoirs solaires présentent tous le désavantage d'être tributaires des conditions climatiques.

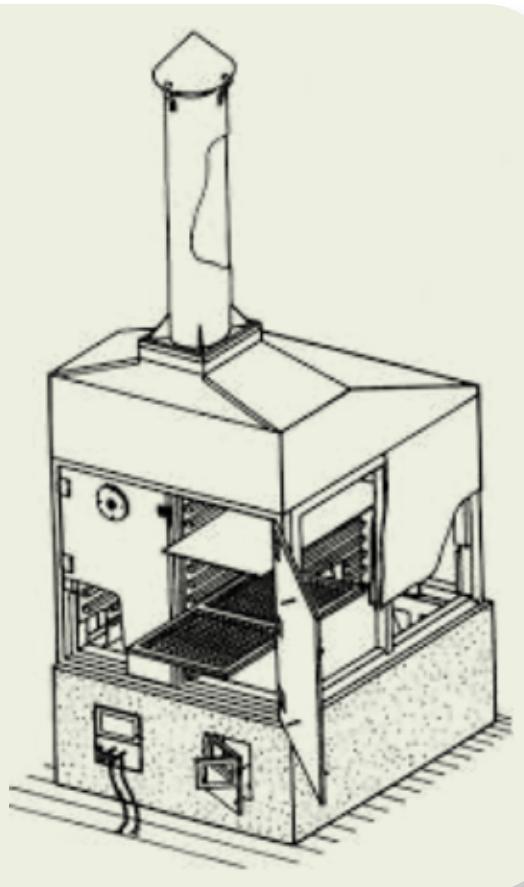
Leur efficacité dépendra ainsi de la quantité d'ensoleillement et de l'humidité de l'air. En région tropicale, ils ne peuvent souvent être utilisés qu'en dehors de la saison des pluies.

#### 7.4.2. Séchoir au gaz

Les séchoirs au gaz utilisent donc le gaz, généralement du butane, comme source d'énergie pour chauffer l'air et permettre le séchage.

Ces séchoirs utilisant des bonbonnes de gaz, des mesures de précautions doivent être prises pour éviter tout risque d'explosion ou d'incendie. Ces types de séchoirs (ex.: séchoir de type Céas Atesta – cf. Annexes) sont ceux le plus couramment rencontrés en Afrique de l'Ouest. Pour la plupart, ce sont des séchoirs à convection naturelle fonctionnant en lots (*batchs*).

Un brûleur sert à réchauffer l'air qui va ensuite passer à travers le (ou les) compartiment(s) supportant les claies avec les fruits séchés. Cet air va se refroidir et se charger en humidité au contact des fruits, il sera ensuite évacué par une cheminée.



Séchoir de type ATESTA

À noter que **des séchoirs hybrides existent**. Il est ainsi possible de chauffer l'air uniquement au gaz ou d'utiliser un collecteur d'air identique à celui utilisé dans les séchoirs solaires : **l'air sera ainsi préchauffé grâce au rayonnement solaire avant d'être chauffé au gaz**. La quantité de gaz nécessaire pour atteindre la température cible est donc réduite, tout comme les coûts.

La circulation d'air sur ce type de séchoir se faisant du bas vers le haut, les claies situées dans la partie haute sont donc en contact avec un air plus froid et plus humide que les claies situées dans la partie basse.

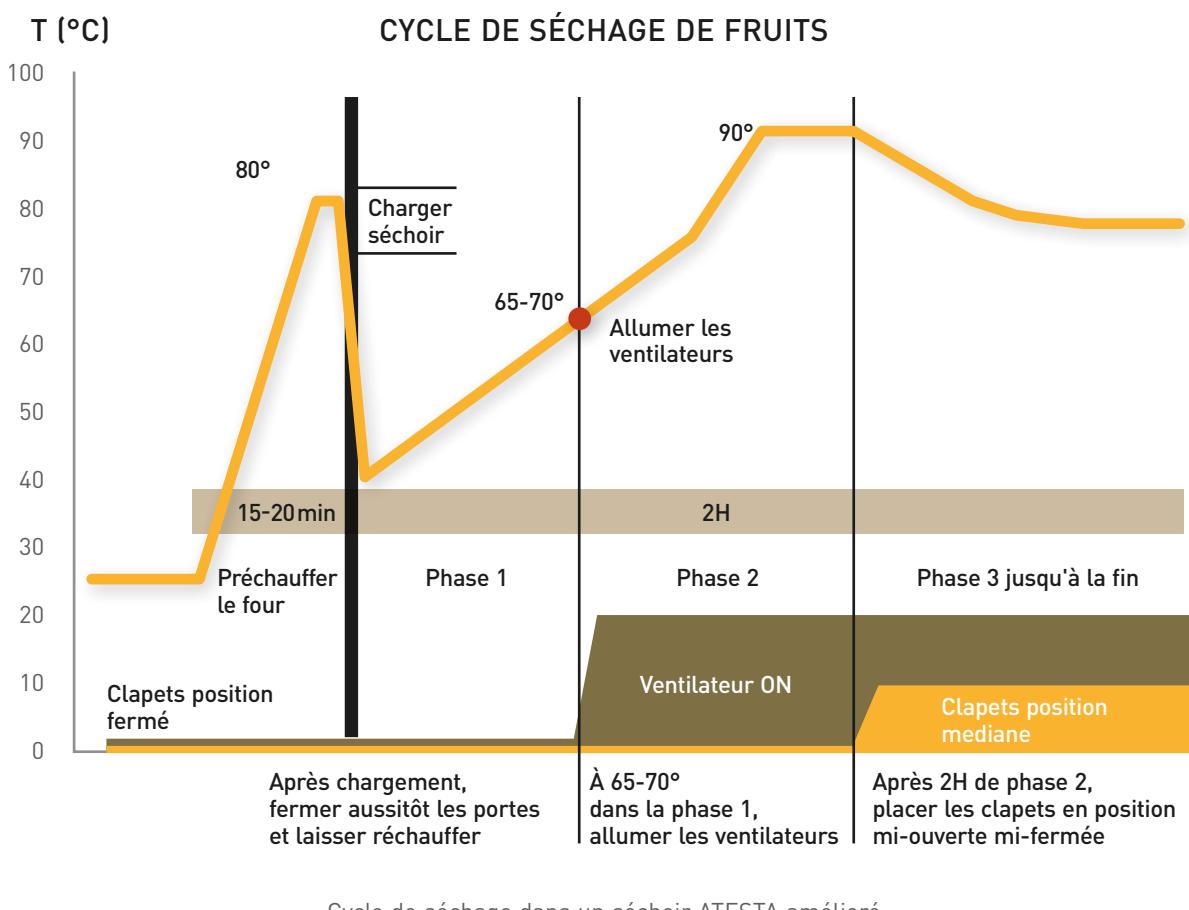
Pour éviter des différences trop importantes de séchage entre les deux parties, **les claies doivent être permutées périodiquement** (p. ex., toutes les deux heures) pour permettre un séchage homogène.

Par exemple, avec ce type de séchoirs, le séchage des mangues est réalisé sur 20 à 24 heures et est conduit en deux phases. La première phase dure de 10 à 12 heures à 80 °C et permet d'extraire l'eau libre contenue dans le fruit. Une seconde phase se déroule à une température comprise entre 40 et 50 °C et permet d'extraire une partie de l'eau liée (à noter que cette deuxième phase se déroule à une température inférieure pour éviter l'apparition du phénomène de brunissement non enzymatique ou réaction de Maillard).

Pour améliorer ce système de séchage, il est possible de passer dans un système à convection forcée grâce à une ventilation. Toutefois, ce système consommera plus de gaz et le risque d'extinction de la flamme sera plus grand.



Vue d'un séchoir ATESTA amélioré



### 7.4.3. Séchoir industriel

Les séchoirs couramment utilisés dans l'industrie fonctionnent selon le même principe que les séchoirs au gaz. Ces séchoirs utilisent le principe du séchage par entraînement. Cependant, ces derniers utilisent généralement l'électricité comme source d'énergie permettant de réchauffer l'air.

De nombreux séchoirs industriels ont également été développés pour permettre de **travailler en continu** et éviter l'effet *batch*, responsable d'une baisse de la productivité.

D'autres types de séchoirs industriels sont développés en reposant sur un autre type de séchage : **le séchage par ébullition**. Le principe consiste à enlever l'eau contenue dans le produit en lui transmettant suffisamment d'énergie pour s'évaporer. Les séchoirs utilisant ce mécanisme de séchage fonctionnent **généralement sous vide** pour permettre d'abaisser le point d'ébullition. Un apport de chaleur réduit est ainsi suffisant, l'eau contenue dans le produit pouvant s'évaporer dès 40 °C. D'autres modèles ont également été développés en utilisant les **micro-ondes** pour permettre l'évaporation de l'eau.

Ces nouvelles méthodes de séchage doivent permettre de diminuer grandement les temps de séchage et d'obtenir des produits séchés uniformément.

## 7.5. LES VÉRIFICATIONS À RÉALISER PENDANT LE PROCESSUS

Dans cette partie, **seuls les dangers qui sont pertinents à considérer lors de la production de fruits séchés et les spécificités de ce type de production seront abordés**. Cependant, pour produire des produits sains, il est bien entendu nécessaire de travailler dans des conditions respectant les Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH). Les prérequis liés à l'application de ces BPH ne seront donc pas redétaillés ici (hygiène du personnel, lutte contre les nuisibles, opérations de nettoyage/désinfection, etc.).

Ces spécificités ne sont bien entendu pas une liste exhaustive et peuvent varier en fonction du type de fruits ou de légumes préparés ou en fonction du type de technique ou de matériel utilisé.

### 7.5.1. Risques avant récolte liés aux contaminants chimiques

Une attention particulière doit être apportée aux fruits et légumes durant toutes les opérations culturales, et **spécialement en ce qui concerne la protection des cultures**. Il faudra veiller à éviter la présence de contaminants chimiques en concentrations qui dépasseraient les normes (valeurs limites autorisées par la législation pour: les métaux lourds présents dans les sols ou apportés par des engrais ; les nitrates ; les résidus de pesticides...).

Si des **produits phytopharmaceutiques** («pesticides») sont utilisés sur les cultures avant la récolte, il est nécessaire de respecter les Bonnes Pratiques d'utilisation de ces produits (BPA et BPP). Le type de produit, la dose utilisée et le délai avant récolte sont des paramètres fondamentaux pour éviter une contamination du consommateur. Une mauvaise utilisation de ces produits ou l'emploi d'un produit non autorisé sur la culture peuvent induire un **dépassement des LMR dans le produit final, conduire à une non-conformité du produit** (retrait/rappel), voire – selon les cas – présenter un risque réel pour le consommateur. Les LMR à respecter sont celles des fruits et légumes au moment de la récolte, donc avant transformation (ex.: à la réception).

Même si le lavage pourrait éventuellement éliminer certains dépôts résiduels, dans la majorité des cas, il n'aura aucun impact sur les concentrations en résidus. Au contraire, le fait d'extraire une partie de l'eau par déshydratation pourrait indirectement augmenter artificiellement ces concentrations, puisque la masse initiale se réduit.

C'est identique pour la concentration en métaux lourds (Cd, Pb, p. ex., dans les légumes séchés), en nitrates (dans les légumes) ou en mycotoxines<sup>46</sup> (fruits ou

---

<sup>46</sup> Les mycotoxines sont des composés chimiques toxiques produites via le métabolisme de différentes espèces de champignons telles que les moisissures (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, etc.), lorsque les différentes conditions favorables à leur croissance sont réunies. On les retrouve tout au long de la chaîne alimentaire, notamment dans les animaux ayant consommé du fourrage ainsi que dans les produits issus d'aliments contaminés. Les mycotoxines sont des contaminants naturels de nombreuses denrées d'origine végétale, comme les céréales, les fruits et les fruits secs. Cette contamination peut se produire sur les plantes au champ, mais aussi pendant leur conservation (stockage). Les mycotoxines sont des molécules thermostables, elles ne sont pas détruites par traitement thermique. Il est donc important d'effectuer des contrôles réguliers afin de s'assurer de la qualité des produits.

légumes). Il faut donc mesurer ces paramètres dans la matière première, et faire de la réception un CCP par rapport à ces paramètres (vérifier le respect de valeurs limites qui tiennent compte de cette réduction ultérieure de masse).

### 7.5.2. Risques au tri et en post-récolte

Comme cela a été décrit précédemment, une attention particulière doit également être apportée aux fruits au moment de la récolte, comme lors du premier et du second tri, grâce à un contrôle visuel rigoureux.

**Les fruits qui seront séchés doivent être sains** pour éviter toute contamination par des micro-organismes pathogènes ou par des métabolites indésirables. Ainsi, les fruits présentant des coups, des blessures ou des traces de moisissures doivent être éliminés lors de la phase de tri. Cela doit notamment permettre d'éviter la présence d'organismes pathogènes ou même de certaines mycotoxines dans le produit final, du moins s'il y a un stockage avant transformation. En effet, les champignons produisent ces «toxines» (des métabolites secondaires) pendant la durée du stockage, et plus rarement au champ ou au verger pour ce qui concerne les fruits ou les légumes (à la différence des céréales). Pour les produits séchés, le risque de développement de mycotoxines est plus à considérer pour le stockage des produits finis (séchés) que pour la période avant la récolte.

Au-delà de l'aspect sanitaire, les blessures et autres traces présentes sur les fruits abîmés (ex.: taches brunâtres) pourront également être visibles sur le produit final, ce qui risque de déplaire au consommateur.

### 7.5.3. Risques liés à la lutte contre les nuisibles

Après l'étape de préparation des fruits (découpage, pelage et dénoyautage), la présence de fruits coupés risque d'attirer de nombreux nuisibles, et notamment les mouches et certains rongeurs. Si aucune mesure n'est prise, des insectes risquent de venir sur les fruits, voire d'y pondre. C'est pourquoi il est nécessaire de mettre en place **un plan de prévention et de lutte contre les nuisibles** et de mettre en place des mesures empêchant les nuisibles de pénétrer à l'intérieur des locaux de production (ex.: installation de sas ; fermeture des portes par des bandes plastiques ; grillages ; lampes UV ; pièges à phéromones ou à glu ; etc.).

### 7.5.4. Risques liés à l'opération de sulfitage

D'un point de vue sanitaire, il est important d'apporter une attention toute particulière au procédé de sulfitage si ce dernier est utilisé comme pré-traitement. Au-delà du risque, déjà évoqué, pour l'opérateur. Il existe également un véritable risque sanitaire lié à un mauvais dosage des sulfites, tant d'un point de vue du sous-dosage que du surdosage.

Si l'action des sulfites est insuffisante à cause d'un sous-dosage, le risque de voir apparaître un développement de micro-organismes potentiellement pathogènes est donc réel.

Au contraire, un surdosage peut également avoir des effets néfastes sur le consommateur. Des teneurs maximales en sulfites existent pour les fruits séchés et il est important de les respecter pour prévenir une intoxication du consommateur.

Pour s'assurer que ces derniers soient mis au courant de la présence de sulfites, leur présence doit être clairement mentionnée sur l'étiquette si la concentration dépasse les 10 mg/kg.

#### 7.5.5. Risques lors de la mise sur claies

Comme expliqué plus haut, si les fruits sont mal disposés sur les claies et qu'il se chevauchent, le séchage risque d'être mal réalisé. Cette zone de chevauchement où le séchage est mal réalisé présentera donc une activité de l'eau plus élevée que dans le reste du produit, et des micro-organismes peuvent s'y développer. Il est donc important d'effectuer un contrôle visuel après la mise sur claies pour s'assurer que les fruits ne se chevauchent pas.

#### 7.5.6. Contrôle du temps de séchage

Le procédé de conservation utilisé dans la production de fruits séchés est le séchage. Il est donc primordial que cette étape se déroule correctement.

Il faut donc respecter le temps de séjour des fruits dans le séchoir et atteindre les températures prévues pour s'assurer que la teneur en eau des produits en fin de production soit bien égale à celle attendue.

Si le produit n'est pas suffisamment séché, cela induira une activité de l'eau trop élevée et entraînera donc un risque de développement de micro-organismes, notamment des moisissures ou même des microbes pathogènes.

#### 7.5.7. Contrôle lors du stockage des produits finis

Les conditions de stockage des produits finis sont primordiales pour s'assurer de la qualité sanitaire de ceux-ci. En effet, si les fruits séchés sont stockés dans des lieux clos et humides, le risque d'une reprise d'humidité est grand. Si la teneur en eau du produit remonte, il est probable que l'aliment ne soit plus stabilisé et qu'un développement de micro-organismes potentiellement pathogènes advienne.

**Les moisissures, notamment, sont les organismes susceptibles de se développer en premier lieu sur des fruits séchés stockés dans des conditions trop humides.** Cela devra être évité au maximum, car certaines moisissures sont responsables de la production de mycotoxines qui peuvent avoir un impact négatif sur la santé du consommateur.

Les produits séchés doivent donc être stockés dans des lieux secs et aérés.

Danger	Étape	Nature du danger	Niveau acceptable	Mesures préventives
Résidus de pesticides	Récolte	Chimique	Résidus de pesticides inférieurs à la LMR définie par substance et par type de fruit	Respect des consignes d'utilisation (BPA et BPP)
Présence de mycotoxines (ex.: OTA ou ochratoxine A)	Récolte	Chimique	Concentration maximale définie par substance	Tri des fruits, élimination des fruits pourris ou abîmés, éviter de ramasser les fruits tombés au sol
Présence de nuisibles sur les fruits non séchés	Découpe	Biologique	Absence de nuisible dans les locaux de production	Plan de lutte efficace Mesure empêchant l'entrée (moustiquaire, etc.)
Teneur en sulfites excessive	Sulfitage	Chimique	Défini par les normes du Codex Alimentarius ou par la réglementation nationale	Suivre les recommandations dispensées par le fabricant
Teneur en sulfites trop basse	Sulfitage	Biologique	Si le produit présente une activité d'eau $>0,65$ , alors les sulfites doivent être amenés en quantité suffisante pour empêcher le développement de micro-organismes	Suivre les recommandations dispensées par le fabricant
Caractère allergène des sulfites	Sulfitage	Chimique	Teneur en sulfites réduite au minimum possible	Indiquer la présence de sulfites si la concentration $> 10\text{mg/kg}$
Fruits mal disposés sur les claies	Mise sur claies	Biologique	Pas de chevauchement des fruits	Contrôle visuel

Séchage insuffisant	Séchage	Biologique	Teneur en humidité inférieure à la limite prévue et définie en fonction du fruit et de la méthode utilisée	Respect des temps et température de séchage Prévoir des mesures de la teneur en eau dans le plan de maîtrise/de contrôle
Mycotoxines dans le produit fini (ex.: aflatoxines B1, B2; G1 & G2; OTA)	Stockage	Chimique	Concentration maximale définie par substance (entre 2,0 et 4,0 µg/kg pour les aflatoxines ; 10 µg/kg pour OTA)	Stocker les produits finis dans des lieux clos et aérés

**Remarque :** Il faudrait aussi être attentif à éviter la contamination par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), particulièrement toxiques, en cas de production de fumées lors du chauffage de l'air des séchoirs ou du séchage au-dessus d'un feu.

## 7.6. ANNEXES TECHNIQUES

### Fiche technique du séchoir à gaz ATESTA

Ce type de séchoir est le plus répandu. Le PAFASP (Burkina Faso) a édité dans son guide une fiche technique que nous reproduisons ici.

**Énergie :** séchoir à gaz à convection naturelle

**Capacité :** 5 kg de tranches de mangue fraîche par claié, soit 100 kg par séchoir.

**Consommation en gaz :** 0,6 à 0,8 kg de gaz pour obtenir 1 kg de mangue séchée

**Temps de séchage :** 18 à 24 heures, selon la période de séchage

**Fonctionnement :** après allumage des brûleurs et chargement du séchoir, suivre la température de séchage recommandée selon les variétés. Assurer une permutation des claiés toutes les deux heures afin que toutes puissent bénéficier de la chaleur des brûleurs.

**Conditions optimales de séchage de la mangue :** les séchoirs doivent être nettoyés et préchauffés 30 minutes à une heure de temps avant l'introduction des claiés contenant les produits à sécher. Les mangues ainsi mises dans les séchoirs pour séchage y restent pendant 18 à 24 heures. On permute les claiés toutes les deux heures afin que chacune passe en bas dans la zone la plus chaude pour qu'un séchage rapide et homogène s'y produise. La température est maintenue à 75-80 °C sur les trois premières claiés.

**Entretien du séchoir :** nettoyer les tamis avant chaque cycle de séchage. Ils servent à retenir les insectes. Nettoyer régulièrement les brûleurs pour obtenir une flamme bleue. Après la campagne, chauffer jusqu'à 90 °C pendant 30 à 45 minutes deux fois par semaine, afin d'éviter l'attaque par les termites.

**Attention :** le gaz utilisé est du butane, qui est très inflammable. Il est très dangereux. Les manipulations doivent se faire avec précaution. Mettre les bouteilles de gaz dehors en les protégeant et prévoir au minimum deux extincteurs.

### Estimation des besoins

Ces estimations sont importantes parce qu'elles vous permettent d'évaluer la production (pertes, gains). Supposons une **commande d'une tonne de mangue séchée** et conditionnée en sachets de 100 g.

**Estimation de la matière première :** il vous faut une moyenne de 15 kg de mangues fraîches pour obtenir 1 kg de mangue séchée. Il suffit de faire le calcul suivant :  $1000 \text{ kg} \times 15 \text{ kg} = 15000 \text{ kg}$  de mangues fraîches.

**Estimation du gaz :** il vous faut en moyenne 0,80 kg de gaz pour obtenir 1 kg de mangue séchée. Il suffit de faire le calcul suivant :  $1000 \text{ kg} \times 0,80 \text{ kg} = 800 \text{ kg}$  de gaz. Une bouteille de gaz pèse 12 kg, donc vous avez besoin de :  $800 \text{ kg} / 12 \text{ kg} = 67$  bouteilles de gaz.

**Estimation des emballages :** le client demande des sachets de 100 g (emballage primaire) rangés par 100 dans un carton (emballage secondaire de 10 kg) :

- nombre de sachets de 100 g :  $1000 / 0,100 = 10000$  sachets
- nombre de cartons de 10 kg :  $1000 / 10 = 100$  cartons



# Chapitre 8

## Préparation des produits congelés

8.1. Réfrigération et congélation : définitions . . . . .	234
8.2. Principes physiques du procédé de congélation . . . . .	237
8.3. Congélation et risques de détérioration . . . . .	244
8.4. Procédés de préparation des produits congelés . . . . .	248

## 8.1. RÉFRIGÉRATION ET CONGÉLATION : DÉFINITIONS

### 8.1.1. La conservation par le froid

La **congélation** et la **réfrigération** font appel à l'abaissement de température pour prolonger la durée de conservation des aliments. Le froid doit son pouvoir de conservation des denrées alimentaires à deux effets.

- **Un effet thermique** d'abaissement des vitesses de réactions biologiques de développement (métabolisme des micro-organismes) et des réactions biochimiques et enzymatiques qui peuvent aussi nuire à la conservation des aliments.

**Il faut retenir toutefois trois températures clés :**

- + 3 °C : fin des risques dus aux bactéries pathogènes et toxinogènes ;
- - 10 °C : arrêt de toute multiplication bactérienne ;
- - 18 °C : arrêt de toute multiplication microbienne (y compris levures et moisissures).
- **Un second effet, encore plus puissant, mais qui n'existe qu'en congélation et surgélation : l'abaissement de l'activité de l'eau.** En effet, l'eau cristallisée devient indisponible pour toutes les réactions (biologiques, chimiques et enzymatiques) ; ceci explique pourquoi la congélation/surgélation permet des durées de conservation beaucoup plus longues que la réfrigération !

### 8.1.2. Quelle différence entre la réfrigération et la congélation ?

Pour la congélation, les températures employées sont bien plus basses que pour la réfrigération, mais la différence essentielle entre les deux procédés est la **formation de cristaux de glace**.

- **Un produit «réfrigéré» est simplement refroidi et conservé dans un frigo ou une chambre frigorifique.** Tant qu'on reste à l'état réfrigéré, les cellules des tissus végétaux ne se détériorent pas. Elles restent en vie, au moins pendant un certain temps (qui dépend de l'espèce végétale), même si le métabolisme général (ex. : respiration) est très fortement ralenti à cause des basses températures. Le métabolisme est ralenti, mais pas complètement à l'arrêt. C'est pourquoi les produits flétrissent en perdant leur eau, et certains micro-organismes peuvent continuer à se développer même avec des températures < 10 °C. Ainsi, les bactéries du genre campylobacter (ex. : *C. jejuni*) survivent bien aux températures de réfrigération (de 0 °C. à 10 °C). On a observé des taux de multiplication de bactéries d'un facteur 10 dans des carottes râpées conservées 24 heures au frigo. De manière générale, plus les produits sont «travaillés», plus ils sont potentiellement contaminés et moins longtemps ils se conservent dans un simple frigo.

Dans **les frigos**, un réfrigérateur, un compartiment principal maintient une température moyenne < 5 °C (au milieu), mais dans tous les cas > 0 °C et idéalement entre + 4 °C et + 7 °C selon leur position (milieu, haut ou en bas, dans le bac réservé aux fruits et légumes sensibles aux trop basses

températures). Cependant, des températures de + 10 °C ne sont pas rares dans certains frigos domestiques, faute de dégivrage en temps voulu ou à cause de joints défectueux.

- On appelle **congélation** toute technique visant à faire passer un produit à l'état solide par des techniques de refroidissement forcé. Quand on atteint l'état de congélation, toute activité métabolique cesse et de manière non réversible. On parle de congélation principalement pour l'eau et les produits qui en contiennent.

Cette technique consiste à abaisser la température du produit et à la maintenir, dans un congélateur, en dessous de la température de fusion de la glace (0 °C) afin de supprimer toute activité biologique (qui dépend de la présence d'eau sous forme liquide), voire chimique et enzymatique (pour les très basses températures). Elle associe donc les effets favorables des basses températures et la transformation de l'eau en glace. Il s'agit de la technique la moins destructrice de toutes, à condition d'être conduite convenablement : la congélation doit être rapide, et la température de conservation doit être suffisamment basse. Après décongélation, l'objectif est d'obtenir un produit d'une qualité aussi proche que possible de celle du produit original.

Sous forme de bahut ou d'armoire, intégrée ou non au frigo, le congélateur est présent dans bon nombre de ménages. Les **congélateurs domestiques** descendent en général à - 18 °C, voire une température de - 26 °C (congélateurs domestiques quatre étoiles), ce qui suffit pour une production artisanale. Dans ce type de congélateur, les fruits et légumes se conservent environ un an (contre 2-3 mois pour une viande hachée).

Par contre, la technique de **surgélation utilisée par les industriels** de l'alimentation repose sur des températures d'exposition allant de - 35 °C à - 196 °C, ce qui allonge encore les durées prévues de conservation.

**Qu'ils soient congelés ou surgelés, les produits doivent être maintenus à une température de stockage de - 18 °C.**

### 8.1.3. Avantages et inconvénients de la congélation

Aujourd'hui, en Europe, on estime que 50 % au moins de notre nourriture a subi un traitement frigorifique. Le froid est donc un composant essentiel de l'industrie agro-alimentaire : en stockage des matières premières (lait cru maintenu en tank réfrigéré à 3 ou 4 °C), lors de la fabrication des produits (blocage du processus d'acidification par le froid vers 3 °C pour la fabrication des yaourts), pour la conservation (stockage des denrées fraîches en chambres froides), le transport (véhicules frigorifiques) et la distribution (meubles de réfrigération ou de congélation). Toutefois, à côté de certains avantages indéniables, le procédé de congélation/surgélation présente de nombreux inconvénients dans le cas des fruits et légumes.

### 8.1.3.1. Avantages

- Aucun micro-organisme n'est capable de se développer à en-dessous de - 10 °C. La conservation à - 18 °C empêche toute activité microbienne (mais ne les tue pas!).
- La transformation de l'eau en glace fige les tissus et isole l'eau qui n'est plus disponible comme solvant ni comme réactif.
- La valeur nutritionnelle des denrées est préservée.

### 8.1.3.2. Inconvénients

- La formation des cristaux de glace peut entraîner une **détérioration mécanique** de la texture du tissu végétal (surtout lorsqu'il y a beaucoup d'eau et peu de cellulose). Il faut donc bien maîtriser cette technique si l'on veut garder au produit décongelé ses caractéristiques sensorielles (principalement couleur, saveur et texture).
- **Augmentation du volume**, qui sera fonction de la quantité d'eau présente. Lorsque l'eau se transforme en glace, le volume augmente d'environ 9 %. Par la suite, en se refroidissant, la glace subit une légère contraction. Les autres constituants, les lipides notamment, se contractent lors de la congélation. Ces variations de volume provoquent des tensions internes pouvant atteindre plusieurs centaines de bars. **Dans le cas des fruits et légumes, il se produit un déchirement des cellules et des tissus, et une exsudation à la décongélation** (ex. : à - 18 °C : + 9 % pour de l'eau ; + 8,3 % pour un jus de pomme ; + 4 % pour de la framboise entière). Le fruit peut parfois éclater complètement lorsque l'expansion de l'intérieur intervient après la formation d'une coque congelée externe.

L'augmentation de volume est en général proportionnelle à la teneur en eau de l'aliment. La faible augmentation de volume des fruits entiers s'explique par la présence de gaz dans les vacuoles : ces gaz sont comprimés et en partie expulsés lors de la congélation.

- **Dégénération des pigments** colorés par protéolyse<sup>47</sup>: on conseille donc le blanchiment (ébullition rapide pour détruire les enzymes) sur les légumes sensibles (légumes verts en général).
- **Apparition de saveurs désagréables** par oxydation, comme le goût de «foin» remarqué sur les légumes verts. On conseille alors l'ajout d'antioxydant tel que l'acide ascorbique (vitamine C) pour limiter le phénomène. Cette réaction est sous le contrôle d'enzymes oxydatives ou par réaction spontanée avec l'oxygène dissous.
- **Apparition de taches brunes** sur certains végétaux : il s'agit d'un brunissement oxydatif enzymatique (ou «brunissement enzymatique») qui correspond à une défense du végétal face à l'agression que représente le choc thermique. La parade est le blanchiment de certains légumes avant de les congeler.

47 Protéolyse : la protéolyse est la segmentation des protéines en ses fragments de base (acides aminés) via l'hydrolyse catalysée par des enzymes dits «protéolytiques» (protéases ou hydrolases).

- **Dessiccation de la surface**: le froid dessèche, d'où l'obligation de bien emballer les produits stockés au froid. La dessiccation peut aussi être une réaction vive de sublimation de la glace formée en surface (passage de l'eau solide en vapeur, sans passer par l'état liquide).
- **Formation de givre sur les emballages**: c'est un phénomène périodique de lyophilisation qui résulte des fluctuations de températures. Quand la température extérieure diminue et devient inférieure à la température à la surface du produit, il y a migration de la vapeur d'eau par sublimation sur les parois de l'emballage (ou de la chambre froide) et dépôt sur la surface plus froide sous forme de givre. Le phénomène peut aussi se dérouler à l'inverse. Ceci est important sur les produits emballés et est un signe de fonctionnement intermittent en cycles longs ou de rupture importante de la chaîne du froid.
- **Procédé énergivore**, lors de la congélation, mais aussi pour la conservation à long terme des aliments.

## 8.2. PRINCIPES PHYSIQUES DU PROCÉDÉ DE CONGÉLATION

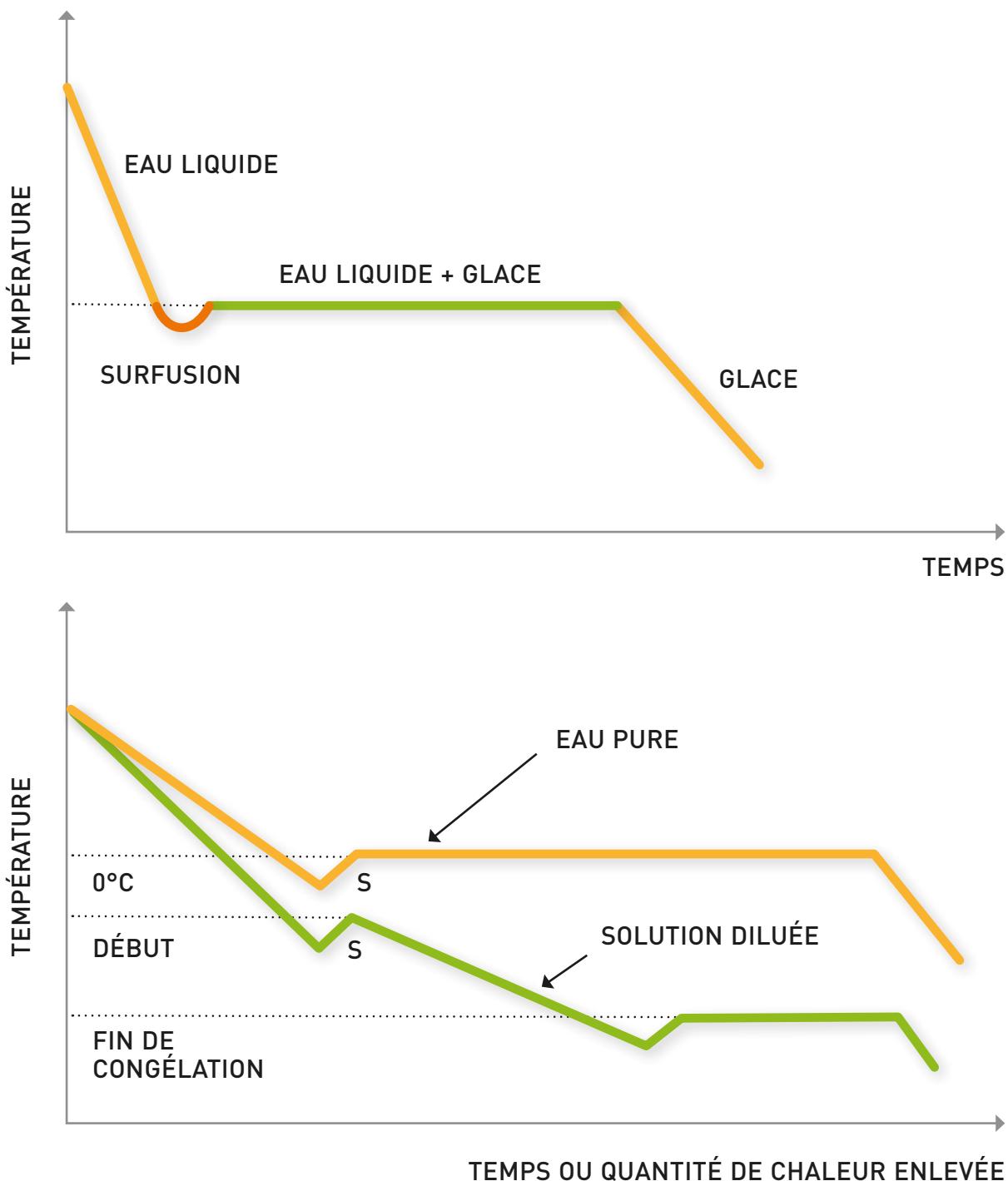
### 8.2.1. Étapes de la formation des cristaux de glace

#### 8.2.1.1. *Petit rappel de la théorie du changement d'état*

Quand on refroidit l'eau liquide, l'agitation thermique des molécules d'eau diminue et les liaisons hydrogènes se raidissent progressivement. Les molécules d'eau forment alors une structure rigide très organisée : l'eau s'est transformée en glace. À la pression atmosphérique normale (1 atmosphère ou 1013,25 hPa), c'est quand on abaisse la température de l'eau liquide en dessous de 0° Celsius (soit 273,15 K) que l'eau se transforme en glace.

La température de fusion de la glace à pression ordinaire est 0 °C. Mais lorsque l'eau pure est refroidie progressivement, la **congélation ne se produit pas dès que la température atteint 0 °C**. La formation des cristaux de glace (nucléation) est toujours précédée d'une «surfusion». Cet état se produit lorsque l'on refroidit l'eau rapidement, et l'on peut alors dépasser le point de congélation (dû à un mécanisme d'obstruction à la formation d'un réseau cristallin), puis, par apport d'énergie (choc ou impureté), un dégagement de chaleur va se produire, qui fait remonter la température au voisinage de 0 °C et la solidification a alors lieu. La surfusion est donc «l'état d'une matière qui demeure en phase liquide alors que sa température est plus basse que son point de solidification»; ainsi, **l'eau reste un certain temps liquide à une température inférieure à 0 °C**. Une petite perturbation (ex. : présence de poussières, de cristaux) peut alors suffire pour déclencher abruptement le changement du liquide vers la phase solide.

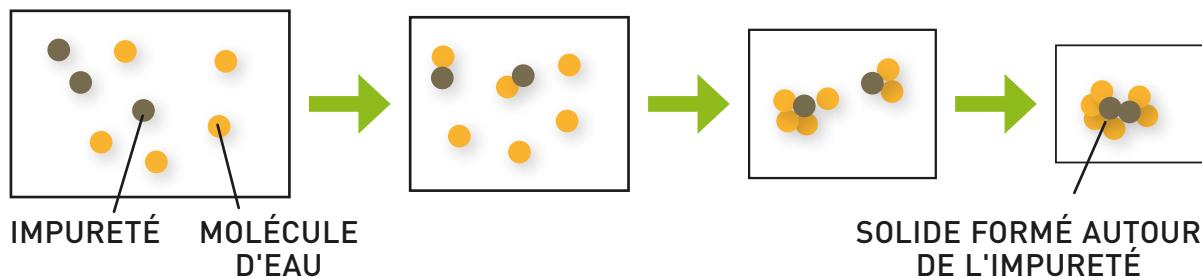
Ce phénomène est surtout important dans le cas de petits volumes (gouttes < 1 mm), ceci explique la difficulté de nucléation de l'eau dans les cellules et en particulier dans les micro-organismes.



Représentation du passage de l'eau en glace et du phénomène de surfusion:  
courbes de congélation de l'eau et d'une solution aqueuse

Pendant la surfusion, les agrégats cristallins de molécules d'eau seraient dans un état dynamique : formation très rapide suivie de destruction. Ce n'est qu'au-dessus d'une taille critique que le cristal serait stable et pourrait servir de germe à la croissance cristalline (nucléation). Cette taille critique semble dépendre de la température et serait d'autant plus petite que la température est basse. La nucléation est très peu probable à la température de fusion, mais sa probabilité atteint une valeur maximale à  $-41^{\circ}\text{C}$ .

La «nucléation»<sup>48</sup> est favorisée par la présence de cristaux de divers sels insolubles ou de particules solides de natures variées (poussières). Dans les aliments, la nucléation est hétérogène et la surfusion faible.



### 8.2.1.2. Croissance des cristaux

La forme des cristaux de glace (sphérolites, rosettes, dendrites, plaquettes ou étoiles hexagonales) **dépend de la vitesse de croissance, donc de la température de congélation**. La croissance des cristaux résulte du fait que les molécules d'eau migrent dans le milieu et viennent s'agréger à un germe existant. Elle peut avoir lieu à une température proche du point de congélation. En pratique, dans les aliments, **la vitesse de croissance des cristaux dépend de la vitesse d'enlèvement de chaleur** avec un maximum lorsque la température du milieu est inférieure à - 80 °C.

- **La congélation rapide ou surgélation**, au cours de laquelle les denrées sont stabilisées par abaissement rapide de la température jusqu'à - 18 °C à cœur. Cette technique permet la formation de nombreux petits cristaux de glace qui ne détériorent pas l'aliment. Par conséquent, seul un faible exsudat se produit lors de la décongélation.
- **La congélation lente** s'applique à des produits qui, par leur aspect ou leur mode de récolte, ne peuvent satisfaire à certaines exigences, par exemple, vitesse de congélation à laquelle sont soumis les produits surgelés. Le refroidissement de l'aliment s'effectue lentement, ce qui entraîne la formation de cristaux de glace de taille relativement importante par rapport à celle des cellules du produit.

Dans le cas de produits solides ou de viscosité élevée, la taille des cristaux peut varier. À la périphérie, les cristaux se forment rapidement et sont de petite taille ; à l'intérieur, ils croissent plus lentement et atteignent une taille plus grande, car le transfert de chaleur est plus difficile. Les barrières cellulaires ralentissent également la croissance des cristaux.

Aux très basses températures, c'est le transfert de masse qui est un facteur limitant, car la viscosité ralentit le déplacement des molécules d'eau. La concentration agit de même, des substances en solution (sels, alcools, sucres, protéines...) ralentissent la croissance des cristaux de glace.

48 La nucléation est un phénomène d'amorçage (ou démarrage) d'un processus spontané d'auto-assemblage à partir d'un noyau ou d'un «germe». Dans le cas du gel d'une goutte : phénomène suivant lequel apparaît le premier germe cristallin, c'est l'agrégation des premiers germes cristallin pour former la glace.

Vitesses de croissance des cristaux de glace (d'après Cheftel)

Liquide	Température	Vitesse de croissance du cristal (en mm/seconde)
Eau	- 9,1 °C	61
NaCl 0,1 M	- 9,1 °C	41
Ethanol 0,1 M	- 9,1 °C	29
Saccharose 0,1 M	- 9,1 °C	6,6

#### 8.2.1.3. Dimension des cristaux

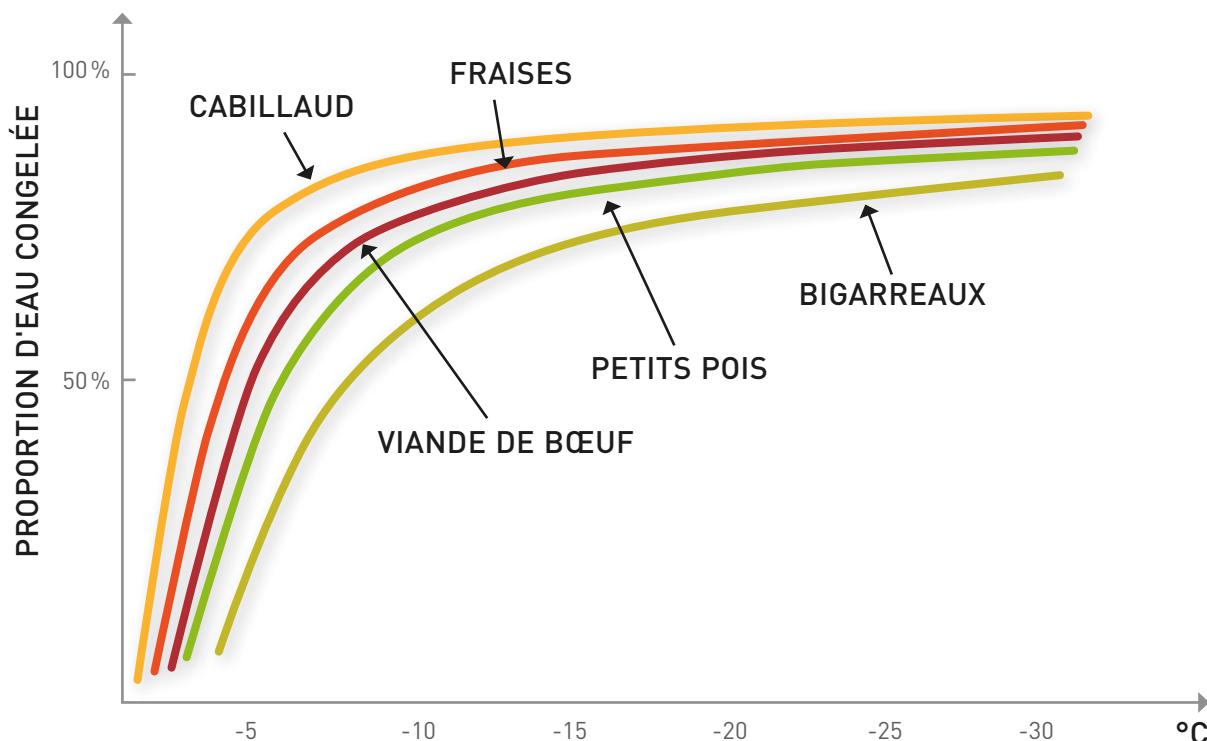
Elle dépend du **nombre de germes cristallins** formés à l'origine dans le milieu liquide. La régulation de la nucléation par la température permet d'obtenir des cristaux de taille souhaitée. À **basse température**, la nucléation est rapide et les nombreux germes donnent naissance à de nombreux **cristaux de petite taille**. À une **température proche du point de fusion**, la nucléation est lente, les noyaux sont peu nombreux et les **cristaux de grande taille**.

#### 8.2.1.4. Recristallisation

Au cours de l'entreposage à l'état congelé, le système cristallin évolue à cause de phénomènes de recristallisation : **certains cristaux de glace s'agrandissent aux dépens de cristaux plus petits qui disparaissent**. Ce phénomène est d'autant plus rapide que la température est proche du point de fusion. Même à - 60 °C, le système aqueux congelé peut subir des remaniements perceptibles.

### 8.2.2. Influence de la proportion d'eau congelée dans les aliments

Le diagramme ci-dessous représente, en fonction de la température, la proportion d'eau qui est à l'état congelé dans divers aliments dont la teneur en matière sèche soluble varie d'environ 10% (cabillaud) à environ 20% (cerises bigarreaux). À la température habituelle d'entreposage des aliments congelés (- 18 °C), une partie non négligeable de l'eau congelable est encore liquide (2 à 5%) et possède des propriétés de solvant et de réactif. Certaines des réactions de détérioration qui se poursuivent sont dues à **l'existence d'espaces liquides résiduels** à concentration élevée en solutés. Dans bien des cas, il serait plus intéressant d'utiliser des températures de stockage inférieures à - 18 °C, mais le coût deviendrait prohibitif dans ce cas.



Proportion d'eau congelée dans différents aliments en fonction de la température de stockage

Une des conséquences de la congélation est **d'augmenter la concentration des solutés** présents dans les espaces liquides des aliments, avec plusieurs conséquences.

- Lorsqu'on a affaire à des solutés capables de réagir entre eux, on observe, malgré la diminution de température, une augmentation de la vitesse de réaction au cours de la congélation, et cela, jusqu'à environ - 15 °C. Cette accélération débute à partir de - 5 °C; au-delà de - 15 °C, la vitesse des réactions diminue. Les vitesses les plus élevées ont été observées pour les réactions d'oxydation, d'hydrolyse, d'insolubilisation des protéines. Les réactions enzymatiques ne sont en général pas accélérées.
- L'augmentation de la concentration en solutés entraîne aussi la modification d'autres caractéristiques du milieu : le pH, la pression osmotique<sup>49</sup>, le potentiel d'oxydo-réduction<sup>50</sup>, la tension superficielle<sup>51</sup> ... L'action de ces facteurs associés à la disparition de l'eau provoquent des changements défavorables dans l'aliment. Par exemple, une baisse de pH, une augmentation de la force ionique ou le seul départ de l'eau peuvent entraîner l'agrégation des protéines (caséines du lait, lipoprotéines du jaune d'œuf).

49 Pression osmotique: pression qui empêche un solvant de passer au travers d'une membrane semi-perméable, une force déterminée par une différence de concentration entre deux solutions situées de part et d'autre de cette membrane.

50 Potentiel d'oxydoréduction – en abrégé potentiel rédox : c'est une grandeur thermodynamique qui mesure le pouvoir oxydant ou réducteur d'un système rédox. Plus un système est oxydant, c'est-à-dire plus il est apte à se réduire en captant des électrons, et plus son potentiel d'oxydoréduction est élevé. Plus il est réducteur et a tendance à céder des électrons, et plus son potentiel rédox est bas.

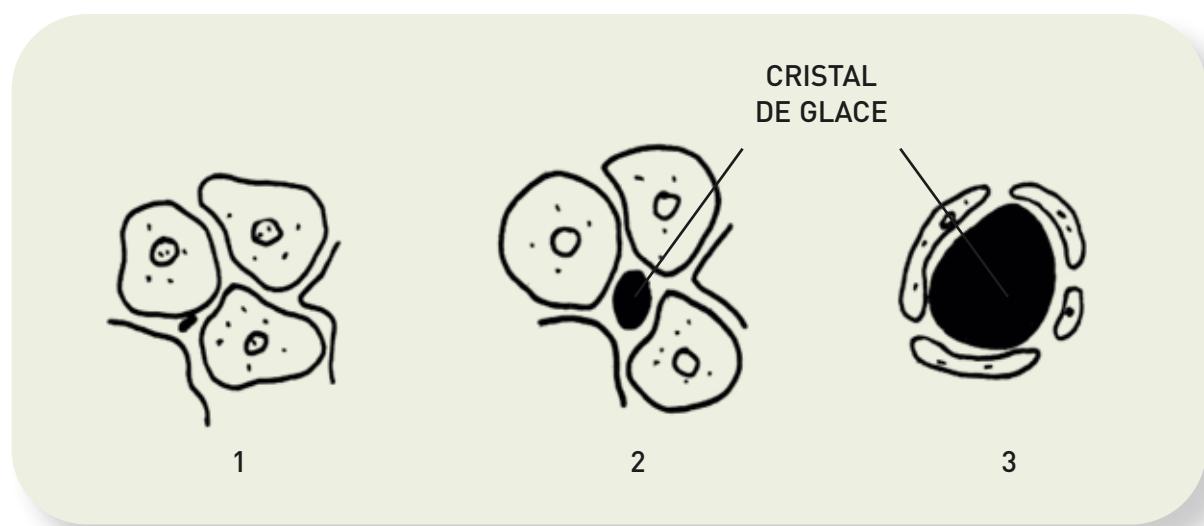
51 Tension superficielle : phénomène physico-chimique lié aux interactions moléculaires qui consiste à améliorer l'adhérence d'un corps à la surface d'un liquide.

Tous ces effets sont limités lorsque la congélation est rapide et la température d'entreposage très basse.

### 8.2.3. Cristallisation et vitesse de congélation

La congélation d'un tissu débute par la cristallisation de l'eau des espaces extracellulaires (car la concentration en solutés est moindre que dans les cellules).

- **Lorsque la congélation est lente (< 1 °C/minute), la cristallisation extracellulaire (qui accroît la concentration locale en solutés) provoque la déshydratation progressive des cellules par osmose. De gros cristaux de glace se forment et élargissent les espaces extracellulaires, tandis que les cellules plasmolysées<sup>52</sup> diminuent considérablement de volume. Cette déshydratation abaisse encore la probabilité de nucléation intracellulaire. Dans les suspensions de cellules congelées lentement, on n'observe pas de cristaux intracellulaires sauf dans les cellules de plantes non résistantes au gel, dans les légumes congelés après blanchiment, ou dans les tissus congelés une deuxième fois. Ce déplacement d'eau, qui peut devenir irréversible s'il dépasse un certain niveau, explique en grande partie la baisse de turgescence, l'exsudation que l'on observe à la décongélation de nombreux aliments. Il est la cause principale de l'amollissement des tissus végétaux.**



L'observation au microscope montre que les gros cristaux extracellulaires séparent les fibres et les cellules dont les parois sont souvent déchirées. Développement progressif de cristaux de glace dans les tissus lors de la congélation lente.

L'expulsion d'une partie du contenu des cellules a pour effet de mettre en contact des enzymes et leur substrat, notamment les polyphénols oxydases et des polyphénols situés normalement dans des compartiments cellulaires séparés.

52 Plasmolyse: c'est un état cellulaire de la cellule végétale où, à la suite d'une perte d'eau, la membrane se décolle de la paroi pecto-cellulosique. La diminution de pression qui s'ensuit provoque l'affaissement des parties molles.

- Lorsque la congélation est rapide, la cristallisation se produit à peu près simultanément dans les espaces extracellulaires et à l'intérieur des cellules (par nucléation autour d'organites cellulaires et peut être par pénétration de cristaux extracellulaires au travers des parois des cellules). Le déplacement d'eau est faible et il se produit un grand nombre de petits cristaux ; les modifications de texture liées à la sortie d'eau des cellules par osmose sont nettement moins importantes. Au microscope, on observe que les membranes végétales sont moins endommagées. Il faut noter que la formation de cristaux intracellulaires, quelle que soit leur taille, détruit dans tous les cas l'organisation interne des cellules (cytoplasme, organites), arrête ou modifie profondément le métabolisme, et provoque la mort des cellules et du tissu.

### CONGÉLATION LENTE OU CONGÉLATION RAPIDE ?

Pour les fruits en général, la congélation rapide conserve mieux la texture.

Pour les légumes blanchis, ce n'est pas le cas !

#### 8.2.4. La décongélation des produits

La décongélation d'un aliment est plus lente que la congélation, car il se forme à la surface, puis dans les couches externes du produit, une couche aqueuse ; or, la conductivité thermique de l'eau est environ quatre fois moindre que celle de la glace qui conduit d'autant mieux la chaleur qu'elle est froide.

Lors de la décongélation, la masse est rapidement portée à une température légèrement inférieure au point de fusion, mais ensuite la quantité de chaleur nécessaire à la fusion est transmise lentement à travers la couche aqueuse extérieure. Le produit reste longtemps à une température proche de 0 °C, engendrant un risque de développement des micro-organismes, dont les pathogènes.

Il est donc préférable de décongeler rapidement.

Les légumes peuvent être plongés directement dans l'eau bouillante.

Les fruits sont généralement décongelés à température ambiante.

En industrie, il existe divers procédés.

- **Décongélation à air pulsé**: en début d'opération, l'air est ventilé avec une humidité élevée (environ 90 %) de manière à améliorer le coefficient de convection et éviter la dessiccation du produit. Lorsque la zone superficielle est décongelée, on pulse de l'air à + 4 °C avec une humidité d'environ 70 %.
- **Décongélation sous vide**: elle consiste à condenser de la vapeur d'eau à 18-20 °C sur la surface du produit à décongeler dans un caisson sous vide.
- **Décongélation dans l'eau**: cette technique est très répandue malgré son manque d'hygiène ! Afin de limiter les développements microbiens, l'eau doit être à une température inférieure à 20 °C. L'eau circule de manière à augmenter le coefficient de convection.
- **Décongélation par micro-ondes**: cette technique est nettement plus rapide que les procédés classiques. Malheureusement, les micro-ondes étant beaucoup plus rapidement absorbées par l'eau que par la glace, le front de congélation périphérique qui se développe fait écran à la pénétration des micro-ondes dans la zone centrale encore congelée, si bien que la surface du produit peut être cuite avant même que sa partie centrale ne soit décongelée. Cet effet peut être limité par une exposition intermittente des micro-ondes alternée avec des périodes de repos.

### 8.3. CONGÉLATION ET RISQUES DE DÉTÉRIORATION

Même congelé, un produit alimentaire peut se détériorer pour diverses raisons : réactions enzymatiques, oxydations, croissance des cristaux, prolifération des micro-organismes lors de phases répétées de gel/dégel (ex.: pannes électriques à répétition, fréquentes dans certains pays du sud).

#### 8.3.1. Réactions de détérioration

- Réactions enzymatiques : brunissement enzymatique des fruits congelés à l'état cru. Solutions :
  - addition d'acide ascorbique, de sucre ou d'anhydride sulfureux ;
  - blanchiment : la plupart des légumes doivent être blanchis avant congélation, car certains enzymes conservent une activité même à très basse température.
- Réactions non enzymatiques : oxydation des lipides (ex. : petits pois), de la vitamine C (fraise), de pigments caroténoïdes, d'arômes. La dégradation des pigments anthocyaniques (fraise) ou de la chlorophylle (épinards, haricots verts, choux de Bruxelles) constitue également un facteur limitant la durée d'entreposage.
- Flocculation des matières en suspension : dans les jus de fruits, les pectines peuvent subir une déstabilisation.
- Recristallisation des cristaux de glace, avec une augmentation de leur taille qui entraîne une modification de la texture de divers aliments.

- Désiccation partielle due aux fluctuations : l'emballage peut constituer une bonne protection s'il est imperméable à la vapeur d'eau et s'il adhère au produit (emballage sous vide ou rétractable). Si l'emballage n'adhère pas au produit, il peut y avoir une désiccation superficielle de la denrée et une condensation de l'eau sur la face intérieure de l'emballage (givrage). L'emballage doit aussi être imperméable à l'oxygène et à la lumière.

### 8.3.2. Effets sur les micro-organismes

De ce qui précède, nous avons compris que la congélation agit de plusieurs manières sur la flore microbienne :

- l'abaissement de la température réduit la vitesse de multiplication des germes ;
- la transformation de l'eau en glace diminuant la quantité d'eau disponible pour les micro-organismes, la congélation inhibe complètement leur multiplication ;
- le changement d'état eau/glace provoque des altérations de structure et du métabolisme des germes susceptibles de provoquer la mort de certains micro-organismes.

En effet, la cristallisation de l'eau **modifie les structures microbien**nes tant par ses effets mécaniques que physico-chimiques. Les lésions de membranes (perforation, dénaturation des protéines) agissent sur la perméabilité cellulaire et s'accompagnent de la sortie de composés vitaux tels que nucléotides, acides nucléiques, peptides, ions minéraux..., entraînant une perte de viabilité des cellules.

On peut retenir les points suivants.

- **La congélation n'a pas d'effet bactéricide.** La congélation agit sur le métabolisme des germes. Elle réduit la population microbienne initiale, mais dans une faible proportion. Pour les micro-organismes les plus sensibles (Gram-)<sup>53</sup> la population est réduite de 90 % par la congélation. La plupart des bactéries Gram- perdent leur aptitude à utiliser l'azote minéral pour leurs synthèses protéiques et utilisent des peptides déjà élaborés pour leur croissance. Certaines souches de pseudomonas perdent leur aptitude à produire leur pigment.
- **Les températures de congélation faiblement négatives sont plus létales que les températures fortement négatives** : entre - 4 °C et - 10 °C, un plus grand nombre de micro-organismes sont inactivés qu'à - 15 °C et à - 30 °C, température à laquelle l'inactivation est pratiquement nulle.
- **La congélation lente a un effet plus néfaste** que la congélation rapide sur la survie des bactéries, car les cellules sont exposées pendant un temps plus long à la cryoconcentration et les cristaux de glace sont plus gros.
- La destruction des micro-organismes est d'autant plus grande que le stockage est plus long.

---

53 Bactéries Gram- : les bactéries à Gram négatif sont mises en évidence par une technique de coloration appelée coloration de Gram. Les bactéries à Gram négatif apparaissent alors roses au microscope. La technique de coloration repose sur les caractéristiques membranaires et de paroi de la bactérie (structure bimembranée).

### 8.3.3. Pourquoi ne pas recongeler un produit décongelé ?

Il est fréquent d'entendre les recommandations selon lesquelles il ne faut pas recongeler un produit qui a été décongelé. La multiplication des micro-organismes et des bactéries est souvent mise en cause. La reconditionnement est pourtant réalisée par les industriels. Chez soi, cette pratique est à éviter, et ceci, pour différentes raisons.

#### 8.3.3.1. Congélation et bactéries

Lorsqu'un aliment est congelé, des cristaux de glace se forment dans les cellules qui peuvent être plus ou moins détruites selon sa nature. Il en va de même pour certaines des bactéries qu'il renferme. Au contraire, d'autres bactéries sont en latence et reprennent leur prolifération une fois que le produit est décongelé. En effet, les cellules détruites constituent des obstacles en moins à franchir et de la nourriture en plus pour ces bactéries qui ont résisté au froid.

#### 8.3.3.2. Congélation et toxines

Lorsqu'un produit qui a été congelé est décongelé puis recongelé, le **nombre de micro-organismes pathogènes augmente**. Or, ces **micro-organismes génèrent des toxines** qui, une fois libérées, ont des effets néfastes sur la santé. Concrètement, plus les micro-organismes sont nombreux, plus les risques de provoquer une intoxication alimentaire sont élevés et fréquents.

#### 8.3.3.3. Le processus décongélation/recongélation

Lorsque vous décongelez un **aliment en le laissant à l'air libre**, ce processus se fait à une température ambiante, et prend donc plus de temps. Ce délai est **favorable à la multiplication des bactéries**. Il en va de même si vous optez pour une cuisson rapide à feu doux.

**La recongélation, lorsque vous le faites chez vous, avec un congélateur à usage domestique, prend également du temps.** Jusqu'à ce que le processus de recongélation soit effectif, un certain délai est nécessaire. Pendant cet intervalle, les bactéries ont largement plus de temps pour s'accroître de manière exponentielle.

**i** Concrètement, les phases de congélation, de décongélation et de recongélation finissent par rendre les aliments très dangereux pour la santé. En effet, entre la première congélation et la première recongélation, il y a près d'un millier de bactéries en plus.

Ces micro-organismes, notamment ceux qui sont pathogènes, peuvent cependant être éliminés. Pour cela, la cuisson constitue un bon moyen si elle a **une certaine durée à une température d'au moins 125 °C**. Donc, décongeler puis cuire un produit à 100 °C, par exemple, ne pourra pas suffire pour éliminer les micro-organismes. Il en va de même pour le bain-marie.

#### 8.3.3.4. *Du goût en moins*

Comme les cellules sont détruites, la texture du produit est également dénaturée et le goût des aliments se retrouve ainsi transformé. Pour avoir une meilleure idée de ce qui se produit, il suffit de procéder à une expérience. Lorsque des framboises fraîches sont congelées, elles conservent leur forme, leurs cellules sont juste «cristallisées». Par contre, lorsqu'elles sont laissées à l'air libre pendant un certain temps, elles sont de plus en plus écrasées. Elles n'ont plus le même goût qu'elles avaient à l'origine. C'est exactement le même phénomène qui se produit pour les autres produits alimentaires.

#### 8.3.4. Quelle est la durée de conservation d'un produit congelé ?

La durée de conservation dépend énormément de la température. Par exemple, une température de - 30 °C est parfois utilisée pour le stockage du poisson pendant 6 à 8 mois. On fait de même pour les crèmes glacées, afin d'éviter la formation de trop gros cristaux de glace. Ces températures très basses sont très coûteuses et difficiles à maintenir pendant le transport et surtout dans les points de vente.

En pratique, la température de - 18 °C a été retenue pour la plupart des aliments.

Le terme «surgelé» sur le produit garantit qu'il a été congelé le plus rapidement possible à une température égale ou inférieure à - 18 °C, puis maintenu à cette température pendant toute la durée de stockage.

i

## 8.4. PROCÉDÉS DE PRÉPARATION DES PRODUITS CONGELÉS

### 8.4.1. La congélation de fruits et légumes à petite échelle

Quoi de plus facile que de congeler ses aliments pour bien les conserver ? Il suffit d'avoir un congélateur dont la température descend sous - 18 °C. On peut facilement congeler des fruits, des légumes ou même des feuilles, des herbes aromatiques, etc. La congélation est une façon très simple pour bien conserver les aliments, mais il faut suivre quelques règles.

#### 1. Utiliser des aliments frais ou bien secs et qui supportent bien la congélation.

- L'idéal est de **congeler des produits très frais, si possible immédiatement après la récolte**, pour en conserver les vitamines. Plus on est rapide, mieux c'est. On évite de les laisser traîner plusieurs jours, même dans le frigo, avant de procéder. On peut congeler des fruits ou des légumes récoltés à pleine maturité et sains.
- On évite par contre de congeler des pommes de terre crues et des légumes à consommer crus. La texture des salades, concombres, tomates et autres changent lors de la congélation. Il n'y a aucun souci si on les destine à la cuisson.
- On peut aussi congeler des feuilles fraîches (ex.: en rouleaux, comme au Sierra Leone) ou feuilles et herbes bien séchées.

#### 2. Préparer avant de congeler.

- Légumes: avant de les placer au congélateur, **on lave et nettoie soigneusement les légumes. On doit blanchir la plupart d'entre eux** pour inactiver les enzymes et détruire une bonne partie des micro-organismes. Éliminer ces sources d'altérations garantit alors une meilleure conservation des couleurs, saveurs et textures. Blanchir permet aussi de conserver une certaine quantité de vitamines, surtout si on compte conserver les légumes pendant longtemps au congélateur. Attention : **on ne congèle que des aliments froids**, sous peine de voir apparaître du givre !
- Fruits: avant de congeler, on vérifie l'état des fruits. S'ils présentent des signes de maladies ou d'attaques de nuisibles, on préfère leur éviter la congélation. Ensuite, on essuie les fruits sains sans les laver. On congèle les fruits de petit calibre entiers, les plus gros en morceaux et les fruits à noyaux dénoyautés. Les fruits prennent moins de place si on les congèle sous forme de compotes, coulis, marmelades, sirops ...

Pour les fruits destinés à être mangés crus, il faut les sucrer pour conserver leur saveur, leur couleur et leur teneur en vitamine C. Pour enrober les fruits, on mélange dans un plat :

- 200 g de sucre par kilo de fruits acides ;
- 100 g de sucre suffisent par kilo de fruits sucrés.

On peut citronner (apport de vitamine C) les fruits qui noircissent et sucrer les fruits rouges (fraises, framboises, groseilles...). Ils se gardent alors mieux et on sucre moins la préparation finale.

### 3. Découper et préparer de petites portions.

On découpe et congèle de préférence des petites portions. Le froid les saisit plus vite : cela évite de réchauffer la température du congélateur, ce qui pourrait se produire si on introduit trop d'aliments tempérés en une fois. Surtout, ne pas introduire de produits encore chauds dans le congélateur. On peut les refroidir au frigo avant congélation.

### 4. Choisir les bons contenants.

- Les contenants sont importants pour la congélation. On les préfère lavables et réutilisables pour réduire ses déchets. Pour la congélation vous pouvez utiliser comme emballages :
  - des sacs en plastique non réutilisables, que vous prendrez soin d'aplatir pour chasser l'air ; on veille aussi à ce que l'emballage contiennent le moins d'air possible ; une bonne solution est d'utiliser des sachets sous vide ;
  - du papier aluminium épais (pour éviter les déchirures) ou du film plastique ;
  - des barquettes en aluminium, réutilisables, à condition d'avoir été impeccablement nettoyées ;
  - des boîtes en plastiques (ne pas les remplir jusqu'à ras bord, mais laisser au moins 1 cm d'espace sous le couvercle : en se congelant, les aliments augmentent de volume).

Sachets plastiques, boîtes ou bocal en verre doivent être fermés hermétiquement. On évite ainsi que l'air froid déhydrate et oxyde les aliments. On peut laisser les emballages d'origine (s'il y en a), qui ont l'intérêt de comporter des conseils d'utilisation et une date limite de consommation, des indications toujours utiles.

- Pour congeler vos produits, vous devez les emballer de façon parfaitement hermétique. L'emballage doit être étanche et vide d'air, ce qui évitera une perte d'humidité.
- Les liquides gonflent lors de la congélation. Pour éviter aux contenants en verre d'éclater sous la pression, on les choisit plus grands que leur contenu alimentaire : on laisse un espace de 3 cm vide sous le couvercle des bocaux.
- Pour éviter que les fruits et légumes s'agglutinent pendant la congélation, on les étale sur une plaque garnie d'un papier de cuisson en laissant de l'espace entre chaque pièce. On place au congélateur. Une fois pris, il ne reste qu'à les transférer dans leur contenant final.

## 5. Étiqueter.

Quand on place les aliments au congélateur, on pense à étiqueter les contenants. On indiquera au moins :

- le contenu, car certains aliments sont difficiles à reconnaître une fois congelés ;
- le nombre de portions comprises dans le contenant ;
- la date de mise au congélateur : cela permet de reconnaître les aliments congelés et de les consommer par ordre chronologique ; ils se conservent de quelques mois jusqu'à un an (pour les légumes) ;
- idéalement, la date limite de conservation (selon le type de congélateur).

## 6. Bien décongeler et éviter de recongeler.

La décongélation suit des règles toutes simples. On décongèle les aliments lentement dans un plat au frigo, au four à micro-ondes ou dans de l'eau froide. On s'abstient de décongeler à température ambiante pour éviter aux bactéries de proliférer. Quand on décongèle un produit, on l'utilise toujours dans les 24 heures. Un aliment décongelé puis recongelé contient donc un plus grand nombre de bactéries, ce qui augmente le risque d'intoxication alimentaire. Recongeler un aliment altère aussi son goût et sa texture.

## 7. Travailler proprement et méthodiquement.

Même pour une production artisanale, les règles élémentaires d'hygiène doivent être scrupuleusement respectées, car vous congélerez aussi vos microbes ! Voici les précautions à prendre :

- nettoyage des mains, hygiène corporelle ;
- nettoyage des plans de travail ;
- nettoyage des casseroles, outils, couteaux, spatules, etc. ;
- nettoyage régulier du congélateur : le congélateur doit rester propre et les produits rangés.

Dans un congélateur «bahut» (ou coffre), il n'est pas toujours évident de ranger ses produits en suivant la règle «FIFO» (*first in – first out*), puisque les produits sont déposés les uns sur les autres, les plus vieux se retrouvant forcément dans le fond. Il arrive même d'«oublier» certains produits dans le fond du congélateur, pris dans la glace. Les congélateurs «armoires» facilitent la gestion et le rangement des produits : ils sont plus chers, mais moins volumineux en général.



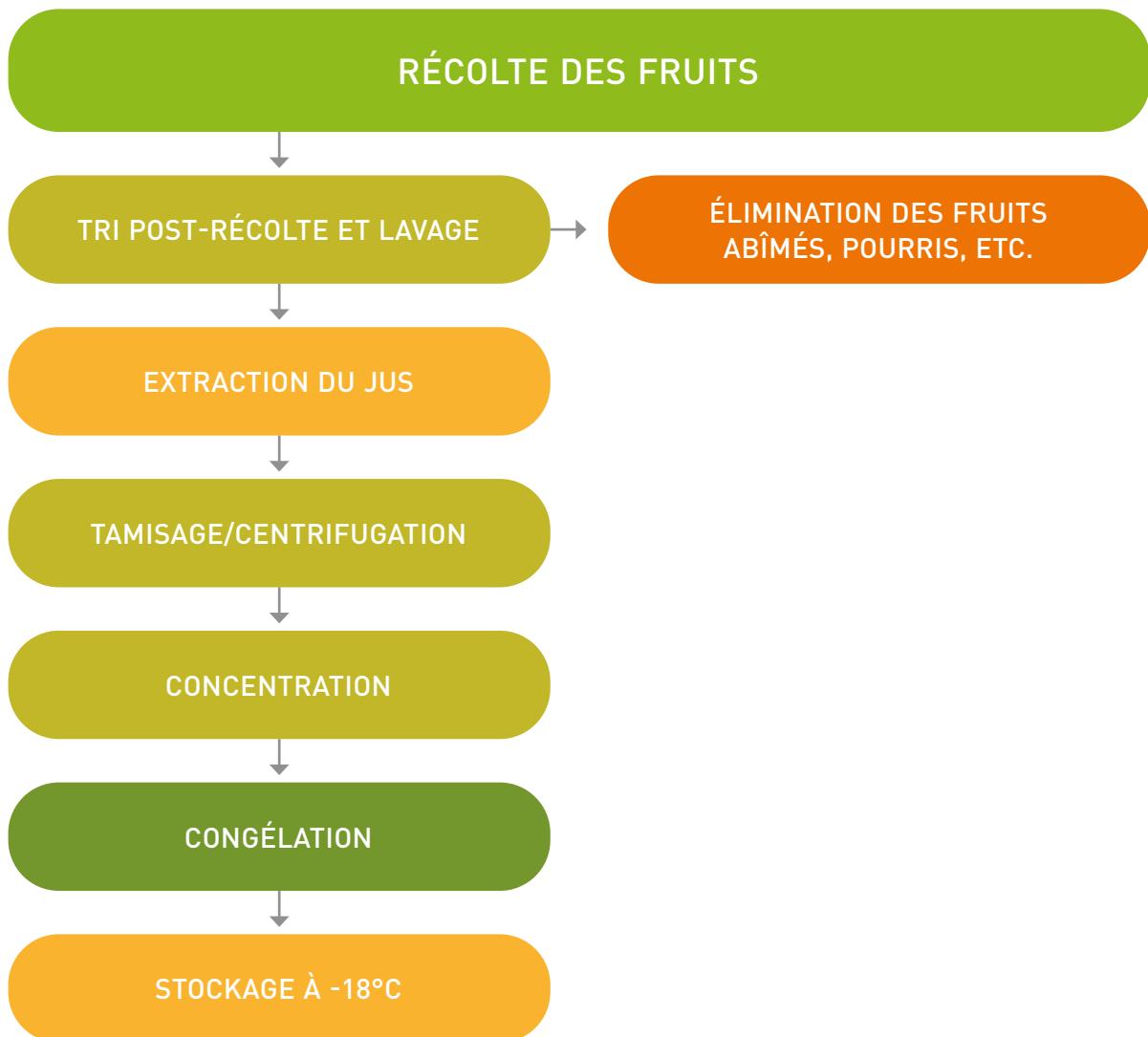
Congélateur bahut ou coffre

Congélateur armoire

#### 8.4.2. Processus industriel de préparation des produits congelés

Une grande variété de produits végétaux ou à base de végétaux peuvent être congelés (ex.: légumes, fruits...), et, par exemple, vendus en fûts métalliques de 190 kg pour la vente de jus de fruits, purée de fruits, etc. (ex.: purées non sucrées de fruits ou jus de fruits comme le litchi ou l'ananas préparés par SCRIMAD à Madagascar).

Le processus de base ne change guère.  
Par exemple, pour produire des jus de fruits concentrés qui seront congelés :



Pour de la purée de fruits, on remplacera les opérations d'extraction de jus par la réalisation de la purée.

Nous nous limiterons donc à parler de l'opération qui est au centre du processus : la congélation.

#### 8.4.3. Facteurs qui peuvent influencer la durée de congélation/surgélation

La durée de congélation est une caractéristique importante à connaître, car elle va permettre :

- de déterminer le temps de séjour ou le débit du produit à congeler (tunnel continu) ;
- de dimensionner le matériel lors d'un achat.

La durée de congélation va dépendre des **caractéristiques du produit**, mais aussi de celle **du matériel utilisé**.

a. Caractéristiques du produit à congeler

- Quantité : masse de produit à congeler.
- Température initiale et finale.
- Humidité : l'énergie à fournir augmente avec l'humidité.
- Chaleur spécifique ( $C_p$  en  $\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ ) : quantité de chaleur à enlever pour diminuer de  $1^{\circ}\text{C}$  la température de 1 kg de produit. Par exemple, le  $C_p$  de l'eau ( $1 \text{ kca/kg}^{\circ}\text{C}$ ) est supérieur à tous les autres ingrédients des aliments (ex. : lipide =  $0,5 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ ). **Conséquence : plus l'aliment est riche en eau, plus il faudra de l'énergie pour le congeler !**
- Conductibilité thermique (en  $\text{kcal/m}^{\circ}\text{C}$ )<sup>54</sup>: glace ( $1,9 \text{ kcal/m}^{\circ}\text{C}$ ) > aliment congelé > eau ( $0,51$ ) > aliment non congelé > lipides ( $0,05$ ) > air ( $0,02$ ).
- Masse volumique (air = isolant thermique).
- Géométrie : forme et épaisseur.

b. Caractéristiques du matériel

- Température du fluide frigorigène et différence de température entre produit et fluide frigorigène ou air.
- Les caractéristiques du fluide réfrigérant : l'eau, l'air, les gaz cryogéniques n'ont pas les mêmes coefficients d'échange de chaleur.
- Puissance frigorifique disponible (en kW ou kcal/h ou frigorie).
- Coefficient de transfert de chaleur (fonction du type de contact entre le produit et le milieu réfrigérant).

#### 8.4.4. Procédés de congélation des produits végétaux

Les procédés de congélation courants dans les industries agro-alimentaires utilisent des sources frigorifiques, soit mécaniques, soit cryogéniques, soit par association des deux. Les congélateurs à froid mécanique sont largement répandus à l'échelle industrielle. Il existe plusieurs méthodes dont :

- la congélation par air : parmi les techniques employées, on distinguera les congélateurs à tunnels, les congélateurs à plaques et les systèmes de congélation directe (congélation cryogénique) ;
- la congélation par contact direct sur une surface pré-refroidie ;
- la congélation cryogénique par aspersion d'un liquide (azote ou  $\text{CO}_2$  liquide) qui s'évapore au contact du produit.

54

La conductivité thermique ou conductibilité thermique est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction. Elle représente l'énergie (quantité de chaleur) transférée par unité de surface et de temps sous un gradient de température de 1 degré Celsius par mètre.

#### 8.4.4.1. Procédés de congélation utilisant l'air

Ce procédé de congélation existe en discontinu (chambre ou tunnel dit statique) et en continu (tunnel à bande porteuse ou dynamique).

- **Chambres statiques de congélation (avec un air statique):**

Le produit est placé dans l'air stagnant maintenu à - 20 ou - 30 °C. Une épaisseur de 0,2 cm de produit est congelée par heure (durée de congélation : de quelques heures à plusieurs jours). Ce sont des conditions peu favorables pour la qualité, aussi ce procédé est-il très peu employé.

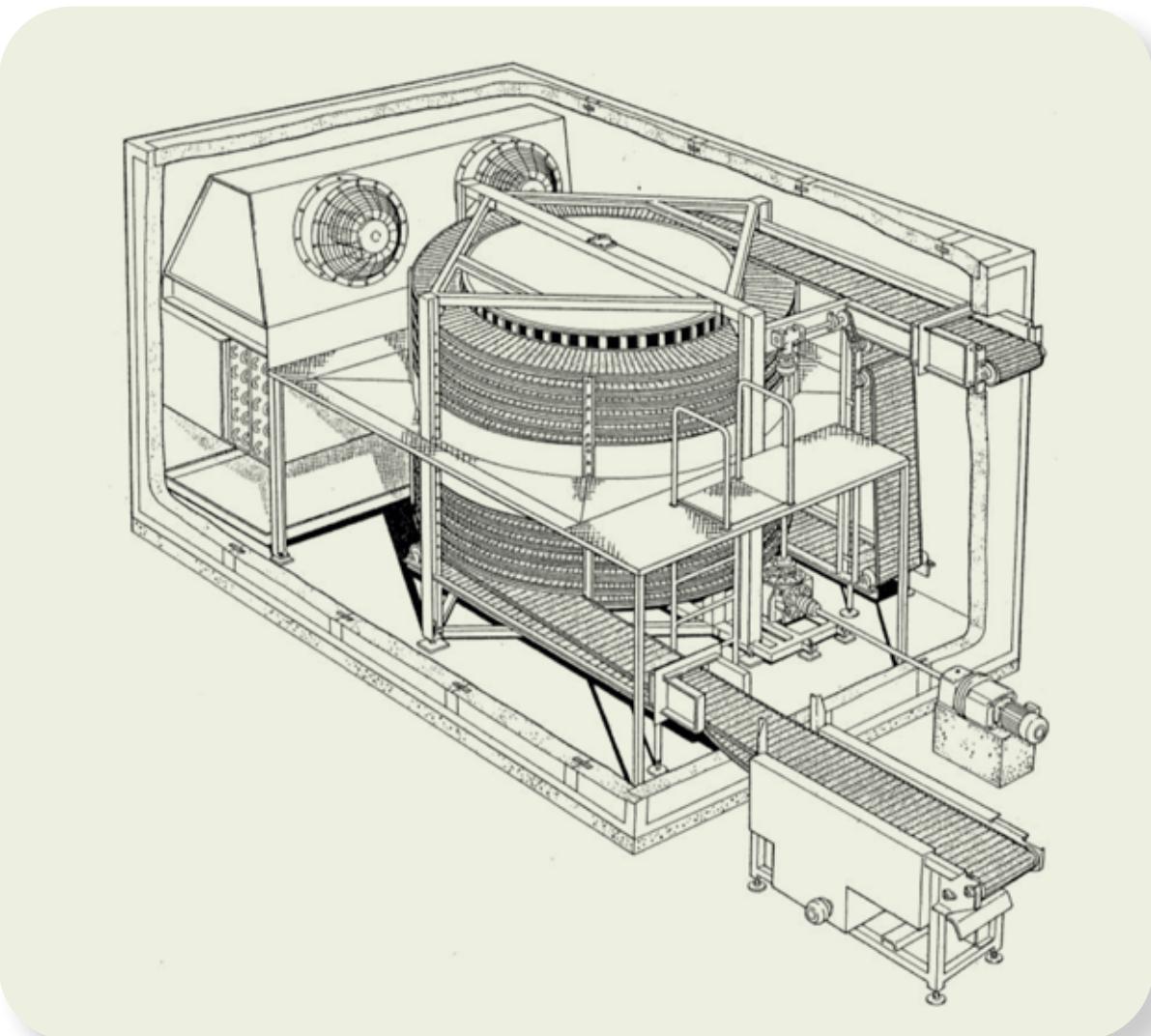
Les appareils **fonctionnent en discontinu**. Ce sont de simples chambres calorifugées et thermostatées. Afin d'éviter les dégagements de chaleur dans l'enceinte, les moteurs des ventilateurs se trouvent à l'extérieur. Les produits sont entreposés **sur des chariots ou des palettes**. Ce type de matériel convient pour les entreprises qui ont une large gamme de produits à traiter (viandes, volaille, plats cuisinés, crème glacée en petits pots...).

- **Tunnels (avec un air en mouvement)**

Dans les congélateurs tunnels, l'air est refroidi à - 20 à - 45 °C en passant à travers l'évaporateur de la machine frigorifique. Il est pulsé sur le produit par un ventilateur, à une vitesse de 50 km/h. Puis, il est recyclé pour être refroidi de nouveau. L'épaisseur de produit congelé est de 3 cm par heure. L'avantage des tunnels de congélation réside dans leur souplesse d'utilisation. Ils sont recommandés lorsqu'on est amené à congeler plusieurs types de produits, de forme et de taille différente. Les inconvénients tiennent à l'air, employé comme fluide frigorigène, qui est très coûteux et qui a tendance à dessécher le produit en surface, entraînant une perte de qualité et de rendement.

**Les appareils de congélation fonctionnent en continu :**

- **tunnels à cartons**: les produits sont placés dans des cartons d'emballage ouverts qui cheminent en continu ;
- **tunnels à bande transporteuse**: un tapis transporteur assure le cheminement du produit ; les plus classiques sont des appareils linéaires qui présentent l'inconvénient d'être encombrants au sol ;
- **appareils à spirales**: qui utilisent un tapis qui effectue un parcours hélicoïdal ascendant à l'intérieur de la chambre calorifugée ; la bande est auto-empilable ; ce système est particulièrement efficace : la circulation d'air est dirigée du haut vers le bas à contre-courant de l'avance des produits ; le système est très compact, il peut être pourvu d'un système de nettoyage et de désinfection automatique.

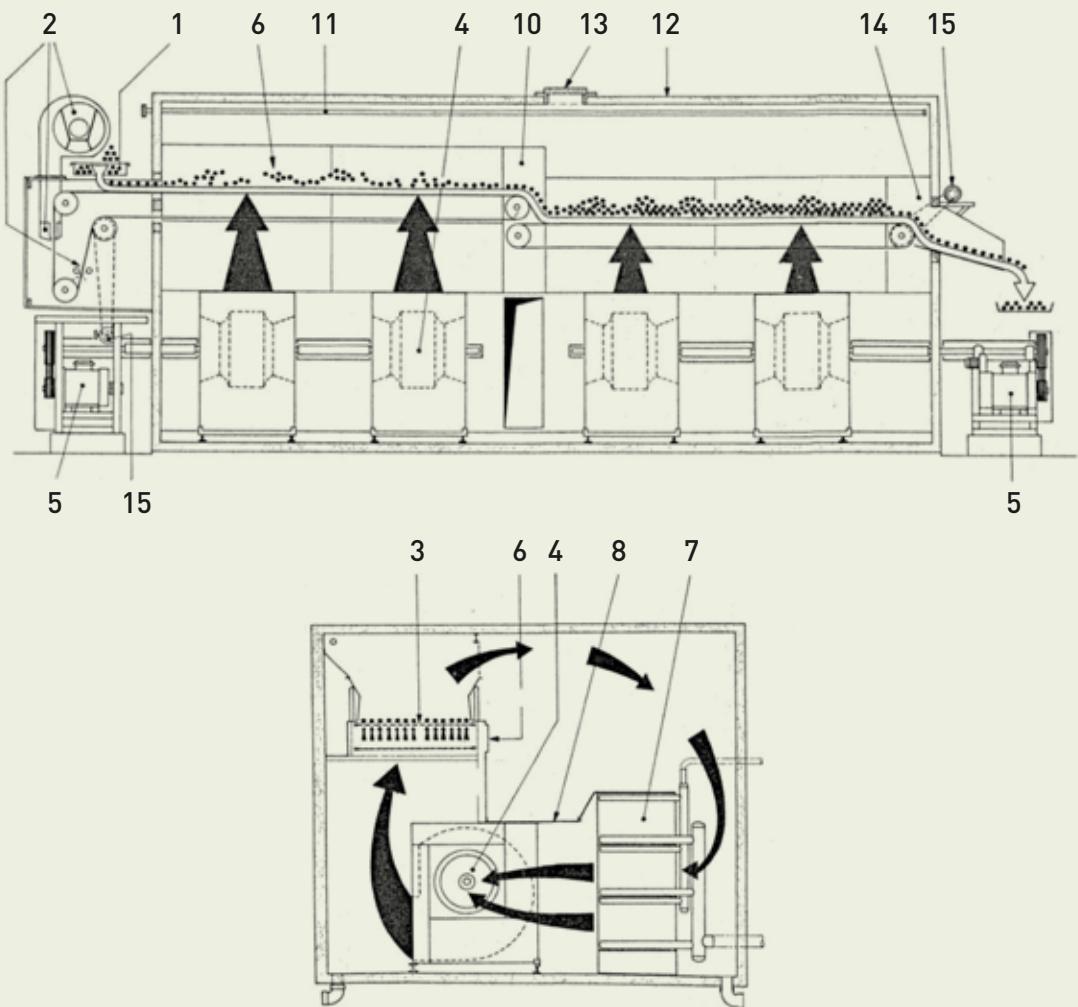


Congélateur à spirales (document Samifi-Babcock) Mafart

- **Tunnels à lit fluidisé (avec un air en mouvement)**

Ce type de congélateur est équipé d'une bande transporteuse perforée. Lorsque le produit à congeler est constitué de particules assez petites, il est disposé en couche d'environ 15 cm d'épaisseur. L'air froid traverse cette couche de bas en haut à une vitesse telle que le produit est soulevé et agité, c'est-à-dire fluidisé. Des petits pois, des haricots verts coupés, des frites, des fraises, des crevettes... peuvent ainsi être congelés en 6 à 15 minutes dans de l'air à -35 °C sans risque de voir les morceaux se coller les uns aux autres.

En raison de la grande vitesse de congélation, la déshydratation est faible. Chaque particule est en contact avec l'air par toute sa surface, c'est pourquoi ce système a été appelé *Individual Quick Freezing* (IQF), c'est-à-dire congélation rapide individuelle.



1. Distributeur en acier inox, avec fréquence de vibration réglable en fonction du produit
2. Dispositif automatique de lavage-séchage du tapis
3. Tapis en acier inox à mailles spéciales
4. Ventilateurs centrifuges à débit variable
5. Moteurs d'entraînement des ventilateurs
6. Portillon de contrôle et d'inspection des tapis
7. Batteries d'évaporateurs en tubes d'acier à ailette planes, à pas dégressif, galvanisées à chaud
8. Passerelle d'inspection
9. Produit en cours de surgélation
10. Station de transfert entre les deux zones
11. Rampe de dégivrage à la vapeur
12. Cabine isolante
13. Portillon de contrôle du processus de surgélation. Emplacement au choix du client
14. Station de déchargeement avec goulotte en acier inox
15. Moto-réducteur pour l'avancement des tapis avec variation de la vitesse réglable en fonction du produit.

Congélateur à lit fluidisé (document Samifi-Babcock)

#### 8.4.4.2. Procédés de congélation utilisant le contact

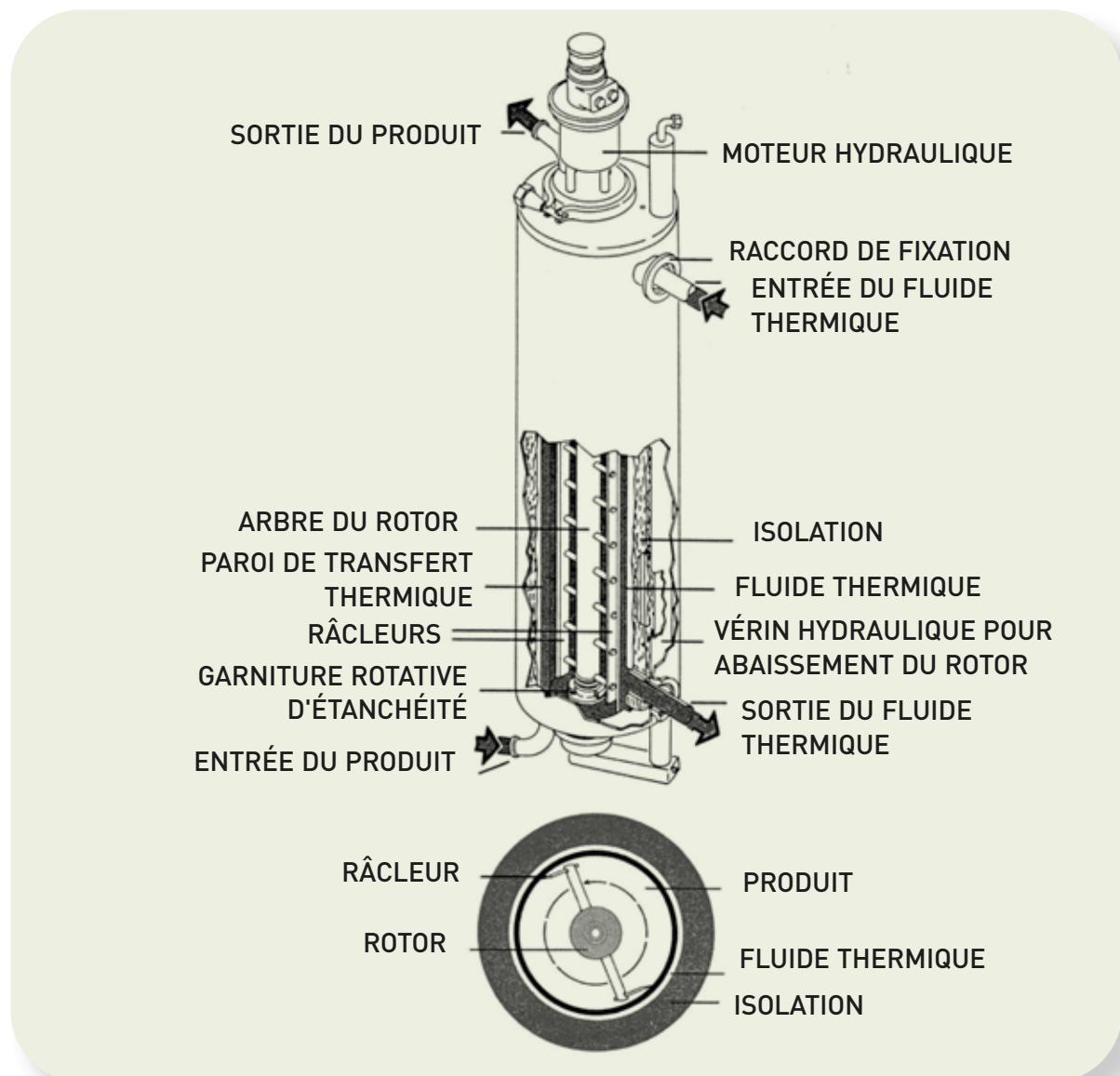
Le principe de fonctionnement est basé sur le contact entre le produit et une surface suffisamment refroidie grâce à un liquide réfrigérant.

- **Congélateurs par contact indirect: congélateur à plaques**

Le produit emballé ou non est congelé par contact avec une surface métallique maintenue froide par circulation d'un fluide réfrigérant (saumure, ammoniac, fréons...). L'avantage de cette technique est qu'il y a très peu de déshydratation du produit.

- **Congélateur tubulaire**

Il s'agit d'un échangeur de chaleur tubulaire dont la surface interne est constamment raclée et refroidie par un fluide réfrigérant. Le produit n'est congelé que jusqu'à l'obtention d'une consistance pâteuse, de façon à pouvoir être pompé et conditionné, après quoi un refroidissement supplémentaire en complète le durcissement.



Vue éclatée et coupe transversale d'un échangeur de chaleur à surface raclée (document Alfa-Laval)

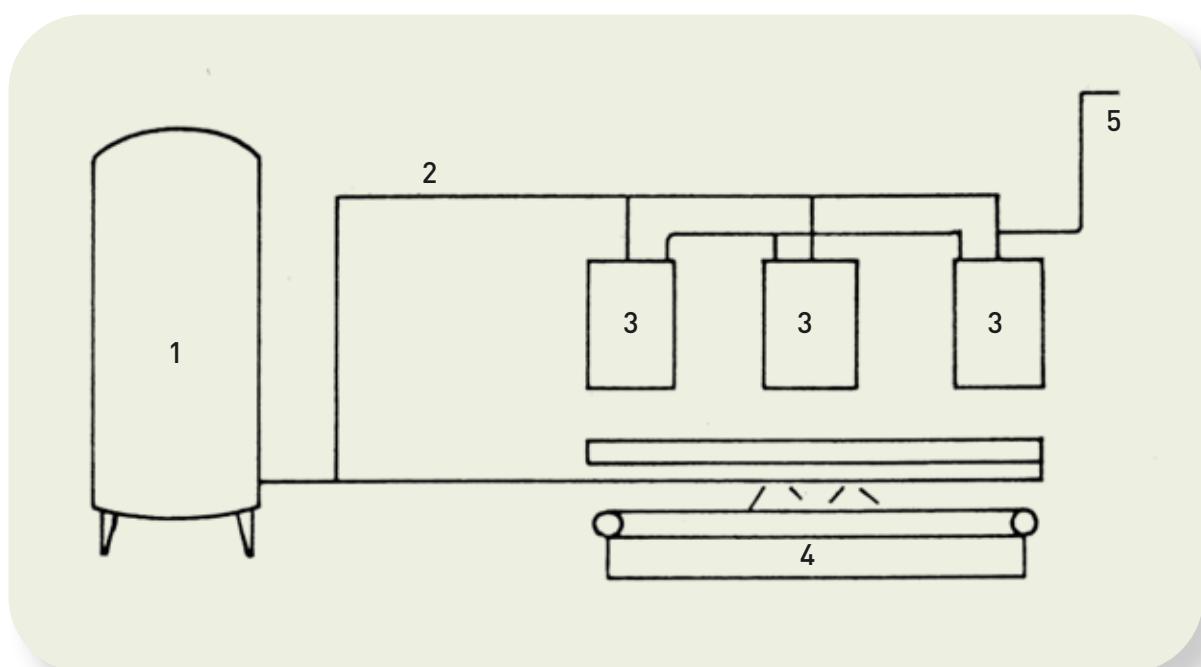
#### 8.4.4.3. Procédés de congélation par cryogénie

La congélation cryogénique (ou directe) consiste à mettre le produit directement en contact avec une source de froid, par aspersion d'un liquide, comme l'azote liquide ou le CO<sub>2</sub> liquide, qui s'évaporent au contact du produit. Le refroidissement est intense grâce aux coefficients de transfert de chaleur importants et à la possibilité d'utiliser des températures très basses : - 196 °C pour l'azote liquide. Dans ce cas, l'apport frigorifique est apporté par la chaleur latente d'évaporation du liquide en contact avec le produit (l'azote liquide s'évapore à - 196 °C et le CO<sub>2</sub> liquide s'évapore à - 54 °C). En raison du contact avec l'aliment, le fluide doit présenter diverses propriétés : absence de toxicité, absence d'odeur et de saveur, faible pénétration dans l'aliment, absence de réactivité avec ce dernier, faible viscosité, capacité thermique élevée, faible corrosivité vis à vis des appareils.

Ce système de congélation a l'avantage d'être rapide, réduit les pertes de poids et ne nécessite pas une installation frigorifique proprement dite. Toutefois, il est assez coûteux et ne peut être donc utilisé que pour les produits alimentaires à haute valeur marchande. Cette technique permet aussi d'obtenir des produits surgelés de manière individuelle (sans se coller) ou procédé «IQF» (*Individually Quick Frozen*, c'est-à-dire congélation rapide individuelle).

Les surgélateurs sont constitués d'un tunnel où le gaz est vaporisé par des buses d'aspersion munies d'électrovannes, commandées par un thermostat. Un ventilateur permet d'homogénéiser la distribution du fluide.

En raison du coût élevé de fonctionnement (consommation élevée de gaz, 1 à 1,5 kg de CO<sub>2</sub> ou 1 à 1,5 l d'azote par kg de produit congelé), ce procédé est surtout utilisé pour des produits en cours de mise au point ou pour des produits fragiles à valeur ajoutée importante.



Principe de fonctionnement d'un surgélateur par cryogénie :

1. Stockage azote liquide ; 2. Température d'alimentation ; 3. Armoires de surgélation ;
4. Tunnel de surgélation ; 5. Tuyauterie d'évacuation

# Chapitre 9

## Conditionnement et marquage des produits

9.1. Le conditionnement .....	260
9.2. Installations de conditionnement .....	263
9.3. Opérations de conditionnement .....	269
9.4. Les emballages .....	279
9.5. Les matériaux d'emballage .....	290
9.6. Palettisation des emballages .....	305
9.7. Le marquage des produits .....	308

## 9.1. LE CONDITIONNEMENT

### 9.1.1. Définition et cadre réglementaire

Le conditionnement des produits alimentaires, frais ou transformés, comprend plusieurs éléments.

1. **Un ensemble d'opérations unitaires** qui sont réalisées en post-production ou après transformation, manuellement ou sur une chaîne (semi-)automatisée de conditionnement en fonction des volumes, pour faciliter leur stockage, leur transport, leur distribution et leur mise en vente sur le marché (ex.: mise en rayons dans les supermarchés).

Toutes ces opérations, de la plus simple à la plus sophistiquée, peuvent être selon les cas et la taille de l'entreprise, réalisées sur l'exploitation agricole (déjà sur le lieu de récolte), dans des stations fruitières et légumières, en atelier, en usine, au sein de coopératives ou dans des centrales d'achats.

2. **Les emballages** qui sont les moyens de contenir et protéger les produits alimentaires de la contamination ou des pertes et dommages causés, par exemple, par les chocs, la compression, les nuisibles ou simplement par les conditions du milieu (température, humidité relative de l'air ou même odeurs présentes dans l'air).

Les matériaux d'emballage doivent assurer une protection efficace des produits afin de réduire au minimum la détérioration, la contamination, empêcher les dégâts et permettre un étiquetage adéquat. Les matériaux d'emballage et, le cas échéant, les gaz utilisés dans le conditionnement, ne doivent ni être toxiques ni représenter une menace pour la sécurité (ex.: éviter la migration de substances chimiques dans le produit emballé) et la salubrité des aliments (ex.: garantir l'hygiène) dans les conditions d'entreposage et d'utilisation stipulées.

Les emballages peuvent être à usage unique (recyclables ou non) ou réutilisables, mais ils devront alors être suffisamment durables, faciles à nettoyer et, au besoin, à désinfecter.

3. **Le marquage des produits**, qui comprend «l'étiquetage», permet d'identifier un produit et de donner des informations au consommateur. Il constitue donc la «carte d'identité» d'un produit.

Le marquage comporte deux parties (un marquage informatif et un marquage nutritionnel) et comporte un certain nombre de mentions obligatoires répondant à des normes de commercialisation, qui précisent notamment les exigences réglementaires de marquage. Les normes de commercialisation applicables dépendent du produit végétal (de l'espèce). La majorité des fruits et légumes sont soit soumis à la norme générale, soit à une norme spécifique, soit à une norme particulière (ex.: la pomme de terre). Il existe différentes normes: normes CEE-ONU et norme Codex de l'espèce considérée; en l'absence de normes, des dispositions particulières s'appliqueront, notamment le respect de décrets ou d'arrêtés ministériels.

L'étiquette, qui est apposée sur l'emballage, permet la « traçabilité » des produits (grâce au numéro de lot notamment, au code à barres, etc.) et elle reprend de nombreuses informations, dont certaines sont obligatoires. Mais les informations apposées sur les denrées alimentaires ne peuvent pas induire le consommateur en erreur. Elles doivent être précises, claires et aisément compréhensibles.

C'est pourquoi l'étiquetage fait généralement l'objet d'un contrôle officiel par les autorités compétentes.

Le conditionnement, l'emballage et le marquage, des fruits et légumes frais ou transformés, sont des aspects étroitement liés. En effet, le choix d'un procédé de conditionnement implique le choix d'un emballage alimentaire adéquat et vice-versa, et ce, afin d'assurer la compatibilité contenant/contenu et la bonne conservation des fruits et légumes emballés. L'emballage/conditionnement demeure un maillon essentiel de la chaîne de production qui relie le produit brut au consommateur final.

Les réglementations – internationale et nationale – encadrent le conditionnement, imposant des règles, des normes et des directives<sup>55</sup> qui ne répondent pas seulement aux exigences en matière d'hygiène et de sécurité des aliments. Citons à titre d'exemples :

- la norme générale pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées (*Codex STAN 1-1985*) ;
- les directives concernant la production, la transformation, l'étiquetage et la commercialisation des aliments issus de l'agriculture biologique (*CXG 32-1999*) ;
- les directives concernant l'étiquetage nutritionnel (*CXG 2-1985*).

Il est aussi conseillé de se référer également au document du *Codex Alimentarius*, *Étiquetage des denrées alimentaires* (5<sup>e</sup> éd., 2007) et, pour les produits expédiés vers l'Union européenne, au règlement (UE) n°1169/2011 concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires.

Nous allons donc passer maintenant en revue successivement chacun de ces trois aspects : le processus de conditionnement, les divers emballages, et leurs propriétés et intérêts respectifs, pour des produits frais ou des produits transformés ; enfin, nous aborderons plus en détail le marquage et l'étiquetage des produits alimentaires<sup>56</sup>.

---

55 Consulter : [www.fao.org/3/a-a1389f.pdf](http://www.fao.org/3/a-a1389f.pdf), et  
<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/fr/>

56 Voir aussi le manuel du COLEACP consacré à la traçabilité des produits.

### 9.1.2. Fonctions du conditionnement

Selon la FAO, le conditionnement remplit des fonctions essentielles : des fonctions techniques (logistique et protection) et des fonctions commerciales (information et marketing). On peut aussi distinguer les fonctions suivantes.

#### 9.1.2.1. Des fonctions traditionnelles

- Fonction logistique : elle sert à contenir, transporter et vendre. L'emballage doit faciliter les opérations de manutention, de stockage, de transport et de distribution des marchandises.
- Fonction de protection : l'emballage doit protéger le produit qu'il contient, le consommateur/utilisateur qui va le recevoir, et l'environnement dans lequel le produit sera utilisé. Exemples : bouteilles, boîtes de conserve...
- Fonction d'information : l'emballage doit fournir une réponse à toutes les questions envisageables **sur l'origine, la composition, la manutention, le transport et l'utilisation du produit**. C'est pourquoi **différents types de marquages** sont retrouvés sur les emballages : le marquage commercial, le marquage de sécurité, le mode d'emploi et les mentions légales obligatoires.
- Fonction marketing : l'emballage, unique lien entre le consommateur/ utilisateur et le fabricant, doit attirer le client, l'inviter à s'intéresser au produit. La fonction «vente» (marketing) sous-entend cinq fonctions : alerte, attribution, service, information et positionnement.

#### 9.1.2.2. Des fonctions modernes

- Une fonction régulatrice, par la liberté de choix qu'il doit offrir au consommateur, les devoirs du producteur et du distributeur qu'il entraîne en fonction des multiples situations de consommation et de libre circulation des produits.
- Une fonction économique et écologique concernant sa deuxième vie après usage : réutilisation et remplissage, revalorisation par recyclage des matières et la valorisation thermique. Cette dernière fonction est la priorité choisie par les pays industrialisés.

### 9.1.3. Problématiques liées au conditionnement

Pour être complets, rappelons que le développement de l'emballage pose aussi des problèmes environnementaux, renvoyant à l'analyse du cycle de vie (ACV) des produits comme :

- le recyclage (métal, plastique, papiers, cartons),
- la réutilisation des emballages (parfois à risque quand les emballages alimentaires sont utilisés comme contenants pour des pesticides avec un risque évident d'accident par confusion),
- les aspects de biodégradabilité des emballages,
- les aspects liés à l'éducation et à la vulgarisation du recyclage, par exemple.

## 9.2. INSTALLATIONS DE CONDITIONNEMENT

Pour être réalisées dans de bonnes conditions (hygiène et sécurité), ces opérations nécessitent de disposer d'installations adaptées au volume de produit à conditionner. La taille, mais aussi la conception de l'atelier d'emballage ainsi que le matériel et les installations dont il disposera dépendront de la nature et du volume du produit, des exigences du marché, des infrastructures locales, de sa durée d'existence prévue et de son coût estimatif.

### 9.2.1. Installations de conditionnement pour des entreprises artisanales (de petites ou très petites tailles)

**Tant que l'entreprise reste à un niveau de production artisanale**, avec un volume limité adressé au marché local, des locaux simples, mais propres suffisent. Le point crucial dans ce genre d'installations rudimentaires (qui tiennent plus de la cuisine que de l'atelier) est la maîtrise de l'hygiène, souvent aléatoire, faute d'information, de ressources et de discipline du personnel. **Il est très compliqué d'éviter les pertes et d'assurer une hygiène de base dans des locaux exigus, mal conçus, mal éclairés, dont le sol et les murs ne sont pas aisés à nettoyer.**



Deux exemples d'installations rudimentaires observées dans de très petites entreprises  
(Photos B. Schiffers)



Quand l'entreprise manque de place, il n'est pas rare de voir alors les activités s'étendre en extérieur, avec tous les risques que cela comporte pour les produits (Photo B. Schiffers).

Pour ce genre d'entreprises, les matériaux de construction et le type de bâtiment dépendront des produits à manipuler, des volumes prévus, du marché à desservir et des moyens financiers. **Les opérations de faible envergure peuvent s'accommoder de bâtiments relativement simples et peu coûteux.** Quelques conditions seront toutefois à réunir :

- une bonne protection contre le soleil et la pluie sera assurée par une vaste toiture débordant d'au moins un mètre de tous côtés ;
- une bonne ventilation, mais aussi la protection contre les rafales de pluie et la poussière seront normalement assurées par des parois ménageant pour l'aération un espace suffisant sous la toiture ;
- un sol plan, en dur, permettra aux personnes et aux produits de se mouvoir facilement et en toute sécurité.

Cependant, il est inutile également de surdimensionner les installations de conditionnement, spécialement si le produit est peu sensible aux contaminations et peu périssable (ex. : produits à base d'alcool; produits très salés ou très sucrés; produits secs). Une structure en bois avec toiture et parois en tôle ondulée peut suffire (attention à bien ventiler à cause de la chaleur sous le toit!).

### 9.2.2. Installations de conditionnement pour des entreprises de grande taille

Pour les installations de grande taille, le choix d'un site est également important. Selon la FAO, le site doit au moins répondre aux critères suivants :

- le site doit être en terrain plat et, si possible, abrité des vents violents ;
- s'il doit s'agir d'un établissement d'emballage permanent, les agrandissements nécessaires devront être possibles ;
- il convient de prévoir une aire suffisante pour les mouvements et le stationnement des véhicules attendus sur le site en période de pointe ; les chaussées d'accès doivent avoir au moins 3,5 m de large ;
- le système d'égouts doit être suffisant pour assurer l'évacuation des eaux pluviales et de l'eau destinée aux opérations d'emballage ;
- le site doit se prêter aux mesures de sécurité : clôture, gardiennage, etc.

Avant de choisir une implantation, il convient de vérifier la qualité de l'eau qui servira à laver les produits, surtout si elle est puisée dans des rivières ou des plans d'eau, afin de s'assurer qu'elle n'est pas polluée par les égouts, les effluents industriels, les pesticides, les herbicides ou les engrais.

Quand l'entreprise grandit, l'atelier de conditionnement doit impérativement être réfléchi et bien organisé en différentes « zones » de travail. Voici quelques exemples.

- **Une zone de réception** organisée de telle sorte que les produits subissent les diverses opérations d'emballage dans l'ordre des arrivages : le premier entré doit être le premier sorti. Cette zone assure la réception, le triage et le nettoyage des produits, y compris le lavage, le cas échéant. Il faut s'attendre à ce qu'elle soit souillée de terre, de poussière et de débris végétaux en décomposition. Pour bien faire, elle devrait être séparée (par des portes, par exemple) des autres activités, de manière à limiter la contamination des produits nettoyés, triés et emballés.
- **Une zone d'entreposage des emballages vides** (cartons) pour les garder au sec et à l'abri des poussières, des fientes d'oiseaux, des nuisibles en général.

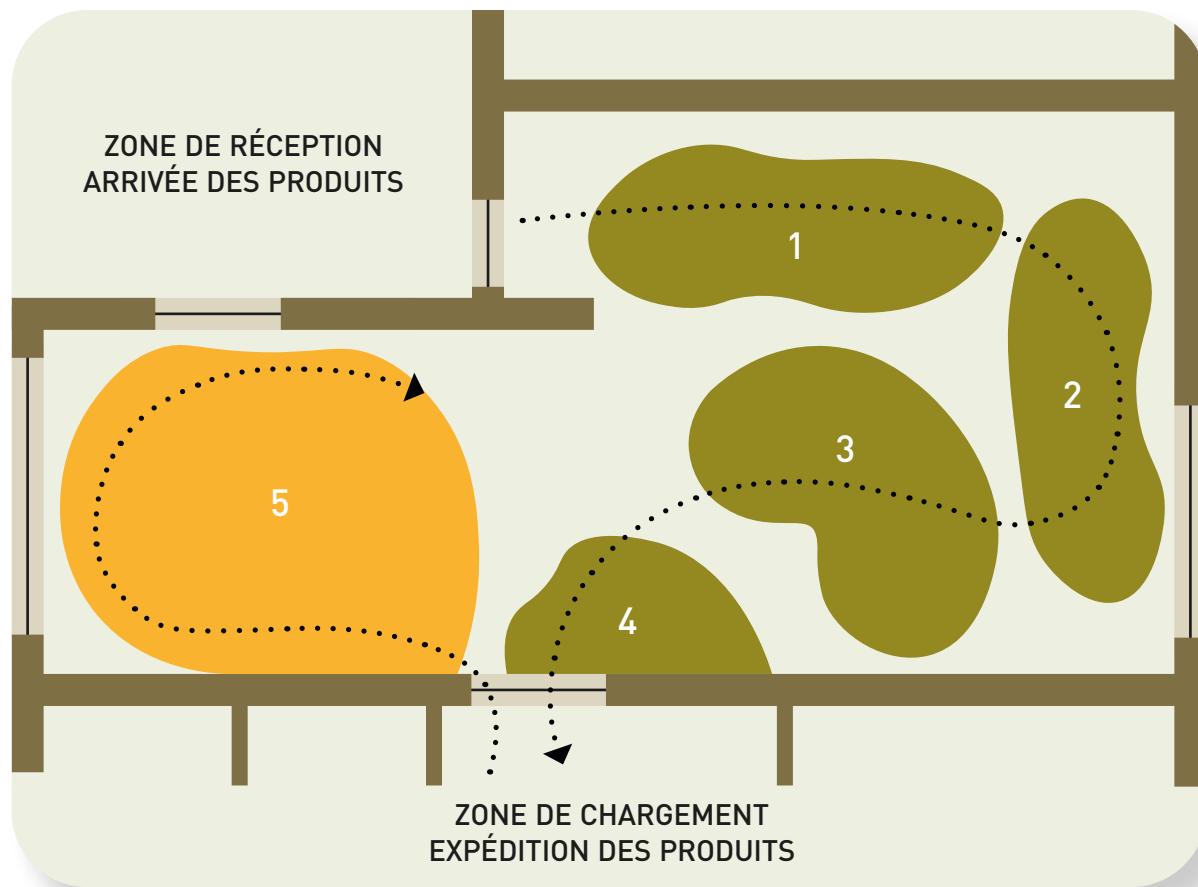


Exemple de zone de stockage des cartons (Photo B. Schiffers)

- **Une zone d'emballage et de marquage.** Elle comprendra les installations destinées aux traitements spéciaux, y compris les installations de séchage des produits lavés et/ou traités, ou des deux. La principale activité sera l'emballage des produits nettoyés, avec installations de tri et de calibrage, si nécessaire.
- **Une zone de vérification** avant stockage et expédition.
- **Une zone de stockage des produits emballés.** Les produits emballés seront protégés du soleil et de la pluie, de la chaleur et de l'eau qui peuvent détériorer rapidement les produits et endommager sérieusement les cartons d'emballage et décoller les étiquettes.
- **Une zone de chargement des produits.** Cette zone doit être implantée à proximité des opérations d'emballage, mais doit être strictement exempte de tout équipement fixe. La zone doit être suffisamment spacieuse pour permettre l'entreposage temporaire des produits emballés, sans que les mouvements des employés et des produits manutentionnés soient aucunement générés. La zone d'expédition doit être propre et bien aérée. C'est là que pourrait être situé, le cas échéant, le local à usage de bureau ou de contrôle de la qualité.



La distribution des locaux doit être pensée avec le souci de respecter le principe dit «de la marche en avant». La zone de réception sera donc d'un côté et la zone d'expédition sera du côté opposé. Ainsi, le produit traverse les installations (en général disposées sur un seul niveau par commodité), en passant des zones sales aux zones de plus en plus propres.



1. Nettoyage/lavage
2. Production/transformation
3. Emballage/marquage
4. Vérification/stockage
5. Emballages vides et propres/étiquettes ; bureaux

Les ateliers d'emballage permanents doivent comporter des sols en béton antidérapants, dotés de rigoles d'évacuation pour faciliter le nettoyage. Il serait avantageux de prévoir un traitement superficiel anti-poussières du béton.



Exemple d'un vaste atelier de conditionnement, avec chambres frigorifiques, au Sénégal  
(Photos B. Schiffers)

## 9.3. OPÉRATIONS DE CONDITIONNEMENT

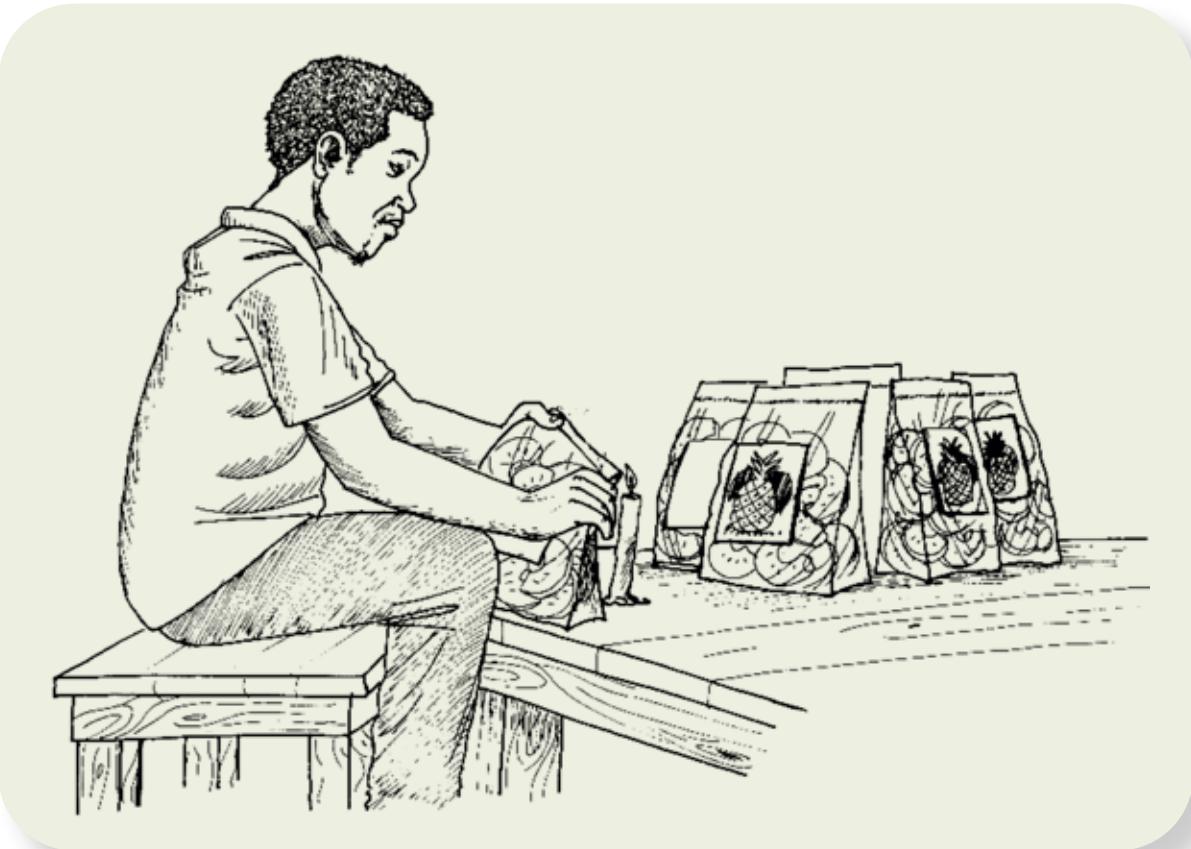
### 9.3.1. Rappel des principales opérations de conditionnement

Dans un des chapitres précédents, nous avons déjà présenté la plupart des opérations qui suivent la récolte. Elles ont également été reprises dans les schémas des processus de production des divers produits transformés (jus, confitures, marmelades, purées, etc.). En gros, la plupart de ces opérations poursuivent les mêmes objectifs, suivent la même logique et sont donc pratiquement toujours les mêmes :

- réception des lots de matières premières : déchargement, vérifications, enregistrement ;
- tri des produits à la réception (pour éliminer les éléments invendables et les corps étrangers comme : débris végétaux, terre ou pierre) et évacuation des déchets ;
- nettoyage ou parfois lavage (en principe, seulement en cas d'absolue nécessité), suivi d'un égouttage ;
- immersion dans un bain ou pulvérisation avec un antifongique (surtout en cas de stockage prolongé, d'expédition lointaine) ; application de cire pour limiter la déperdition d'eau ou d'une autre substance si nécessaire ;
- sélection et calibrage des produits (triaje selon la qualité et la grosseur) ;
- emballage et marquage des produits ;
- vérification après emballage (vérification du volume ou poids ; échantillonnage ; certification éventuelle, après traitement phytosanitaire le cas échéant) ;
- parfois, traitements spéciaux (déverdissage, déclenchement du mûrissement au moyen de l'éthylène) ;
- stockage et refroidissement ;
- groupage et préparation pour l'expédition.

### 9.3.2. Conditionnement de très petites quantités

Dans les petits établissements, quand le produit n'est pas commercialisé en vrac, le conditionnement consiste à **remplir à la main les emballages** dans lesquels se fera la commercialisation. Beaucoup de produits étant encore achetés et vendus au poids, la plupart des ateliers d'emballage devront disposer de moyens de pesage. Il existe de nombreux types de balances (balances à fléaux, trébuchets électroniques).



Voici les étapes d'emballage et stockage de produits à petite échelle selon AGRODOK (CTA).

- Emballez les légumes et les fruits secs dans des sachets noirs en plastique, hermétiques et étanches.
- Scellez les sacs à la flamme d'une bougie. Vous pouvez également employer une machine à sceller (thermoscelleuse).
- Indiquez sur les sacs la date de fabrication et celle de péremption du produit (après six mois).
- Placez les sachets dans un carton pour éviter l'altération par la lumière.
- Stockez les cartons dans un endroit sec et frais.

### 9.3.3. Opérations de conditionnement des fruits et légumes frais

De façon générale, les opérations de conditionnement pour ce type de produit commercialisé frais sont les suivantes.

- **Déchargement des chariots de récolte:** des modules standard permettent l'enlèvement automatique des piles de caisses pleines à partir des chariots de récolte et leur distribution à l'unité vers des postes de mise à poids, de calibrage automatique ou de la palettisation.



- **Poste de tri et de mise au poids:** lignes de tri, de conditionnement, de mise au poids des caisses de produits. Ergonomie et fonctionnalité sont les critères retenus pour l'étude de ces postes. Ils sont personnalisés en fonction des produits travaillés et des cadences souhaitées.



- **Alimentation des calibreuses automatiques**: déversement cadencé et souple permettant le respect du produit et l'alimentation en continu des calibreuses rotatives ou en ligne. Gestion des caisses vides pour l'alimentation des postes de mise en emballage.



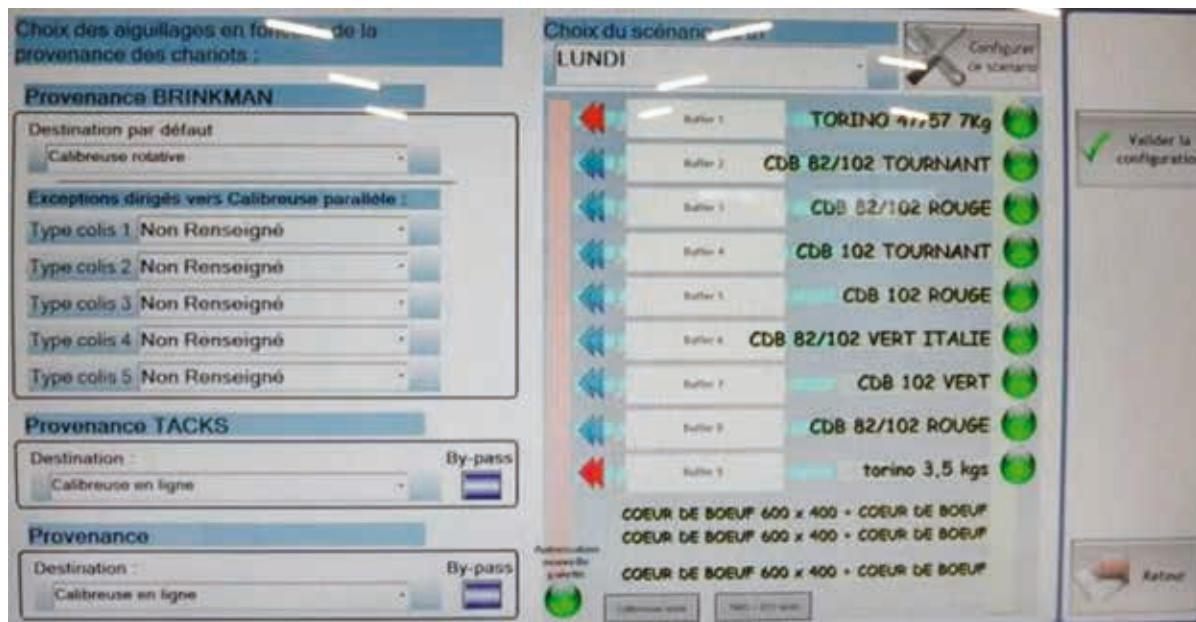
- **Contrôle et tri des emballages (caisse en cartons, bois, plastique) en fonction des produits, calibres et couleurs**: l'usage de capteurs permet de faire la reconnaissance des différents calibres et des couleurs des produits. Ce système de contrôle permet le tri des produits pour faciliter la palettisation ou le stockage.



- **Stockage avant palettisation**: des systèmes de stockage en vertical ou en ligne permettent d'optimiser l'utilisation d'un seul palettiseur automatique à partir d'un flux de caisses contenant plusieurs références de produits.



- **Automatisme/supervision**: les systèmes de supervision par écran tactile, associés à l'automatisme, permettent le contrôle et le paramétrage des installations ; le diagnostic des défauts et une mini-gestion de production d'atelier se font selon le schéma global de conditionnement.



## SCHÉMA DE CONDITIONNEMENT AUTOMATISÉ



- Lieux de conditionnement des fruits et légumes frais

- **Conditionnement au champ:** les produits sont placés dans des caisses en carton, en matière plastique ou en bois au moment de la récolte. Certains produits sont emballés séparément. Si possible, les caisses ou cartons ainsi remplis sont acheminés vers une installation de pré-refroidissement pour éliminer la chaleur de la récolte.



Conditionnement sur place, juste après la récolte : le tri  
(Photo B. Schiffers)



Conditionnement au champ, sous abri (Photo B. Schiffers)

- **Conditionnement en station:** les produits sont transformés ou emballés dans un local fermé ou sous abri dans un point central. Les produits sont acheminés des champs vers la station d'emballage en vrac dans des caisses à claire-voie, des bacs ou des camions. Si possible, les produits, selon leur nature, devraient être pré-refroidis soit avant, soit après leur emballage pour l'expédition.



Conditionnement en station

- **Reconditionnement:** les produits sont retirés d'un premier emballage, recalibrés et placés dans un deuxième emballage. Il s'agit souvent d'un conditionnement en emballages plus petits destinés au commerce de détail ou aux consommateurs.
- **Traitements spéciaux après conditionnement**

Des traitements spéciaux après conditionnement et emballage sont appliqués à certains produits, surtout dans les grands établissements qui travaillent pour les marchés urbains et l'exportation. Voici les trois principaux traitements.

- Le traitement phytosanitaire (ex.: fumigation ; pulvérisation) est destiné à lutter contre les insectes nuisibles réglementés, tels que la mouche des fruits. Il est obligatoire pour l'importation des produits dans de nombreux pays, et suppose un équipement spécial et un personnel entraîné. À noter que les palettes et emballages en bois doivent aussi être exempts d'organismes nuisibles. Ils peuvent devoir être traités par la chaleur avant emploi.
- Le déclenchement du mûrissement des fruits : il prend plusieurs jours et suppose le traitement des fruits emballés au gaz éthylène dans des entrepôts isolés à atmosphère contrôlée. Le coût de l'opération est élevé et elle ne peut donc concerner que les grands établissements.

- Le déverdissage des agrumes : il permet de donner aux agrumes leur couleur naturelle. Les agrumes cultivés dans les régions tropicales restent verts lorsqu'ils sont mûrs, sauf s'ils sont soumis à des températures nocturnes basses. En revanche, ils prendront leur couleur naturelle normale s'ils sont artificiellement déverdis au moyen d'un traitement à l'éthylène semblable à celui qui sert à déclencher le mûrissement. Ce traitement est rarement pratiqué dans les petits établissements.

- **Entreposage des produits frais conditionnés avant expédition**

Le temps joue un rôle important dans la commercialisation des produits frais. Les retards augmentent les pertes. Une fois emballés, les produits doivent être expédiés sur le marché dans les meilleurs délais. En conséquence, la direction doit accorder un rang de priorité élevé aux dispositions relatives au transport.

Dans les petits établissements, toutefois, il faut parfois du temps avant de pouvoir réaliser un chargement complet; aussi, lorsqu'un certain temps est nécessaire pour accumuler suffisamment de produits emballés, tout doit être fait pour empêcher qu'ils ne se détériorent.

On veillera notamment aux points suivants.

- Les récipients emballés seront protégés du soleil et de la pluie; la chaleur et l'eau peuvent détériorer rapidement les produits et endommager sérieusement les cartons d'emballage.
- Les caisses emballées doivent être maniées avec précaution lorsqu'elles sont empilées pour éviter d'endommager le contenu; un contenu endommagé est sujet à la déperdition d'eau et à la décomposition.
- Les récipients emballés en attente de transport doivent être empilés de manière à être suffisamment ventilés; un produit surchauffé se détériore rapidement.

On pourra réduire au minimum les pertes de produits frais au cours des opérations d'emballage si le produit est :

- maintenu au frais autant que possible,
- tenu au sec,
- protégé des chocs,
- rapidement acheminé sur les marchés.

#### 9.3.4. Opérations de conditionnement des produits transformés

En ce qui concerne les fruits et légumes transformés, il n'existe pas un schéma unique de référence. En effet, le **conditionnement est adapté en fonction de la nature du produit final et de l'emballage qui est utilisé** (conserves, bocaux, bouteilles, sachets...). Aussi, nous décrivons de préférence les opérations de conditionnement en présentant les différentes techniques de transformation des fruits et des légumes.

Pour chaque type de produit (ex.: solide, semi-liquide, liquide, pâteux, poudreux...), le conditionnement utilisera une **technologie adaptée pour garantir les caractéristiques nutritionnelles, organoleptiques et l'état sanitaire des fruits et légumes transformés**, depuis leur fabrication jusqu'à leur utilisation finale par le consommateur.

Les premières opérations, de la réception au lavage, **sont en général identiques** à celles des produits vendus frais. Toutefois, aucun traitement antifongique ne sera bien entendu réalisé avant la transformation. Viennent ensuite les opérations de transformation, variées selon le produit fabriqué, et enfin le produit est prêt pour le conditionnement.

**Le conditionnement après transformation**, qu'il soit artisanal ou industriel, **consiste le plus souvent à remplir des «contenants» divers** (ex.: boîtes de conserve, bouteilles ou bocaux) avec le produit refroidi ou non (ex.: s'il a été chauffé pour la pasteurisation), éventuellement à l'additionner de liquide (ex.: saumure, vinaigre, alcool, sirop).

i

Ainsi, conditionner un **liquide alimentaire** consiste à **prélever une certaine quantité de ce liquide et à la loger dans une «enceinte» qui sera hermétiquement close après remplissage**. Cette enceinte peut être :

- des bouteilles à col étroit ;
- des flacons à col large ;
- des bocaux et des boîtes boisson métalliques ;
- des briques en matériaux composites (Tetra Brik ®).



Le soutirage met en œuvre deux modes de remplissage : le remplissage à niveau, qui implique un contact étroit entre le récipient et l'organe de remplissage, et le remplissage à jet libre, limité dans ses applications aux liquides plats. Quant au bouchage des bouteilles, il met en œuvre différents procédés qui exigent un profil spécifique de bagues des récipients. Le sertissage des boîtes est une opération délicate qui implique souvent une conception de la soutireuse différente de celle utilisée pour les bouteilles.

Les risques relevant des opérations de remplissage viennent surtout des facteurs suivants.

- **La manipulation du verre.** Ils varient selon que les bouteilles destinées au lavage sont neuves ou recyclées. Ils dépendent aussi des produits utilisés (eau et détergents) et des techniques mises en œuvre (lavage à la main ou mécanique, voire une combinaison des deux). Ils sont déterminés par la forme de la bouteille, la méthode de remplissage (manuelle ou sophistiquée, avec addition de dioxyde de carbone), le procédé de bouchage, la complexité du système d'empilement ou d'emballage dans des cartons ou des caisses après l'étiquetage, et enfin par les dernières opérations effectuées.
- **L'hygiène des contenants.** Ils doivent être propres et si possible stérilisés avant usage. Ainsi, le lavage des bouteilles ou des bocaux met en œuvre des machines importantes dans lesquelles les récipients subissent des trempages et des injections successives de solutions détergentes et d'eau. Pour le rinçage, des solutions antiseptiques sont injectées en plus de l'eau et suivies d'un égouttage.

## 9.4. LES EMBALLAGES

### 9.4.1. Généralités sur l'emballage

La mise au point et le développement de produits et de techniques d'emballage susceptibles de réduire les pertes alimentaires sont des enjeux mondiaux majeurs, car ces pertes concernent tout à la fois les petits producteurs vivriers pauvres et les consommateurs en situation d'insécurité alimentaire. À l'échelle mondiale, l'emballage est le troisième secteur, devancé uniquement par les secteurs de l'alimentation et de la pétrochimie. Au niveau national, il compte également parmi les cinq premiers secteurs dans presque tous les pays, avec un taux annuel de croissance compris entre 3 et 5% (supérieur à celui de la quasi-totalité des PIB nationaux).

Les innovations et les réponses apportées aujourd'hui à l'évolution des préférences et des demandes des consommateurs ont ajouté à la fonction de simple protection des fonctions de promotion, d'information, de commodité, d'éducation et de manipulation.

**L'emballage devient le cinquième pilier de la commercialisation** (avec le produit, le prix, la distribution et la promotion), en particulier parce qu'il facilite la stratégie d'image ainsi que la différenciation et l'identification des produits, opérations plus faciles à réaliser sur le lieu d'achat.

Dans la plupart des pays en développement, on utilise des paniers, sacs ou plateaux traditionnels pour transporter les produits jusqu'au marché. Ces récipients sont généralement peu coûteux, fabriqués au moyen de matériaux faciles à trouver tels qu'herbes sèches, feuilles de palmier ou bambou. S'ils se prêtent bien au transport de produits frais sur de courtes distances, **ils présentent de nombreux inconvénients** dans le cas des grands chargements expédiés très loin.

Les produits en grandes quantités destinés au commerce de gros doivent être mieux emballés **pour limiter les pertes et rentabiliser les moyens de transport**. Il s'agit d'empêcher que les produits ne s'abîment en cours de manutention, de transport et de stockage, et de fournir des récipients de capacité uniforme, faciles à manipuler et à compter.

Le recours à des emballages normalisés permet d'éviter d'avoir à répéter les pesées et peut faciliter la manutention, le gerbage et le chargement. Beaucoup d'emballages sont fabriqués à partir de papier et de dérivés du papier (carton compressé et carton ondulé), de bois et de dérivés du bois (bois scié et particules), ainsi que de matières plastiques, souples ou rigides. Chaque type d'emballage doit être mûrement considéré du point de vue de son utilité, de son coût et de la valorisation du produit.

### 9.4.2. Emballage et pertes de produits alimentaires dans les chaînes de valeur

L'emballage est présent tout au long de la chaîne de valeur et relève de la responsabilité commune de l'ensemble des partenaires commerciaux. Dans les pays en développement, les pertes les plus importantes se produisent avant et juste après la récolte, ce qui souligne la nécessité d'axer les efforts sur les solutions d'emballage et les infrastructures reliant les exploitations aux marchés, indispensables à ces

stades de la chaîne de valeur. Cette situation contraste fortement avec celle des pays industrialisés, où les plus grandes pertes sont enregistrées aux stades de la vente au détail et de la consommation.

En règle générale, les produits constituent des ressources plus précieuses que les emballages utilisés pour les protéger, et ont une valeur intrinsèque supérieure à celle de ces derniers. Les pertes de produits dues à des emballages insuffisamment efficaces pourraient donc avoir sur l'environnement des effets néfastes supérieurs aux gains obtenus par la réduction des emballages eux-mêmes.

Connaître la nature des pertes, le niveau et le moment où elles se produisent ainsi que la manière dont elles surviennent peut aider à définir précisément les solutions (emballages, notamment) qui permettront de les diminuer. Pour s'attaquer aux pertes de produits alimentaires, il est également essentiel de savoir quelles sont les solutions d'emballage existantes ou qui devraient être utilisables à terme.

**Il est indéniable qu'aujourd'hui, la distribution de tout produit, particulièrement les produits consommables, ne peut se faire sans emballage.** Les matériaux d'emballage et les technologies d'application sont en pleine expansion dans les pays avancés, alors que les pays en développement restent en marge de ce progrès (4<sup>e</sup> gamme : conservation en atmosphère contrôlée).

L'emballage présente l'une des caractéristiques qualitatives principalement dans la conservation et la distribution. Quand on parle d'emballage, on sous-entend le conditionnement (sans conditionnement, pas d'emballage). L'emballage et le conditionnement doivent être considérés comme une opération du procédé de fabrication. Tout projet doit l'intégrer comme tel et non comme une «pièce rapportée».

#### 9.4.3. Fonctions de l'emballage

L'emballage revient à mettre le produit à l'intérieur d'un conteneur doté de matériaux d'emballage qui l'immobilisera (plateaux en plastique ou papier mâché moulé, pièces insérées, coussinets, etc.) et le protégera (film plastique, doublures cirées, etc.). L'emballage vise à atteindre **trois objectifs de base**:

- **contenir le produit, et faciliter sa manipulation et sa commercialisation** en établissant des standards quant au nombre ou au poids du contenu de chaque emballage et en améliorant la présentation du produit ;
- **protéger les produits et marchandises contre les agressions externes :** climatiques (température, HR, UV et dépressurisation), physiques (chocs, chutes, vibrations, etc.), animales (rongeurs et insectes, etc.), microbes et autres micro-organismes, odeurs (problème des épiceries), vols (manumission : terme utilisé pour indiquer les possibilités de vol); meurtrissures (impacts, compression, frottement et lésions) pendant le transport, le stockage et la commercialisation ;
- **offrir des informations au client,** concernant la variété, le poids, le nombre, la démarche de sélection ou le niveau de qualité du produit, le nom du producteur, le pays, la région d'origine, etc. ; il est aussi tout à fait fréquent de joindre à l'emballage des recettes, la valeur nutritive, les codes à barres du produit ou toute autre information permettant de retracer son origine.

Il existe une très grande variété d'emballages et de matériaux d'emballage. Actuellement, la technologie permet de répondre aux préoccupations des emballeurs pour peu que les caractéristiques du produit, de sa durée de vie, du système de manipulation, de stockage et de distribution, soient connues. Pour répondre à ces préoccupations, l'établissement d'un cahier des charges, l'adoption des normes et encore mieux la mise en place d'une réglementation (la santé, l'hygiène et la sécurité) sont les instruments de l'amélioration de la qualité.

Un «paquet» bien conçu sera forcément adapté aux conditions ou au traitement spécifique du produit. Par exemple, si celui-ci doit être refroidi par eau ou par glace, il doit pouvoir tolérer l'humidité sans perdre de son efficacité. Pour un produit au taux de respiration élevé, il faudra un emballage disposant d'ouvertures assez grandes pour permettre un échange de gaz suffisant. Lorsque le produit se déshydrate facilement, le paquet sera conçu de manière à offrir une barrière efficace contre la perte d'eau, etc. L'utilisation de matériaux semi-perméables permet de créer à l'intérieur des paquets une atmosphère spéciale propice au maintien de la fraîcheur du produit.

#### 9.4.4. Tendances de l'emballage et perspectives de développement

Le système alimentaire mondial connaît actuellement de nombreux changements dans la façon dont les aliments sont produits, distribués, entreposés, transformés et vendus. D'un côté, ce dynamisme accru du système alimentaire pose de multiples défis au secteur de l'emballage, mais, de l'autre, il lui ouvre des débouchés et des possibilités qui devraient lui permettre de se développer et de relever ces défis efficacement.

Le fait que l'on s'oriente vers une transformation locale des produits d'exportation traditionnels ainsi que l'introduction sur le marché mondial de nouveaux produits de consommation emballés en provenance des pays en développement nécessiteront de la part des exportateurs de ces pays une compréhension approfondie des exigences des consommateurs des pays industrialisés. Ces changements apporteront leur lot de défis, car les exportateurs des pays en développement devront commercialiser les produits directement auprès des consommateurs des marchés cibles, utiliser leur propre nom de marque, rester compétitifs en matière de création d'emballages et maintenir un niveau élevé de qualité. Ces problématiques ne seront pas l'exclusivité des exportateurs, mais concerneront aussi le secteur de l'emballage des pays en développement.

Dans les pays en développement, la tendance générale des entreprises de fabrication d'emballage à **se rapprocher de leurs clients** ouvre de multiples possibilités d'investissement dans ce secteur. L'intérêt que suscitent, en raison de leur exotisme, les produits (fruits et légumes notamment) des économies en développement du sud sur les marchés du nord et de l'ouest devra être étendu à leurs emballages. Si, de manière générale, la fragilité relative et la durée de vie assez courte des matériaux locaux limitent leur emploi comme matières premières pour l'emballage, leur utilisation sous des formes innovantes en combinaison avec d'autres matériaux, aidée par la recherche et les avancées technologiques, est un domaine dans lequel il est intéressant d'investir.

La normalisation des conteneurs est une stratégie de réduction des coûts et a donné naissance à un éventail plus large de formats d'emballage afin de répondre aux besoins divers des grossistes, des consommateurs, des acheteurs des services de restauration et des entreprises de transformation.

Sur les trois branches du secteur, la fabrication d'emballages ouvre davantage de perspectives que les machines ou les services dans les pays en développement. Cette situation s'explique notamment par le fait que la branche des machines d'emballage est fortement dominée par les pays développés. À court et moyen termes, il serait utile d'étudier les débouchés dont le marché des machines d'occasion est porteur. À long terme, cependant, les pays en développement auraient davantage intérêt à examiner les possibilités qu'offre la production locale de machines d'emballage simples adaptées à leurs besoins et à leurs exigences. L'expansion de la branche des services d'emballage, notamment les services de préemballage et l'externalisation, donnera une impulsion dont a tant besoin le secteur de l'emballage alimentaire des pays en développement. Ces services feront baisser le coût de l'emballage et du conditionnement, lesquels deviendront plus abordables, mais permettront aussi aux exportateurs, en particulier aux PME, de réaliser des gains d'efficience sur la manutention et la distribution.

Devant la pénurie de matériaux d'emballage dans les pays en développement, assouplir légèrement la réglementation sur les emballages sans sacrifier la sécurité sanitaire des aliments pourrait certainement aider le secteur. On pourrait, par exemple, autoriser l'utilisation de matériaux d'emballage recyclés lorsqu'ils ne posent pas de problème de contamination des aliments (comme dans le cas des aliments déshydratés). Un tel assouplissement des normes d'emballage permettrait d'augmenter l'offre de matériaux d'emballage tout en apportant des solutions aux problèmes de pertes de produits alimentaires.

#### 9.4.5. Facteurs qui déterminent le choix de l'emballage

La sélection du meilleur emballage vise à réduire les coûts directs (achats de matériaux et gestion des déchets) et indirects (processus d'emballage, manutention, stockage et perte dues à des dommages).

Voici les principaux aspects qui conditionnent le choix des différents types d'emballage.

- Les caractéristiques du produit, par exemple, son état (liquide, solide, gazeux), son poids et son volume, sa fragilité, sa stabilité (s'il se déforme ou s'il reste rigide), s'il est périssable ou non, son degré de dangerosité et sa valeur.
- Le processus de production et d'emballage déterminera le type d'emballages primaires et secondaires à employer. Les formats seront différents si l'emballage s'effectue manuellement ou de manière automatique.
- La manutention pendant le transport et le stockage: de nombreux aspects doivent être pris en compte, comme la hauteur d'empilement qu'il doit supporter, la durée de stockage, les différentes méthodes de transport utilisées par l'entreprise (elles peuvent provoquer des vibrations qui affectent

le produit), le nombre de chargements et de déchargements qu'il va subir, sa relation avec la logistique inverse (par exemple, certains emballages secondaires sont préparés pour être réutilisés), ainsi que la température et l'humidité auxquelles va être soumis le produit lors des opérations de stockage et de transport.

- L'impact environnemental des déchets d'emballage et les options de recyclage ou de réutilisation.
- Le point de vente: sa place dans le magasin et la manutention dont il va avoir besoin doivent être prises en considération. En outre, s'il s'agit de commerce électronique, il convient de prendre en compte le moment de déballage ou une boîte vu qu'il s'agit du premier contact physique du client avec la marque et son produit.
- La législation et la réglementation qui régissent les caractéristiques des emballages, par exemple, les normes techniques (des standards tels que l'UNE ou l'ISO), les règlements de transport international (par exemple, la Norme internationale pour des mesures phytosanitaires n° 15 ou NIMP-15).

#### 9.4.6. Les niveaux d'emballage

Il existe deux types de classification au niveau de la fonction. Cependant, les principes développés par les deux types de classification se rejoignent dans leur vision. Le conditionnement d'un produit est formé par plusieurs couches d'emballage. Voici leur définition selon la directive 94/62/CE de l'UE.

##### 9.4.6.1. Emballage primaire, emballage de vente ou unité de consommation

L'**emballage primaire** contient et protège le produit. Il est en contact direct avec l'article qu'il doit maintenir dans des conditions optimales. Cet emballage définit la plus petite unité de consommation et permet la vente unitaire du produit. Il prend des formes diverses : boîtes de conserve, pots, sacs, bouteilles ...

**Les fonctions de cet emballage primaire** sont les suivantes :

- identifier le produit selon les normes en vigueur et montrer les informations relatives à son utilisation, ainsi que d'autres données fondamentales, comme la date de péremption ;
- selon le produit, il doit également remplir le rôle important d'**identification de la marque** et attirer davantage le consommateur ;
- garantir une **position stable dans le rayon de vente** du magasin (qu'il ne tombe pas) ;
- garantir l'**isolement du contenu** ;
- protéger le produit avec le **minimum de matériau possible**.



Emballage primaire (avocats, jus de mangues et mangues séchées et ananas sont directement en contact avec l'emballage)

#### 9.4.6.2. Emballage secondaire ou groupé

**L'emballage secondaire est un regroupement d'emballages primaires.** Il offre une plus grande protection et permet la commercialisation du produit à plus grande échelle. Il s'agit principalement des caisses en carton, bien qu'elles pourraient également être en plastique. Par exemple, dans le cas du jus de mangue Dafani du Burkina Faso, un litre de jus Dafani individuel serait l'emballage ou conditionnement primaire et la caisse en carton qui contient le pack de six représenterait l'emballage secondaire.

Les fonctions de l'emballage secondaire sont les suivantes :

- résister à l'empilement (dans l'entrepôt et dans le point de vente) et à la manipulation pendant le transport, afin d'éviter que le produit ne subisse de dommages ;
- contenir une quantité déterminée de produits ;
- attirer l'attention du client, plus particulièrement les emballages secondaires destinés directement à la vente au public.



Emballage secondaire : 6 bouteilles de jus de mangues constituent une unité de vente détail

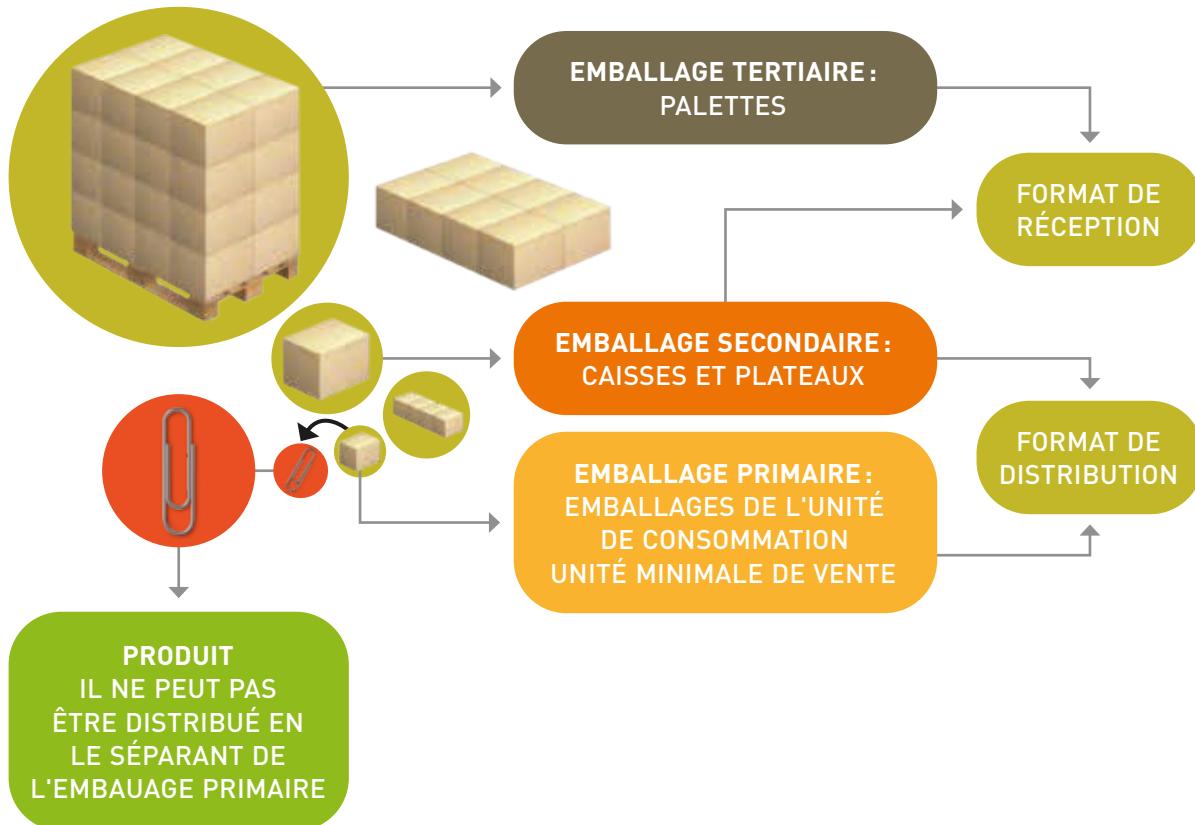
#### 9.4.6.3. Emballage tertiaire

Les emballages tertiaires regroupent les emballages primaires et secondaires pour créer une unité de chargement plus importante dont la forme la plus courante est la palette ou le conteneur et les caisses en carton modulaires qui les composent.

Les fonctions et caractéristiques de l'emballage tertiaire sont :

- être stable et permettre le **compactage des charges** ;
- exploiter au maximum la **capacité de stockage** des installations et des véhicules industriels ;
- être **homologués** et fabriqués avec des matériaux résistants ;
- jouer un rôle important en ce qui concerne l'**image de marque** ; soulignons le cas de la logistique e-commerce, où la caisse ou l'emballage utilisé pour le transport est de type tertiaire et peut **inclure des éléments visuels de la marque**.

Dans ce contexte logistique, il convient de rappeler le rôle de l'unité de charge. Il s'agit de l'unité de base utilisée par l'entreprise dans le transport et le stockage de ses produits. Cela peut être des palettes, des caisses, des conteneurs, des bidons, des bobines, de grands conteneurs pour produits en vrac, des sacs ou des big-bags, etc. Différentes unités de charge peuvent coexister dans une même installation de stockage, elles sont différencierées par zones et avec différents types de rayonnages adaptés à chacune d'entre elles.



Structuration des emballages primaires, secondaires et tertiaires

#### 9.4.7. Typologie au niveau de l'emballage pour les produits frais

On distingue les types d'emballage suivants.

- Remplissage volumétrique : les produits sont placés manuellement ou mécaniquement dans l'emballage jusqu'à ce que la capacité, le poids ou le nombre souhaité soit atteint.
- Emballage en plateaux ou modules alvéolaires : les produits sont placés dans des plateaux ou dans des alvéoles qui les séparent et réduisent les risques de meurtrissures.
- Emballage direct : les produits sont placés avec soin dans l'emballage. On obtient ainsi une réduction des risques de meurtrissures et un aspect agréable.
- Emballage unitaire de vente ou pré-emballage : des quantités relativement faibles de produit sont emballées, pesées et étiquetées pour la vente au détail. Lorsque le produit pesé arrive au consommateur dans le même emballage que celui dans lequel il a été préparé, on l'appelle unité consommateur ou pré-empaquetage. Les matériaux utilisés comprennent les papiers mâchés ou les plateaux de polystyrène enrobés de film rétractable, les sacs plastique ou papier, les coquilles, les plateaux en PVC thermoformé, etc. Les oignons, pommes de terre et patates douces sont commercialisés dans des filets pouvant contenir de 3 à 5 kg.
- Emballage sous film plastique transparent ou rétractable : chaque fruit ou légume est enveloppé individuellement et hermétiquement dans une pellicule pour réduire l'évaporation et la décomposition. La pellicule peut être traitée avec des fongicides ou d'autres produits chimiques autorisés ou agréés.

#### 9.4.8. Emballage sous atmosphère modifiée

##### 9.4.8.1. Principe

Les emballages peuvent aussi être utilisés pour modifier l'atmosphère : par exemple, la teneur en oxygène est réduite et la quantité de gaz carbonique est accrue (la teneur en oxygène est abaissée jusqu'à environ 10% et celle en gaz carbonique est augmentée aux environs de 1%). Cela réduit la respiration du produit et ralentit le mûrissement. Le conditionnement sous atmosphère modifiée est donc une technique qui consiste à modifier l'atmosphère entourant le produit alimentaire et à contrôler ainsi les réactions chimiques, enzymatiques ou microbiennes dans le but d'éliminer ou de réduire les principales dégradations. C'est une technique de conservation « douce », sans traitement thermique ni chimique du produit alimentaire dont le but est de prolonger la durée de vie tout en maintenant la qualité du produit.

Différents gaz sont utilisés dans le secteur alimentaire (gaz carbonique azote, argon, hélium, protoxyde d'azote, et même hydrogène ou oxygène), mais seuls deux nous intéressent :

- le CO<sub>2</sub> (E 290), qui agit (par privation d'oxygène) sur les phénomènes d'oxydation, de développement de bactéries, de moisissures, de levures, au niveau des réactions enzymatiques ;
- l'azote (E 941), qui intervient par privation d'oxygène, et est surtout mis en œuvre pour éviter l'écrasement.

#### *9.4.8.2. Produits de quatrième gamme*

Les fruits et légumes de quatrième gamme sont **des produits crus et frais, conditionnés dans des emballages à usage domestique ou collectif, prêts à l'emploi** et ayant été soumis à une ou des préparations telles que : épluchage, découpage ou autre (ex. : salades prêtes à l'emploi ; carottes râpées, légumes pour la soupe, etc.). Ils sont généralement conditionnés dans un **emballage en matière plastique** (polyéthylène, polypropylène, films composites, etc.) qui permet de garder une atmosphère modifiée durant la période qui précède la consommation. Le film utilisé doit être apte au soudage et de perméabilité adaptée.

Ces produits de quatrième gamme doivent être réglementairement conservés à 4 °C. Dans ces conditions, la durée limite de conservation (DLC) est voisine d'une semaine. L'emballage en atmosphère modifiée avec des produits de quatrième gamme est toujours accompagné d'une humidité relative très élevée, ce qui limite la déshydratation, mais favorise la prolifération de micro-organismes phytopathogènes parmi lesquels on trouve des bactéries, des levures et des moisissures. Pour assurer une **meilleure stabilité microbiologique**, une désinfection par de l'hypochlorite (maintien de la concentration en chlore actif entre 50 et 100 ppm pendant une minute et pH inférieur à 8, suivi d'un rinçage) est permise.

En ce qui concerne les germes pathogènes, la législation impose la recherche de *Salmonella* et de *Listeria monocytogenes*. Ces produits assez pauvres en nutriments ne sont pas de bons supports pour ces germes. De plus, la présence en grand nombre de bactéries phytopathogènes entraîne une dégradation commerciale du produit avec le développement éventuel de pathogènes humains. Le risque pour le consommateur est donc très faible.

De même, pour les produits sensibles au brunissement enzymatique, **l'emploi d'additifs est nécessaire** (acide ascorbique, acide citrique, métabisulfite de sodium).

#### 9.4.9. Normalisation des emballages

Étant donné la grande variété de dimensions des emballages utilisés, il est souhaitable d'employer des emballages normalisés. Les emballages normalisés :

- permettent d'utiliser, avec d'autres emballages, le maximum de la surface des palettes normalisées sans surplomb et avec peu de retrait;
- fournissent des charges unitaires et des charges mixtes stables sur palettes;
- réduisent les coûts de transport et de commercialisation.

L'un des principaux avantages de la standardisation des mesures est l'utilisation de l'espace à tous les stades de la chaîne d'approvisionnement, de la production au transport en passant par le stockage. D'où l'intérêt de la généralisation de l'utilisation de la palette comme emballage tertiaire de base pour le compactage des charges dans les pays ACP.

Les emballages d'expédition doivent être de dimensions appropriées et remplis convenablement. Les emballages très grands et **qui pèsent, par exemple, plus de 23 kg**, augmentent les risques de manutention brutale, d'endommagement du produit et de l'emballage.

Un remplissage excessif endommage le produit et provoque un bombement excessif des côtés de l'emballage, ce qui réduit la résistance à la compression et la solidité de l'emballage lui-même. Le sous-remplissage risque aussi d'endommager le produit. Le produit s'abîme lorsqu'il glisse à l'intérieur de l'emballage pendant le transport et la manutention.

## 9.5. LES MATERIAUX D'EMBALLAGE

### 9.5.1. Emballages destinés à conserver la qualité des fruits et légumes frais pendant le transport et la commercialisation

#### 9.5.1.1. Nécessité

L'emballage doit pouvoir supporter :

- le manque de soin pendant le chargement et le déchargement ;
- la pression due au poids d'autres colis empilés au-dessus ;
- les chocs et vibrations en cours de transport ;
- la forte humidité pendant le pré-refroidissement, le transport et l'entreposage.

#### 9.5.1.2. Matériaux d'emballage

Les matériaux d'emballage sont choisis en fonction des spécificités du produit, de la méthode d'emballage, de la méthode de pré-refroidissement, de la résistance, du coût, des disponibilités, des exigences de l'acheteur et des taux de fret. Les importateurs, les acheteurs et les fabricants d'emballages peuvent fournir d'utiles recommandations.

Les principaux matériaux utilisés sont :

- le carton : bacs, caisses collées, agrafées, emboîtées, caissettes, plateaux, plateaux de cueillette, aménagements intérieurs et séparations, panneaux ;
- le bois : caisses palettes, caisses (armées, clouées), paniers, plateaux, caissettes, palettes ;
- le papier : sacs, manchons, enveloppes, doublures, rembourrages, copeaux de papier et étiquettes ;
- le plastique : bacs, boîtes, plateaux, sacs (à mailles, d'une seule pièce), conteneurs, manchons, pellicule d'emballage transparente, doublures, séparations et panneaux ;
- le plastique alvéolaire : caisses, plateaux, caissettes, manchons, doublures, séparations et rembourrages.



Adaptation des matériaux d'emballages en fonction du fruit

#### 9.5.1.3. Emballages d'expédition

On considère que les caisses/palettes, boîtes, plateaux, caissettes, paniers et sacs sont des emballages d'expédition. Toutefois, les paniers sont difficiles à manipuler dans des chargements mixtes de boîtes rectangulaires. Quant aux sacs, ils ne confèrent qu'une protection limitée aux produits qu'ils contiennent. La caisse en carton est un emballage largement utilisé.

Les présentations sont, par exemple, les suivantes :

- caisses à un élément avec rabats collés, agrafés ou rabattants ;
- caisses à deux éléments avec couvercle ; caisses à deux éléments avec couvercle emboîtable, et coins renforcés ;
- caisses à trois éléments type Bliss à fonds agrafés ou collés et coins renforcés ; caisses d'une seule pièce à couvercle emboîtable ;
- caisses à deux éléments, moulées sous pression, à couvercle emboîtable ; caisses d'une seule pièce avec pattes en fil métallique ou avec extrémités ;
- carton rigide et fonds en matière plastique conférant de la résistance à l'empilage et facilitant l'alignement.

Les caisses en carton destinées à recevoir des produits qui seront emballés à l'état humide ou avec de la glace doivent être revêtues de cire ou d'un matériau résistant à l'eau. La résistance à l'écrasement du carton non traité peut être réduite de plus de la moitié lorsque l'humidité relative atteint 90%. En plus de favoriser la rigidité du carton, la cire contribue à réduire la perte d'humidité du produit vers le carton. Toutes les boîtes en carton collé doivent l'être avec un adhésif résistant à l'eau.

La majorité des caisses en carton et en bois sont conçues pour être empilées couvercle contre fond. L'empilage des cartons ou caisses sur le flanc ou les extrémités peut compromettre la résistance à l'écrasement et la protection du produit si les charges sont importantes. Si les caisses ou cartons ne sont pas alignés, ils peuvent perdre jusqu'à 50% de leur résistance à l'écrasement.



Illustration de l'empilement des cartons d'emballage de fruits sur le flanc et sur le couvercle

Divers matériaux sont ajoutés aux emballages d'expédition pour leur conférer plus de rigidité et mieux protéger le produit. Les cloisons ou casiers, ainsi que les côtés et fonds à double ou triple épaisseur, donnent aux cartons d'emballage une résistance plus grande à l'écrasement et réduisent les dommages aux produits. On peut également éviter de meurtrir les fruits et légumes en utilisant des capitonnages, des enveloppes, des manchons et des copeaux de papier.

On se sert également de **tampons pour maintenir l'humidité**, comme dans le cas des asperges ; assurer un traitement chimique contre la décomposition, comme des tampons à l'anhydride sulfureux pour le raisin, ou encore absorber l'éthylène avec des tampons au permanganate de potassium dans les cartons de bananes et de fleurs.

On utilise **des films ou des sacs en plastique pour conserver l'humidité**. Pour la plupart des produits, on se sert de **plastique perforé** qui permet l'échange des gaz et évite l'excès d'humidité. Par contre, on utilise du **plastique non perforé** pour mettre les produits à l'abri de l'air et **les placer en atmosphère modifiée en réduisant la quantité d'oxygène disponible** pour la respiration et le mûrissement. C'est ainsi que l'on procède, par exemple, pour les bananes, les fraises, les tomates et les agrumes.

### 9.5.2. Emballages des produits transformés

#### 9.5.2.1. Intérêt

Dans notre société moderne, la distribution de fruits et légumes transformés ne pourrait se faire sans un emballage qui soit pratique pour le transport et l'utilisation des produits, mais également performant pour leur protection et leur conservation. En ce qui concerne les jus de fruits et nectars, il est évident qu'ils doivent être conditionnés pour être transportés ! Leurs emballages garantissent également leur bonne conservation dans le temps d'un point de vue sanitaire, gustatif et nutritionnel.

Mais **les emballages sont aussi des supports de communication** : ils permettent de capter l'attention du consommateur et de donner des informations (notamment les ingrédients, les conseils de conservation...). Que ce soit pour des fruits séchés, des confitures, du jus de fruits, du nectar ou autre, le choix de l'emballage est donc un choix stratégique alliant performance technologique et esthétisme.

Bien que vous le sachiez déjà, il est important de vous rappeler qu'il existe différentes sortes d'emballages pour le conditionnement d'un jus de fruits : le plastique, le carton et le verre (les canettes en métal sont très rares). Ils peuvent se décliner quasi à l'infini, que ce soit au niveau de la forme, du design, du format... pour que chacun y trouve son bonheur ! Étanches, solides, résistants, tous ces emballages permettent une protection efficace des jus et nectars, notamment contre l'oxygène (premier ennemi de la vitamine C). Tout est étudié pour que chaque type d'emballage soit le plus respectueux possible des qualités des produits et préserve leur goût et leurs nutriments, sans oublier qu'ils sont tous recyclables, chacun avec sa propre filière de tri !

### 9.5.2.2. Les matériaux d'emballage des fruits et légumes transformés

Il existe différents matériaux d'emballage pour l'industrie alimentaire des fruits et légumes transformés. Nous détaillerons les emballages en verre, les matériaux métalliques, les plastiques et les matériaux cellulosiques.

#### Les récipients en verre

Le verre est un matériau minéral à base de silicium, fabriqué à partir du sable siliceux. Il est utilisé comme emballage **des fruits et légumes transformés dans le cas des confitures, compote, jus de fruits etc., et présente plusieurs avantages importants :**

- transparent,
- inerte,
- réutilisable,
- recyclable.

Cependant, il renferme **certains inconvénients** majeurs qu'on peut énumérer comme suit :

- fragile,
- dangereux,
- faible conductibilité thermique.

L'utilisation du verre comme matériau d'emballage dans le domaine alimentaire remonte à plusieurs siècles. Le verre d'emballage comprend les flacons, les pots, les bocaux, les gobelets, etc.

Les produits alimentaires emballés dans le verre sont nombreux :

- liquides : eaux, jus, huiles et boissons rafraîchissantes, lait, huiles, vinaigres...
- conserves : légumes, fruits, pâtés, viandes...
- confitures, miel, pâtes à tartiner...
- condiments, moutardes, assaisonnements...
- aliments infantiles,
- produits à base de lait : yaourts...
- plats cuisinés, etc.

La très large utilisation du verre dans le domaine alimentaire n'est pas le fruit du hasard, mais est pleinement justifié par un ensemble de qualités propres au verre, dont les plus importantes sont énumérées ci-dessous.

- Le verre est imperméable aux gaz, vapeurs et liquides. C'est un matériau à barrière exceptionnel.
- Le verre est chimiquement inerte vis-à-vis des liquides et produits alimentaires, et ne pose pas de problème de compatibilité ; il peut être utilisé pour tous les produits alimentaires liquides, solides, pâteux ou pulvérulents.

- Le verre est un matériau hygiénique et inerte sur le plan bactériologique ; il ne fixe pas et ne favorise pas le développement de bactéries ou micro-organismes à sa surface.
- Il est facile à laver et à stériliser.
- Le verre n'a pas d'odeur, ne transmet pas les goûts et ne les modifie pas ; il est le garant des propriétés organoleptiques et de la saveur de l'aliment.
- Le verre est transparent et permet de contrôler visuellement le produit.
- Il peut être coloré et apporter ainsi une protection contre les rayons ultraviolets pouvant nuire au produit contenu.
- Le verre résiste aux pressions internes élevées que lui font subir certains liquides.
- Le verre a une résistance mécanique suffisante pour supporter les chocs sur les chaînes de conditionnement qui travaillent à cadence élevée et pour supporter des empilements verticaux importants pendant le stockage.
- Il est recyclable.
- Il laisse passer les micro-ondes et permet le réchauffage de l'aliment.



Bocaux en verre de fruits et légumes en conserve

### Les matériaux métalliques

- Matériaux à base d'acier : fer blanc et fer chromé

Les boîtes de conserve ont un couvercle que l'on ferme hermétiquement à l'aide d'une sertisseuse. Il en existe de différents types allant de simples instruments que l'on fait fonctionner manuellement aux nouvelles machines automatiques. Le système de fermeture doit être bien ajusté pour éviter tout risque de fuite. On le vérifie en mettant un peu d'eau dans une boîte avant de la fermer et de l'immerger dans l'eau bouillante. Si au bout de quelques minutes on voit s'échapper de la vapeur, c'est qu'il faut ajuster le sertissage.

Les boîtes fournies par les usines sont assez propres et il est inutile de les laver. Retournez-les pour les stocker pour éviter toute contamination. Si elles ne sont pas propres, lavez-les dans de l'eau chaude contenant de la soude ménagère (1,5%), rincez-les à l'eau chaude et faites-les égoutter sur un torchon propre. Les couvercles doivent aussi être propres. Le principal matériau pour les boîtes à conserve est le fer blanc: mince feuille d'acier doux revêtu électrolytiquement d'une couche d'étain pur sur ses deux faces. Un produit dérivé, le fer chromé, a pris une place importante, représentant 30% du tonnage global.

- **Le fer blanc**

Le fer blanc est constitué d'acier, alliage de fer et d'autres matériaux, et d'une couche d'étain.

- L'acier de base : la composition chimique de l'acier de base influence également les caractéristiques mécaniques de l'emballage et peut jouer un rôle sur la résistance à la corrosion.
- L'étamage : réalisé par voie électrolytique, l'étamage permet de déposer en continu une quantité précise d'étain sur chaque face du métal qui a été préalablement décapé et dégraissé. Ce dépôt est ensuite refondu pour obtenir un alliage avec le support et l'aspect brillant caractéristique. Enfin, la surface reçoit un traitement électrochimique de passivation pour parvenir à une couche superficielle contenant des oxydes d'étain, des oxydes de chrome et du chrome métallique. En dernier, il reçoit un très léger huilage facilitant son glissement et sa protection avant vernissage.

En pratique, les taux d'étain, exprimés en g/m<sup>2</sup>, sont choisis en fonction du type de boîte, du contenu et des conditions de mise en œuvre. La normalisation recommande les valeurs nominales suivantes : 1,0 – 2,0 – 2,8 – 5,6 – 8,4 et 11,2 g/m<sup>2</sup> par face. Toutefois, les taux inférieurs à 2,8 g/m<sup>2</sup> ne sont pas utilisables pour les produits appétisés.

- **Le fer chromé**

C'est un matériau composé d'acier et d'une couche de chrome, l'opération d'addition de ladite couche est dite «chromage». Mise au point au Japon vers 1965, cette famille de revêtement s'est imposée aux USA puis en Europe comme le complément indispensable du fer blanc. L'appellation internationale du fer chromé est ECCS (*Electrolitic Chromium Coated Steel*), mais la désignation usuelle Tfs (*Tin Free Steel*) est encore couramment employée.

- **L'aluminium**

C'est un matériau très utilisé dans l'agro-alimentaire. Il présente des caractéristiques suivantes :

- légèreté,
- étanchéité contre les gaz,
- recyclable,
- flexible,
- stable.

Cependant, ce matériau présente certains inconvénients :

- relativement cher,
- fermeture difficile,
- fonctions marketing limité (formes limitées).

#### • Les vernis de protection de l'emballage métallique

Certains matériaux métalliques, comme l'aluminium ou le fer chromé, sont souvent vernis sur les deux faces intérieure et extérieure. La fonction essentielle des vernis est de **minimiser les interactions des métaux de l'emballage avec les produits conditionnés** et le milieu extérieur. À l'extérieur, les revêtements organiques assurent simultanément la fonction de protection et de décoration.

Les vernis sont des produits susceptibles de former un film adhérent au métal, continu et inerte de point de vue physico-chimique, c'est-à-dire que la migration qui peut avoir lieu lors du contact contenant/contenu ne compromettra pas la salubrité de la denrée alimentaire.

Les **constituants principaux des vernis** sont :

- des matières filmogènes (polymères organiques) ;
- des solvants nécessaires à la fabrication et à la mise en œuvre des vernis, mais éliminés lors du séchage ;
- des pigments éventuels et additifs divers.

Les vernis non pigmentés sont transparents ou incolores ; les pigments opacifient le film et le colorent. On peut citer, par exemple, l'oxyde de titane, qui permet de faire des revêtements blancs. Ce vernis commence à devenir le composant essentiel des encres pour décoration extérieure, vu la teinte et l'attractivité qu'il confère à l'emballage.



Multiples possibilités d'emballages métalliques de fruits et légumes

## Les plastiques

Les emballages plastiques constituent une bonne part des emballages utilisés dans le domaine agro-alimentaire. L'aspect pratique de l'emballage en plastique joue un rôle très important pour le consommateur des produits de grande consommation. Les produits qui ont leur approbation ont, par exemple, un bec verseur permettant une réutilisation facile et pratique ; ils offrent par conséquent un autre service au consommateur.

Ces emballages offrent une variété infinie de solutions, ils s'adaptent au sur-mesure et à une infinité de contenus. Grâce à leur légèreté, à leur capacité de valorisation, que ce soit par recyclage ou valorisation énergétique, les emballages après usage répondent aux exigences environnementales.

L'emballage plastique est résistant, il évite ainsi des pertes de produit, des risques de dommages pour l'aliment qu'il protège. Il s'est adapté aux cadences de conditionnement de l'industrie agro-alimentaire et aux modes de distribution des produits.

Toutes les exigences précitées du produit agro-alimentaire à emballer, qu'elles soient d'ordres technique, sécurité, hygiène, compatibilité contenant/contenu, praticité pour le consommateur, information, marketing, expliquent que grâce à leur diversité, tant en termes de matériaux que de modes de transformation, les matières plastiques sont présentes dans un nombre de plus en plus vaste d'applications.

Les différents matériaux les plus utilisés sont: PET, PEhd, PEbd, PS, PVC, PP.

### A: Choix des matériaux plastiques

L'emballage rigide primaire, donc en contact avec les denrées alimentaires, doit répondre à un ensemble de contraintes: il faut que le matériau se prête à la technique de transformation nécessaire à l'obtention de la bouteille, de la barquette ou du pot, mais aussi offrir les propriétés requises :

- résistance aux chocs, au froid (congélateur) et à la température (ex. : stérilisation, micro-onde) ;
- attractivité en rayon de magasins (forme, couleur, aspect, transparence, pouvoir de séduction) ;
- praticité pour le consommateur: ouverture/fermeture facile (bouchon vissable, bouchon charnière et clipsable, opercule couvercle pelable), distributeur de doses ;
- durée de conservation: emballage barrière à la vapeur d'eau, à l'oxygène et aux odeurs ; utilisable pour le conditionnement sous atmosphère modifiée ;
- sécurité du consommateur: témoin d'inviolabilité sur les ouvertures, étanchéité.

Cependant, la fonction première d'un emballage alimentaire est sans conteste de garantir la protection de l'aliment contre les risques de contamination chimique et microbiologique externe pendant la durée de conservation prévue.

Toutes les matières plastiques offrent de ce point de vue, des propriétés d'imperméabilité et d'innocuité qui souvent s'avèrent satisfaisantes, même dans

une structure d'emballage monocouche, dit encore «matériaux de structure». Dans le cas où l'aliment par nature est sensible à l'oxygène de l'air ou aux odeurs il faut faire appel à des matériaux dits «barrière». Ces derniers sont alors utilisés systématiquement dans des emballages multicouches en association avec des matériaux de structure.

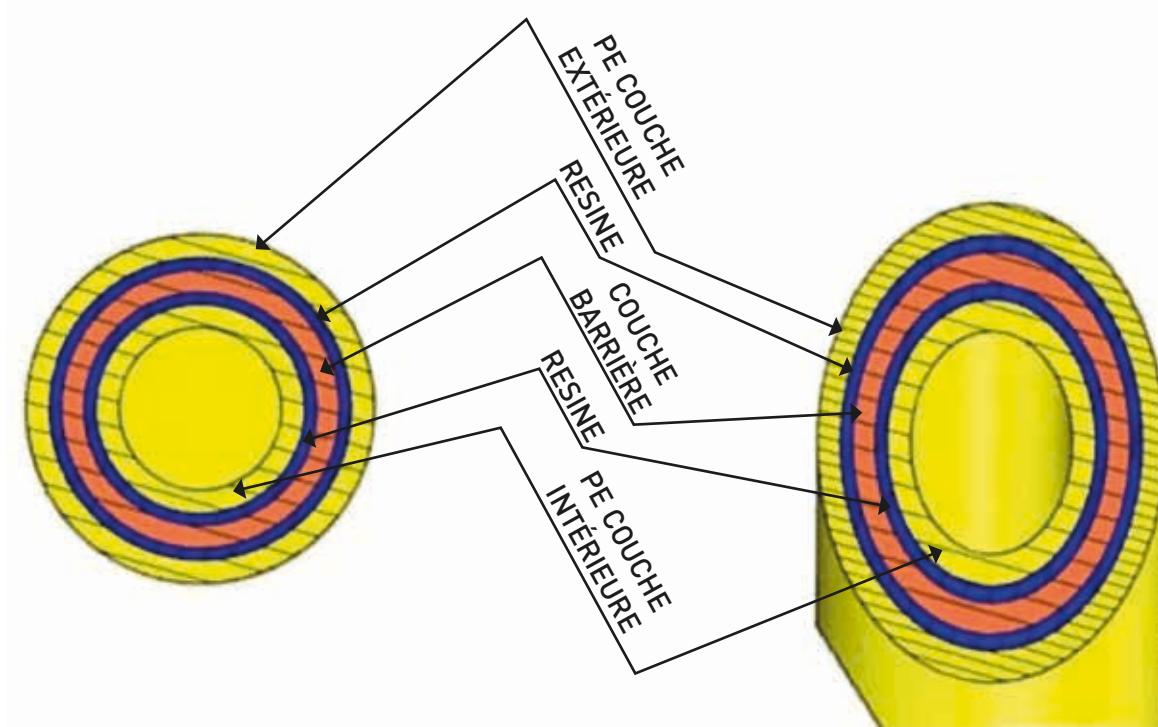
### B : Les matériaux «barrière»

Ces matériaux présentent une très faible perméabilité à l'oxygène et au gaz carbonique, mais aussi à des molécules plus lourdes, comme les arômes des aliments.

La tendance actuelle à l'augmentation de la durée limite de consommation favorise de plus en plus leur utilisation. Cependant, leurs autres caractéristiques, et notamment leur prix, ne leur permettent pas une utilisation large.

- Copolymère d'éthylène alcool vinylique (EVOH)

C'est un matériau très utilisé dans l'**emballage rigide alimentaire**, car il prête bien à la coextrusion de feuilles ou de corps creux en **combinaison avec des matériaux de structure**, comme les polyéthylenes, polypropylène, ou polystyrène. Le caractère cristallin et polaire de l'EVOH nécessite cependant l'utilisation de liants qui assurent l'adhésion avec les matériaux de structure. Ce copolymère présente une **excellente imperméabilité à l'oxygène, au gaz carbonique et aux arômes, mais à condition de le protéger de l'influence de l'humidité**, qui fait chuter fortement ses performances. Pour pallier cet inconvénient, il est souvent **pris en sandwich dans des structures multicouches** à base de polyoléfines PE ou PP peu sensibles à l'humidité.



Structure d'un emballage rigide alimentaire à couche multiple

Cette optimisation de la structure peut également être trouvée en ajustant le taux d'éthylène dans l'EVOH qui, dans la pratique, varie de 29 % à 44 % en poids. La facilité de mise en œuvre et la moindre sensibilité à l'humidité croît avec le taux d'éthylène. En revanche, les propriétés «barrière» augmentent avec la teneur en alcool vinylique.

- Chlorure de polyvinylidène (PVDC)

Il s'agit de la famille de matériaux «barrières» la plus couramment utilisée dans les films souples. Elle est en fait constituée de copolymères de chlorure de vinylidène.

### C : Les matériaux de «structure» et leur association

- Polyéthylène basse densité (PEbd)

Ce matériau domine très largement les emballages souples, car il assure une excellente imperméabilité à l'humidité et une soudabilité thermique à haute cadence. Il peut être utilisé pour les produits alimentaires liquides. Le polyéthylène basse densité est surtout utilisé dans la fabrication des films rétractables ou étirables pour la palettisation.

- Polyéthylène haute densité (PEhd)



### PEHD

Ses propriétés sont :

- température maximale d'emploi : 105 °C ;
- température de fragilisation : - 50 °C ;
- aptitude au micro-onde : oui ;
- flexibilité : bonne ;
- très bonne résistance aux acides, aux alcools aliphatiques, aux aldéhydes, aux hydrocarbures aliphatiques et aromatiques ;
- faible résistance aux agents oxydants.

Il est régénéré et recyclé sous forme de granulés. Le PEhd a fait une percée remarquable dans deux secteurs où les **bouteilles semi-rigides et opaques** sont utilisées : bouteilles de lait ou de jus lactés, des bouchons de boissons gazeuses, etc.).



Jus de fruit lacté et lait dans un emballage semi-rigide et opaque

- Polypropylène (PP)



Il fait partie de la famille des polyoléfines, constitués essentiellement à partir de propène. Il entre principalement dans la fabrication de films d'emballage de paquets de fruits et légumes séchés alimentaires secs.

C'est un matériau qui offre plusieurs avantages : un bon rapport qualité/prix ; une rigidité et transparence adéquates à la production alimentaire. Son utilisation fait référence aux barquettes transparentes micro-ondables des légumes préparés (mais pas pour la cuisson), aux barquettes de fruits séchés, ainsi qu'aux gobelets et assiettes jetables.



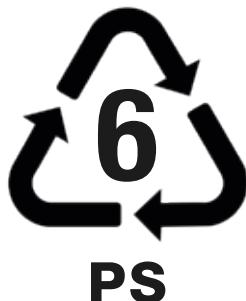
Gingembre et mangue séchés emballés dans des barquettes en polypropylène

**En multicouches,** le PP est aussi utilisé pour le conditionnement des mayonnaises et du ketchup en flacons souples, mais pour parfaire l'opération il faut intégrer une barrière à l'oxygène comme l'EVOH dans une structure multicouche de type **PP-liant-EVOH-liant-PP**. Le thermoformage du polypropylène a permis à ce matériau de conquérir d'autres parts de marché, comme celui des desserts lactés, fromage frais aux fruits.



Fromage frais aux fruits et ketchup emballés dans du multicouche de type de type PP-liant-EVOH-liant-PP

- Polystyrènes compacts (PS)



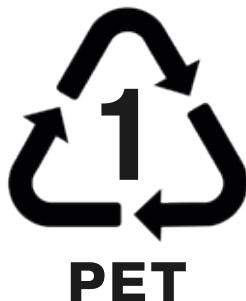
Le polystyrène (PS) : ce polymère du styrène est surtout utilisé dans les emballages de produits laitiers (**yaourts, crème fraîche, desserts lactés**) et les gobelets pour distributeurs automatiques. Le polystyrène est le matériau par excellence **adapté au thermoformage à grande cadence**.

Le PS domine encore largement dans le conditionnement des produits laitiers frais, comme les yoghourts, desserts lactés, fromages blancs. Il est d'ailleurs le seul matériau utilisé dans la technique dite de *Form Fill Seal* (FFS) qui consiste à enchaîner sur une même ligne de production, le thermoformage, le remplissage et la fermeture par scellage.

Les pots de yoghourts PS fabriqués par FFS sont ensuite vendus en linéaire par lots de 4, 6, ou 8 pots non découpés. Le consommateur peut facilement séparer les pots par pliage.

Pour les **produits sensibles à l'oxygène** ou pour de longue durée de conservation, on doit mettre en œuvre des structures **multicouches du type PS/EVOH/PE**. C'est le cas des compotes de fruits.

- Polyéthylène téréphthalate (PET)



Ce plastique de la famille des polyesters a, contrairement au PVC, une très faible perméabilité au CO<sub>2</sub>. Il est donc employé dans la fabrication des bouteilles de boissons gazeuses ; Le polyéthylène téréphthalate (PET) est devenu le matériel de choix pour le conditionnement des **huiles de table**, car il offre une meilleure protection contre l'oxygène et une résistance élevée aux chocs. La minimisation de la photo-oxydation altérative dans les emballages transparents peut être assurée par l'utilisation des stabilisants UV ou des composants incolores qui absorbent les rayonnements UV.

Comme le polypropylène, le PET connaît une forte croissance dans l'emballage et tout particulièrement dans le conditionnement des **boissons et eaux embouteillées**.

- Le PVC

Il représente une part très faible des emballages plastiques. Son utilisation touche les bouteilles et flacons (eaux minérales plates et légèrement gazeuses aux arômes fruités, vinaigres de fruits, huiles).

### Les matériaux cellulosiques

Le bois sert pour emballer les fruits secs et frais (pommes, mangues, dattes, raisins secs...); il offre l'avantage d'une manipulation et gerbage facile. Il est également utilisé pour les bouchons de bouteilles en verre qui sont fabriqués avec du liège (produit par le chêne-liège). Carton et papier sont utilisés pour emballer les fruits et légumes. Ces emballages permettent de combiner les avantages des différents matériaux présentés.

### Les combinaisons de matériaux

En raison des avantages et inconvénients propres à chaque emballage, on va chercher à conjuguer les propriétés complémentaires de chaque matériau afin de concevoir un emballage efficace. Par exemple, en utilisant du carton, on se sert d'une ressource renouvelable, mais le manque d'étanchéité pose problème. On va donc associer au carton du plastique qui, lui, possède des propriétés d'étanchéité intéressantes. Les développeurs de Tetra Pak ont été parmi les premiers à créer des emballages composites en combinant le carton, le plastique et d'autres matériaux pour leurs fameuses briques de boisson.

## 9.6. PALETTISATION DES EMBALLAGES

Un grand nombre de chargeurs sont passés de la manutention d'emballages d'expédition individuelle aux chargements unitaires sur palette.

La plupart des centres de distribution sont conçus pour stocker des charges palettisées sur des rayonnages à trois niveaux. Les charges unitaires présentent les avantages suivants :

- réduction de la manutention individuelle des emballages d'expédition ;
- réduction des risques d'endommagement des emballages et des produits qu'ils contiennent ;
- chargement et déchargement plus rapides du matériel de transport ;
- une plus grande efficacité des centres de distribution.

Les charges unitaires peuvent avoir, par exemple, certaines des caractéristiques suivantes :

- palettes en bois normalisées ou panneaux de : 1200 x 1000 mm, 800 x 1000 mm, 800 x 1200 mm ou 1000 x 1200 mm ;
- séparations verticales entre les caisses en carton, plastique ou grillage ;
- caisses avec des perforations permettant la circulation de l'air, qui s'alignent lorsque les caisses sont empilées les unes sur les autres, coin contre coin ;
- application de colle entre les cartons pour qu'ils ne glissent pas horizontalement ;
- banderolage par film ou filet de plastique entourant la charge palettisée de cartons; cornières en carton rigide, en plastique ou en métal ; cerclage de plastique ou de métal autour des cornières et des cartons.

Les palettes de bois doivent être suffisamment résistantes pour permettre le stockage sur des rayonnages à trois niveaux. La manutention par élévateurs à fourche et à vérin doit être possible. Le bas de la palette doit être conçu de façon à permettre la circulation de l'air.

Les palettes doivent avoir un plancher supérieur constitué de suffisamment de lattes pour supporter les cartons, faute de quoi les cartons peuvent s'affaisser entre les lattes du plancher supérieur sous le poids des autres emballages, écraser le produit et faire pencher tout le chargement ou le faire tomber de la palette. Une plaque de carton perforée laissant circuler l'air peut être utilisée pour répartir l'air sur toute la surface de la palette.

Les cartons ne doivent pas dépasser les bords des palettes. Le surplomb peut réduire d'un tiers la résistance des caisses de carton. Il peut aussi entraîner l'écroulement de tout le chargement, l'écrasement du produit et rendre difficile le chargement, le déchargement et le stockage sur les rayonnages. Par ailleurs, les cartons qui utilisent moins de 90% de la surface de la palette et ne sont pas alignés sur le bord de celle-ci peuvent glisser ou bouger pendant le transport.

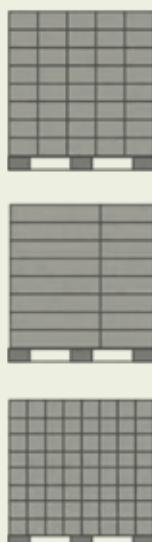
Les chargements palettisés d'emballages d'expédition qui ne sont pas cerclés ou enfermés dans des filets doivent avoir au moins les trois couches supérieures des emballages empilées dans les deux sens pour en assurer la stabilité. Certains chargeurs utilisent un film de plastique, du ruban adhésif ou de la colle sur les couches supérieures, outre l'empilage, dans les deux sens. Les emballages doivent être suffisamment résistants pour être empilés dans les deux sens sans s'affaisser. Les produits qui ont besoin d'aération et qui sont placés dans des emballages d'expédition ne doivent pas être enveloppés dans un film de plastique.

Certains chargeurs utilisent les panneaux parce qu'ils coûtent moins cher que les palettes. En outre, ils éliminent les frais de transport et de retour des palettes. Un chariot élévateur spécial à fourche est nécessaire pour déplacer les chargements posés sur panneaux des palettes et vers les palettes au centre de distribution du chargeur et du réceptionnaire. Si un réceptionnaire ne dispose pas du matériel de manutention approprié, les colis sont déchargés manuellement sur les palettes pour être entreposés. Les emballages d'expédition sur panneaux sont empilés dans les deux sens, enveloppés d'une feuille de plastique ou regroupés autrement par unité de charge à l'aide de cornières et de cerclages.

Les panneaux de carton ou de matière plastique doivent être suffisamment résistants pour être saisis et placés sur les bras de fourche de l'élévateur ou sur un plateau pour être levés à pleine charge. Les panneaux de carton doivent être imperméabilisés s'ils sont utilisés en conditions humides. Les panneaux utilisés dans le matériel de transport doivent avoir des perforations pour permettre la circulation de l'air sous le chargement. L'utilisation de panneaux avec du matériel de transport frigorifique dont le plancher a des cannelures peu profondes n'est pas recommandée, car la circulation de l'air n'est pas suffisante.

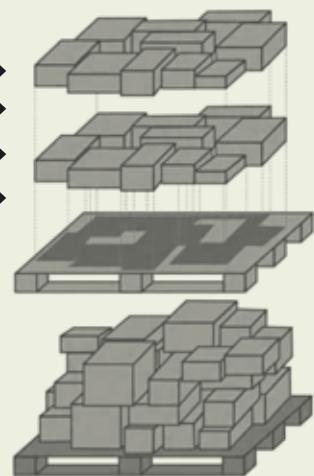
## TAILLES D'EMBALLAGE NON MODULAIRES

### UNITÉ DE CHARGE AVEC EMBALLAGE SECONDAIRE NON MODULAIRES

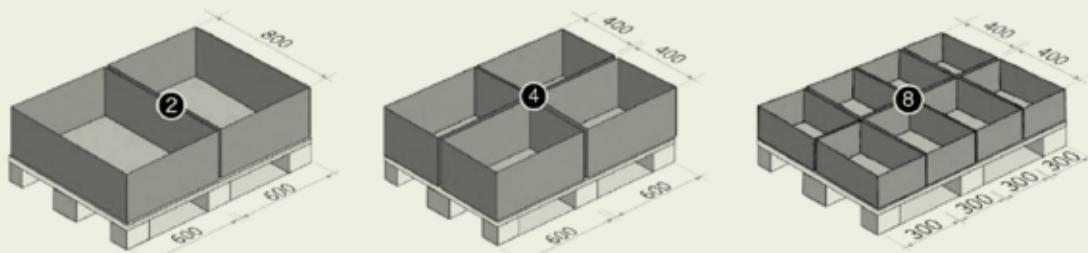


AUTRES FOURNISSEURS

### UNITÉS DE CHARGE INEFFICACES



## DIMENSION D'EMBALLAGE MODULAIRE



Exemples d'unités de charges efficaces et inefficaces

## 9.7. LE MARQUAGE DES PRODUITS

### 9.7.1. Le marquage des fruits et légumes frais

Le marquage est un pré-requis de la traçabilité. Mais «marquer» n'est pas «tracer». Apposer une marque sur un produit **facilite son identification et contribue à la fiabilité** et au systématisme de la traçabilité, en *tracing* ou en *tracking*.

En revanche, si la traçabilité implique plusieurs entreprises au long de la chaîne industrielle et logistique, cette marque ne sera utile que si elle est exploitable par les autres entreprises concernées: d'où l'intérêt d'utiliser des «marques» ou «codes» qui sont lisibles et utilisables par tous les opérateurs dans une filière (cf. *infra*).

Le marquage doit:

- être réalisé avec un dispositif que les autres entreprises peuvent utiliser;
- renvoyer à une codification compréhensible par ces entreprises (emploi de standards): lire la marque sans la comprendre n'a pas grand intérêt;
- être adaptée et visible: une marque inaccessible ou cachée ne sert à rien.

Marquer des produits implique d'avoir défini au préalable le niveau pertinent auquel il faut marquer. Marquer au niveau unitaire peut être sans intérêt (et donc constituer un coût inutile) si le **marquage au niveau des lots ou des unités logistiques** est suffisant.

La réponse dépend de l'utilisation du produit en aval et des besoins d'identification qui se présenteront durant sa durée de vie.

### 9.7.2. Informations véhiculées par les produits

Les indications qui sont véhiculées par une entité sont des informations de traçabilité **isolées**, et donc incomplètes et peu intéressantes en soi.

Parmi les informations de traçabilité, il convient de distinguer:

- les **informations légales** (DLC ou date limite de consommation...);
- les **mentions légales** sur l'emballage;
- les **formats de marquage** (ex.: EAN 128, un identifiant produit très répandu<sup>57)</sup>.

Si on trace à un **niveau unitaire**, on trouvera:

- un identifiant du produit;
- un numéro de série unitaire.

57

L'EAN est en fait la combinaison d'un code et d'un symbole standardisés.

Si on trace à un niveau agrégé (**lot de produit**), on trouvera :

- un identifiant du produit ;
- un numéro de lot (lot logistique ou lot de production) qui peut s'exprimer de plusieurs manières :
  - numéro séquentiel incrémental (dont le SSCC ou *Serial Shipping Container Code*<sup>58</sup> pour le lot logistique) ;
  - information chronométrique (date et heure).

Les indications d'identification doivent toujours être **en clair et visibles**.

Chacun des lots de produits alimentaires, mis sur le marché, doit pouvoir être identifié de manière univoque. En cas de crise, si un retrait ou un rappel doit être organisé, l'identification doit permettre au fournisseur, au client et à l'autorité compétente de retrouver sans erreur le ou les lots concernés et leur origine.



Conformément à la **norme du Codex Alimentarius**<sup>59</sup>, chaque emballage doit au moins porter les renseignements ci-après, imprimés d'un même côté, en caractères lisibles, indélébiles et visibles de l'extérieur :

#### Identification

- exportateur, emballeur et/ou expéditeur (et numéro d'enregistrement national),
- numéro de lot.

#### Nature du produit

- nom du produit, si le contenu n'est pas visible de l'extérieur,
- nom de la variété ou du type commercial (le cas échéant).

#### Origine du produit

- pays d'origine et, à titre facultatif, zone de provenance ou appellation nationale, régionale ou locale.

#### Caractéristiques commerciales

- catégorie,
- calibre (lettre de référence ou échelle de poids),
- nombre d'unités (facultatif),
- poids net (facultatif).

#### Cachet officiel d'inspection (facultatif)

58 Numéro qui identifie de manière univoque les marchandises sur lesquelles il est apposé, de l'exportateur jusqu'au client final. Grâce au SSCC, on peut suivre les mouvements du produit dans la chaîne d'approvisionnement et de créer le lien vers l'information correspondante (ex.: données qui ont été enregistrées auparavant dans les registres du producteur).

59 CAC/GL 60-2006, *Principes applicables à la traçabilité/au traçage des produits en tant qu'outil d'un système d'inspection et de certification des denrées alimentaires*.

Ces renseignements peuvent également figurer dans les documents d'accompagnement. En outre, certains lots de végétaux ou de produits végétaux potentiellement porteurs d'organismes nuisibles et destinés au marché européen doivent être accompagnés d'un certificat phytosanitaire.

### 9.7.3. Normes de commercialisation

De nombreux fruits et légumes disposent de normes de commercialisation. Par ailleurs, d'autres exigences de marquage peuvent s'ajouter, en lien avec les accords professionnels. Ces exigences sont précisées au cas par cas (voir tableaux).

Tableau : Illustration des normes applicables aux fruits et légumes

Fruits et légumes (F&L) et Organisations communes des marchés	Espèces de fruit ou légume commercialisées	Norme de commercialisation (Norme obligatoire/norme facultative)	
OCM des «produits agricoles»	OCM «Fruits et légumes»	Citron/clémentines-mandarines et hybrides/fraise/kiwi/orange/pêche-nectarine/pomme/poire/poivron doux/raisin de table/salade (laitues, chicorées frisées et scaroles)/tomate	Norme spécifique du produit
		La plupart des autres fruits et légumes	Norme générale ou Norme CEE-ONU (si existe) ou Norme Codex (si elle existe)
	OCM «Autres produits»	Piment, noix de coco, gingembre, arachides ...	Pas de norme.
	OCM «Banane verte»	Banane verte non murie (Cavendish et Gros Michel)	Norme banane verte

## 9.7.4. Les mentions légales du marquage des fruits et légumes

### 9.7.4.1. Identification

Les nom et adresse de l'emballeur ou de l'expéditeur sont obligatoires sur les emballages aux stades expédition et de gros (p. ex.: rue/ville/région/code postal et pays, s'il est différent du pays d'origine du produit). Le nom du pays d'origine est le nom du pays dans lequel le fruit ou le légume a été cultivé et récolté.

Toutefois, cette mention peut être remplacée lorsqu'il s'agit :

- de fruits et de légumes pré-emballés : par le code d'identification de l'emballeur et/ou de l'expéditeur, délivré ou reconnu par un service officiel et associé à la mention «emballeur et/ou expéditeur» (ou à une abréviation équivalente) ; le code d'identification est précédé du code ISO 3166 (alpha) pays/zone du pays de reconnaissance si ce n'est pas le pays d'origine ;
- pour les pré-emballages uniquement : par le nom et l'adresse d'un vendeur établi à l'intérieur de l'UE, associés à la mention «emballé pour» ou à une mention équivalente. Dans ce cas, l'étiquetage doit également comprendre un code correspondant à l'emballeur et/ou à l'expéditeur. Le vendeur fournit toute information jugée nécessaire par l'organisme de contrôle sur la signification de ce code.

Le **nom complet du pays d'origine** doit apparaître sur :

- les emballages (colis, pré-emballés ...),
- le pancartage en point de vente,
- les tracts et affiches publicitaires,
- les sites marchands.

Toute précision sur la région, la zone de production... peut être ajoutée, en complément.

### 9.7.4.2. Nature du produit

La «nature» du produit regroupe plusieurs mentions, en particulier le **nom commun de l'espèce** (ex.: mangue, pêches, nectarines, banane...). Au stade de la première mise en marché (expédition/gros), cette mention s'impose réglementairement «si le contenu n'est pas visible de l'extérieur».

Certaines normes imposent des mentions en plus du nom de l'espèce. Citons les suivantes.

**Le nom de la variété**: imposé par certaines normes spécifiques (ex.: pommes, poire...) ou normes CEE-ONU, il est facultatif pour d'autres produits (pêche, kiwi, fraise, tomate...). Par exemple, pour les mangues, si le produit est visible de l'extérieur, il serait possible d'indiquer uniquement le nom de la variété : par exemple «Kent», sans préciser «mangue». Toutefois, l'application donne la mention : «mangue» et «nom de la variété». Dans le cas d'un mélange de mangues de diverses variétés, il faut préciser le nom de ces variétés. Le nom de la variété peut être remplacé par un synonyme. Une dénomination commerciale (une marque dont la protection a été demandée ou obtenue, ou toute autre dénomination commerciale) ne peut être donnée qu'en plus du nom de la variété ou d'un synonyme. Dans le cas de mutants

bénéficiant d'une protection variétale, le nom de cette variété peut remplacer le nom de base de la variété. Dans le cas de mutants sans protection variétale, leur nom ne peut être indiqué qu'en plus du nom de base de la variété.

**Le nom du type commercial:** imposé par certaines normes spécifiques ou normes CEE-ONU, ou parfois, seulement «si le contenu n'est pas visible de l'extérieur» (ex.: la norme tomate distingue plusieurs types commerciaux : «rondes», «oblongues», «à côtes»...).

D'autres mentions sont imposées par certaines normes spécifiques ou CEE-ONU, par exemple :

- la couleur de la chair pour la pêche-nectarine,
- la mention «coupés» ou «non coupés» pour le champignon de couche,
- la mention «cultivée sous abri» pour la salade, si c'est le cas...

#### 9.7.4.3. Marquage relatif de la catégorie de qualité

Bien que certaines mentions telles que la nature du produit, le pays d'origine et le prix au poids ou à la pièce soient obligatoires pour la vente au détail des fruits et légumes, la mention d'une catégorie (Extra, ou I, ou II) n'est obligatoire que pour certains produits soumis à une norme spécifique, la pomme de terre, par exemple.

Pour la majorité des fruits et légumes non soumis à la norme spécifique, la réglementation **n'impose pas de mentionner la catégorie de qualité**. Ils sont soumis à la norme dite «générale». Dans ce cas, la réglementation européenne donne le choix à l'opérateur d'appliquer la norme générale, ou la norme CEE-ONU du produit en question, si cette norme existe. En l'absence de norme CEE-ONU, si une norme Codex existe pour le produit, elle peut aussi être appliquée.

#### 9.7.4.4. Marquage du calibre des fruits et légumes

Le marquage du calibre est précisé dans les textes des différentes normes de commercialisation. La «norme générale» n'impose aucune exigence de calibre.

Les normes de commercialisation précisent, par produit, les dispositions concernant le calibrage :

- la détermination du calibre, c'est-à-dire comment est mesuré le calibre pour le produit,
- le calibre minimum (s'il existe),
- les «codes calibre» utilisés (s'ils existent),
- les fourchettes de calibre imposant l'homogénéité dans un même emballage ...

Aux stades expédition et gros, sur les étiquettes des emballages, la mention du calibre peut éventuellement être précédée des termes «calibre» ou «cal». L'indication de l'unité de mesure utilisée pour exprimer le calibre (mm, cm, g...) est vivement recommandée (car elle facilite les échanges entre professionnels et le contrôle du calibre à l'agrément)

#### 9.7.4.5. Traitement post-récolte

Des normes de commercialisation imposent le marquage du traitement après-récolte (ou post-récolte). C'est le cas de la norme spécifique agrumes (pour les oranges, citrons, clémentines, mandarines et hybrides).

Si un tel traitement a été effectué, la mention des agents conservateurs ou de toute autre substance chimique utilisée doit apparaître sur les étiquettes des emballages (colis, filets...). Certaines cires, autorisées sur agrumes et constituant des traitements post-récolte, doivent être mentionnées :

- en toutes lettres : cire de carnauba, cire Shellac ...
- et/ou avec le numéro E : E 903, E 904, respectivement ...

La Commission européenne a rendu obligatoire au stade du détail la mention de l'usage en traitement post-récolte d'agents conservateurs (information de début 2020).

#### 9.7.4.6. Marquage du poids net des produits pré-emballés

La mention du poids net est obligatoire sur les fruits et légumes présentés pré-emballés. Le poids net est exprimé en grammes (g) ou en kilogrammes (kg). Il est possible de remplacer le poids net par un nombre de pièces (sauf pour les fruits et légumes de petite taille ou quand le nombre de pièces est important – plus de 5 ou 6) (ex. : filet de 4 citrons...).

#### 9.7.4.7. Marquage du numéro de lot des fruits et légumes

La mention du numéro de lot est obligatoire sur l'étiquette des fruits et légumes présentés pré-emballés. Elle peut être remplacée par une date (ex. : date de conditionnement...). Pour les produits présentés non pré- emballés (ex. : colis vrac ou lité), le numéro de lot figure sur les emballages, ou – à défaut – sur les documents commerciaux.

#### 9.7.4.8. Autres mentions relatives au marquage des fruits et légumes

##### Allégations nutritionnelles

Les allégations nutritionnelles quantitatives sont les suivantes : allégé en, source de vitamines, minéraux, riche en vitamines, minéraux, contient naturellement des vitamines, naturellement riche en vitamines, sans sucre, sans sucre ajouté, source de fibres, source de protéines, à teneur garantie en magnésium...

**L'obligation de déclaration nutritionnelle** (valeur énergétique, quantité de glucides, de sucres...) ne concerne pas les fruits et légumes non transformés. Les fruits et légumes frais, intacts, (dits «première gamme») et les produits secs (ail, oignon, échalote, noix sèches, noisettes...) ayant subi une dessiccation superficielle ne sont donc pas soumis à la déclaration nutritionnelle

En revanche, les produits séchés (abricots, dattes, pruneaux, raisins...) ont subi une transformation à cœur et sont donc soumis à l'**obligation de déclaration nutritionnelle**.

Les fruits et légumes sommairement préparés (1<sup>re</sup> gamme) ou ceux prêts à l'emploi (4<sup>e</sup> gamme) ne sont pas non plus soumis à la déclaration nutritionnelle.

Tout ajout d'assaisonnement, de sucre... impose la déclaration nutritionnelle. Les jus de fruits frais sont considérés comme produits transformés, donc soumis à déclaration nutritionnelle, sauf s'ils sont préparés en vue de la vente immédiate. Dans ce dernier cas, la déclaration nutritionnelle ne s'impose pas.

### Allégations de santé

Les allégations sont des mentions qui affirment ou suggèrent qu'un aliment possède des caractéristiques particulières liées à des critères. Les allégations générales sont l'origine, la nature, la composition, les propriétés nutritionnelles d'un produit (ex. : nature, frais, nouveau, pur, maison, artisanal, à l'ancienne, traditionnel, fermier, sans colorant, sans additif).

L'allégation de santé est un message qui affirme, suggère ou implique l'existence d'une relation entre une denrée alimentaire (ou un de ses composants) et la santé. La réglementation distingue trois types d'allégations de santé :

- les allégations liées à la réduction d'une maladie,
- les allégations relatives au développement et la santé des enfants,
- les autres allégations portent essentiellement sur les vitamines et minéraux.

#### 9.7.5. Les codes de traçabilité

Les emballages doivent aussi permettre l'**identification** : elle consiste à récupérer des informations sur le produit, à des moments précis de son parcours dans le processus de production, de conditionnement et de commercialisation. Elle **combine cinq éléments** : un objet (l'entité), un lieu, un moment, un contexte et une opération.

La **traçabilité, nécessaire et obligatoire** dans la chaîne alimentaire, est, par nature, un sujet propice à l'emploi de standards ou «codes», car elle déborde de l'entreprise en amont et aval. Inventer ses propres règles est une perte de temps : il faudra nécessairement à un moment donné assurer la cohérence avec un standard. L'exemple typique est le **code EAN**, qui identifie les produits de consommation courante. Ce code est apposé par le fabricant et est lu indifféremment par tous les magasins qui vont le commercialiser.

L'emploi des standards présente **quatre avantages**.

1. Les standards sont un langage commun à un secteur : **les utiliser renforce l'intégration à ce secteur**, et dans le temps assure la capacité d'engager une relation avec d'autres partenaires du secteur.
2. Les standards sont nés de la concertation et s'apparentent aux bonnes pratiques. Les utiliser, c'est gagner en expertise.
3. Les standards sont conçus pour couvrir tous les cas de figure. Utiliser les standards c'est gagner en fiabilité.
4. La plupart des solutions et des outils disponibles sont conformes aux standards. Les utiliser, c'est gagner du temps et des ressources.

Des standards existent dans tous les secteurs et peuvent prendre plusieurs formes.

Citons notamment :

- le GS1/EAN UCC pour les produits de grande consommation<sup>60</sup> ;
- le GLN (*Global Location Number*) : pour identifier la destination ;
- le SSCC (*Serial Shipping Container Code*) pour identifier le colis ;
- le GTIN (*Global Trade Item Number*) pour identifier le produit (unités de vente consommateur) ;
- le code CIP 13 pour les médicaments ;
- le code Galia pour l'automobile ;
- ...

#### 9.7.5.1. Le GLN (*Global Location Number*), code lieux-fonctions international

C'est une codification internationale unique à 13 chiffres, utilisée pour désigner un emplacement. Elle peut-être :

- une personne morale : société, filiale ...
- une entité fonctionnelle : service comptabilité, entrepôt ...
- une entité physique : pièce, chambre d'hôpital, travée de stockage ...

«301» ou «302»	Code national fournisseur ou distributeur	Code interne	Clef de contrôle
3 chiffres	5 à 8 chiffres	4 à 1 chiffre	1 chiffre

#### 9.7.5.2. Le GTIN (*Global Trade Item Number*)

C'est une codification internationale unique à 13 chiffres, utilisée pour désigner un produit à l'unité, susceptible d'être acheté par le consommateur final. Il constitue donc l'élargissement du code EAN-13.

De manière générale, un numéro, international et unique, est attribué à chaque unité commerciale (par exemple, une barquette sous film contenant une grappe de tomates destinée à un point de vente) ou à un regroupement standard d'unités commerciales (par exemple, une palette regroupant plusieurs bacs de tomates, transférée du site de stockage vers le magasin de détail). Ce numéro est le **GTIN**

60 Auparavant, les industriels et les distributeurs européens utilisaient les normes EAN (*European Article Numbering*), les Nord-américains les normes de l'UCC (*Uniform Code Council*). La GCI (*Global Commerce Initiative*) est une structure de travail créée en 1999 par des industriels et les distributeurs (Auchan, Carrefour, Tesco ...) et des fabricants (Nestlé, Coca-Cola, Procter & Gamble, Johnson & Johnson ...) afin de faciliter l'intégration de la chaîne d'approvisionnement et de simplifier les processus commerciaux. Elle s'applique notamment à faire converger les standards de codification actuels. Par exemple, les projets de la GCI comprennent l'appui des GLN (*Global Location Numbers*) et des GTIN (*Global Trade Item Numbers*). Elle a lancé le GSMP (*Global Standard Maintenance Process*) en janvier 2002. Enfin l'EAN (*European Article Numbering*) et l'UCC (*Uniform Code Council*) se sont associés et des nouveaux standards sont élaborés sous le système mondial de standards EAN-UCC.

(*Global Trade Item Number*). Le GTIN ne contient aucune information concernant le produit; il s'agit simplement d'une clé unique permettant d'accéder à davantage d'information dans des bases de données. Quatre structures de numérotation GTIN sont disponibles pour l'identification des unités commerciales: GTIN-14, GTIN-13, GTIN-12 et GTIN-8. Le choix de la structure de numérotation dépend du type de produit et de l'application.

### EXEMPLE D'UTILISATION D'UN GTIN-13



**5412345**: préfixe d'entreprise GS1 (dans cet exemple, attribué par GS1 Belgique et Luxembourg)

**00001**: numéro d'article attribué par l'entreprise

**3**: clef de contrôle

Il existe aujourd'hui des codes **GTIN+** (soit le code GTIN + le numéro de lot, ou la date de péremption (BBD, *Best Before Date*), ou encore la date de production (PD, *Production Date*) et **SGTIN** (GTIN avec un numéro de série permettant d'identifier un objet).

#### 9.7.5.3. *Le SSCC (Serial Shipping Container Code)*

Le SSCC est un numéro GS1 à 18 chiffres qui identifie de manière univoque l'unité logistique sur laquelle il est apposé. Il est utilisé en logistique **pour numérotier les colis** (ex.: les palettes). Par exemple, trois articles identiques expédiés dans trois colis différents auront le même code article EAN-13, mais des codes SSCC différents. Chaque numéro SSCC est différent dans le monde entier.

Libre	Pays	Code fabricant	Numéro séquentiel	Clef de contrôle
1 chiffre	1 chiffre	5 à 8 chiffres	10 à 7 chiffres	1 chiffre

En combinaison avec le *despatch advice* (avis de réception) EDI, le SSCC permet une réception des marchandises rapide et correcte. De plus, l'ensemble des données liées à l'unité logistique, c'est-à-dire le numéro d'agrément, le(s) GTIN(s), la date d'emballage..., peut être échangé par moyen d'EDI où le SSCC sert de référence. Le SSCC est donc l'instrument de traçabilité par excellence.

## LE SSCC EST MARQUÉ SUR L'UNITÉ LOGISTIQUE AU MOYEN DE LA SYMBOLISATION UCC/EAN-128



(00) 154123456000012345

00 : *Application Identifier* (AI), qui introduit le SSCC

1 : extension du numéro de série (peut varier de 0 à 9)

54123456 : préfixe d'entreprise (dans hypothèse d'un préfixe à 8 positions)

00001234 : numéro de série

5 : chiffre de contrôle

### 9.7.5.4. Les codes à barres (ou codes-barres)

Les codes à barres véhiculent des informations. Ils servent à encoder les données pertinentes relatives à un produit ou un service à chaque stade de la chaîne d'approvisionnement.

Les identifications logiques (lieux, produits, colis) sont le plus souvent imprimées et lues à l'aide de codes-barres. L'usage du code-barre est bien entendu soumis à des exigences physiques (taille et forme du support, couleur de fond...).

En fonction de ces exigences ainsi que du nombre de caractères à figurer, plusieurs normes coexistent :

- **EAN-8 et EAN-13** : 8 ou 13 chiffres (inscrits sous les barres en clair), employé essentiellement pour les produits de consommation ;
- **ITF 14** : 14 chiffres, plus gros et plus lisibles ; ces informations sont utilisées essentiellement en logistique sur les conditionnements (cartons, palettes...) ;
- **UCC / EAN 128** : nouvelle norme permettant de représenter une chaîne de caractères alphanumériques de longueur variable.

Quand il s'avère nécessaire d'ajouter des informations supplémentaires concernant le produit, par exemple, le numéro de lot, le poids ou la date d'emballage dans la filière des fruits et légumes, il est possible d'utiliser la symbolisation **UCC/EAN-128** pour encoder des données supplémentaires, en plus de l'identification du produit (GTIN). Il peut s'agir, par exemple, de la date de palettisation, du numéro d'agrément national de l'opérateur et du poids net.

Les *Application Identifiers* (AI) GS1 doivent être obligatoirement intégrés dans les codes à barres UCC/EAN-128. Ils déterminent la structure des données codées dans les éléments de données qu'ils introduisent.



*Application Identifier (AI) (01)* est le GTIN

*Application Identifier (AI) (13)* est la date d'emballage, ici le 7 octobre 2002

*Application Identifier (AI) (7030)* est le numéro d'agrément national du producteur

#### 9.7.5.5. *Le Code QR (Quick Response Code)*

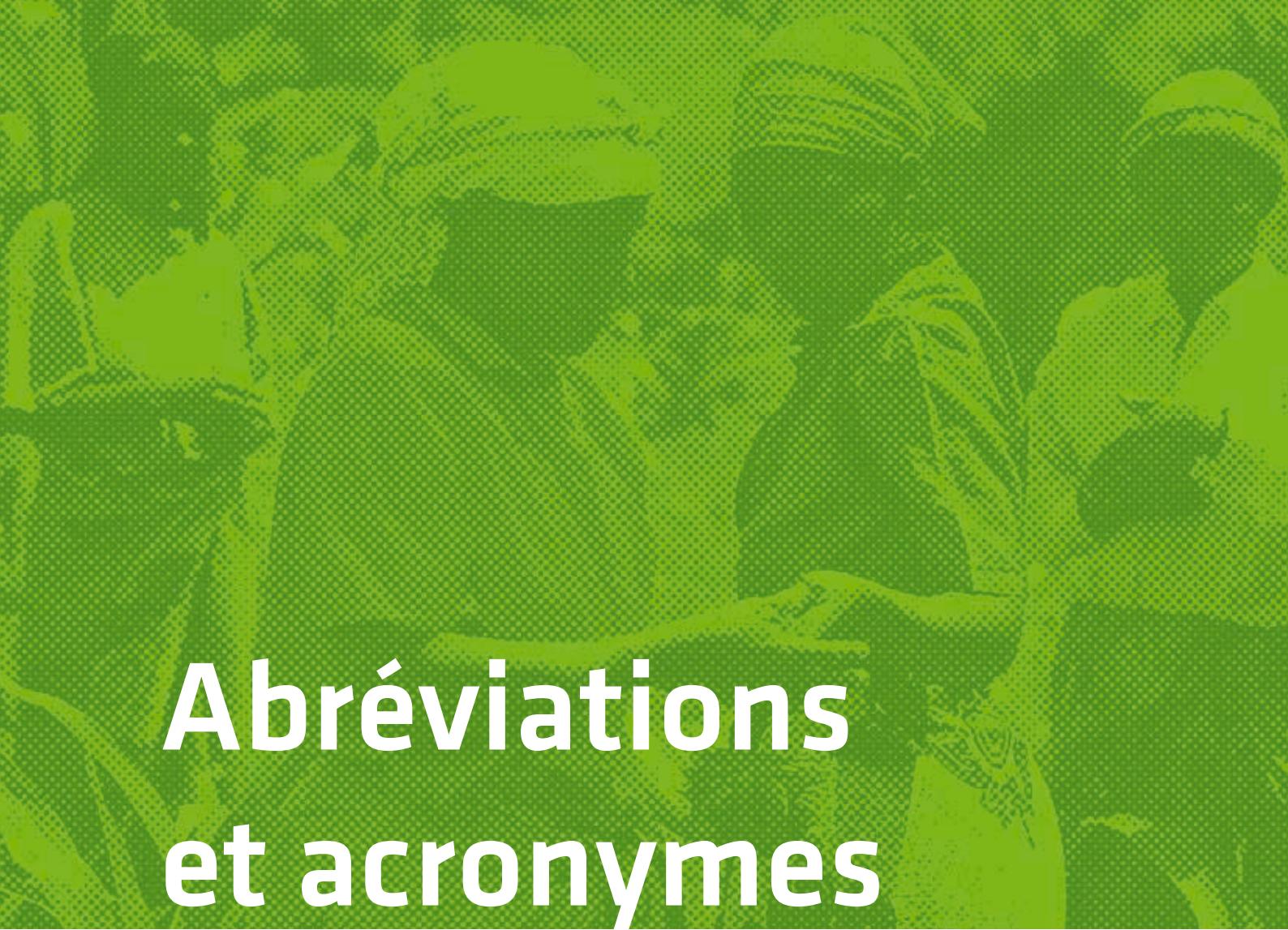


Le **code QR** (ou *QR Code* en anglais) est un code-barres en deux dimensions (ou **code à matrice**) constitué de modules noirs disposés dans un carré à fond blanc.

Le nom QR est l'acronyme de l'anglais *Quick Response*, car son contenu de donnée peut être décodé rapidement. Destiné à être lu par un lecteur de code QR, un téléphone mobile, ou un smartphone, il a l'avantage de pouvoir stocker plus d'informations qu'un code à barres.

Les QR peuvent stocker jusqu'à 7 089 caractères numériques, 4 296 caractères alphanumériques, bien au-delà de la capacité du code-barres.

On les retrouve sur beaucoup de supports différents : il suffit de les scanner avec le mode photo de son téléphone portable et de les envoyer pour obtenir directement une série d'informations (composition, origine, numéro de lot, date de fabrication...). Malgré son coût, des applications commencent à se généraliser sur certains produits alimentaires (ex. : huiles d'olive en Italie).



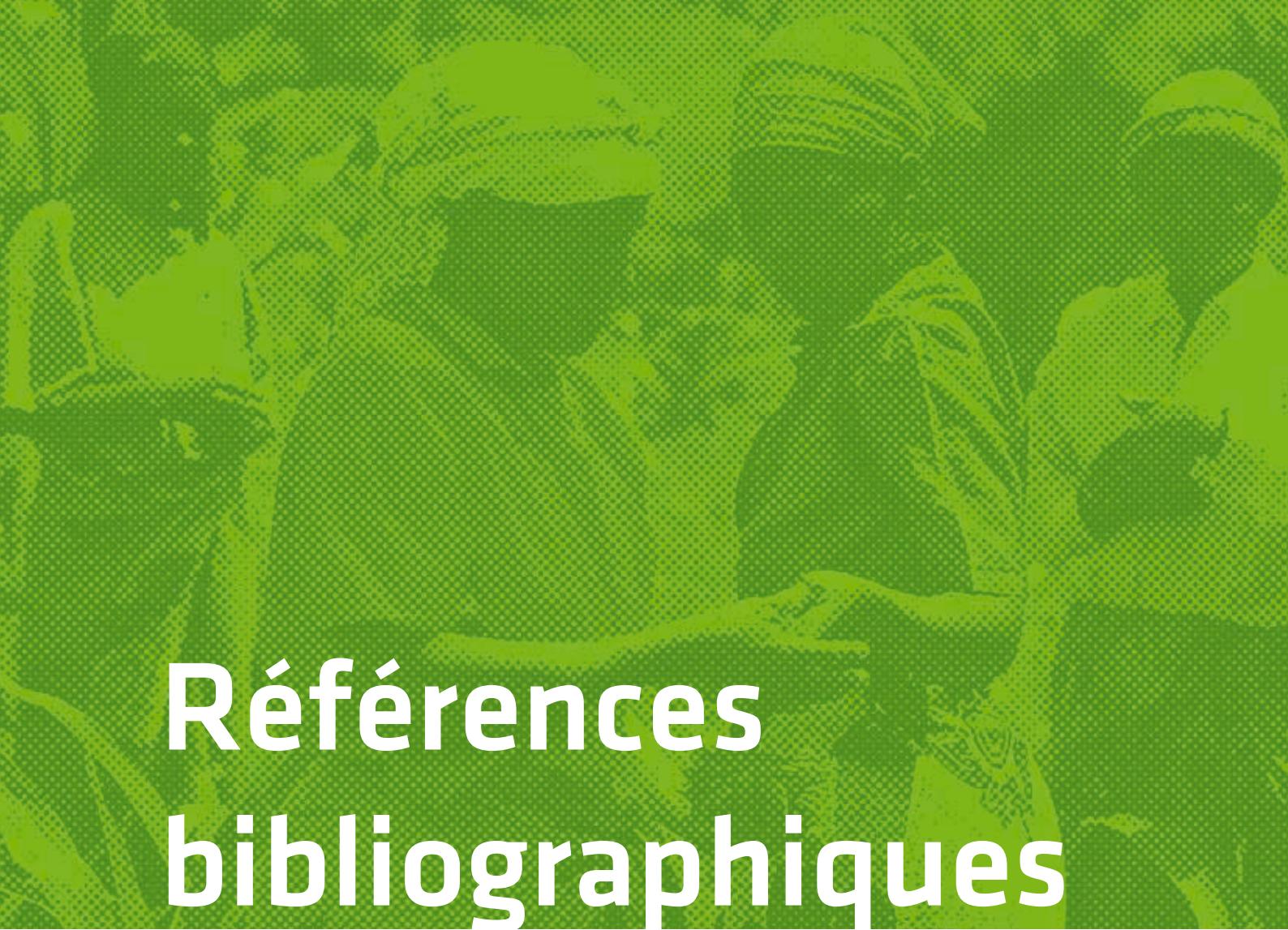
# Abréviations et acronymes

## ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

<b>ACP</b>	Afrique – Caraïbe – Pacifique (pays du Groupe des ACP, ayant signé une série d'accords particuliers avec l'UE appelé «accords de Cotonou»)
<b>ACV</b>	Analyse du Cycle de Vie
<b>BPA</b>	Bonnes Pratiques Agricoles (ensemble des conditions d'application qui doivent être définies : dose, volume, formulation, technique, DAR)
<b>BPL</b>	Bonnes Pratiques de Laboratoire
<b>BPP</b>	Bonnes Pratiques Phytosanitaires (ensemble de consignes à respecter pour éviter la contamination de l'opérateur, de l'environnement et les résidus)
<b>BPH</b>	Bonnes Pratiques d'Hygiène
<b>CCP</b>	Points critiques pour la maîtrise (dans la méthode HACCP)
<b>CIPV</b>	Convention Internationale pour la Protection des Végétaux
<b>DAR</b>	Délai avant récolte (nombre de jours à respecter avant la récolte)
<b>DJA</b>	Dose journalière acceptable (en mg/kg pc/jour)
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organisation: organisation des Nations Unies chargée de traiter des problèmes d'alimentation dans le Monde
<b>FLO</b>	Fairtrade Labelling Organizations International (FLO) est une association de 20 initiatives de labellisation équitables situées dans plus de 21 pays
<b>HACCP</b>	Système qui définit, évalue et maîtrise les dangers qui menacent la salubrité des aliments (analyse des dangers et points critiques pour la maîtrise)
<b>IPM</b>	Integrated Pest Management ou Lutte intégrée contre les parasites (LIP)
<b>JECFA</b>	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
<b>LMR</b>	Limite Maximale applicable aux Résidus
<b>LM</b>	Limite Maximale applicable à certains contaminants chimiques

<b>LOQ</b>	Limite de quantification (aussi LD : limite de détermination)
<b>NVP</b>	Norme Volontaire Privée
<b>OCDE</b>	Organisation de Coopération et de Développement Economique
<b>OCI</b>	Organisme de Certification Indépendant
<b>OEPP</b>	Organisation Européenne de Protection des Plantes (ou EPPO en anglais)
<b>OGM</b>	Organisme Génétiquement Modifié
<b>OILB</b>	Organisation Internationale de Lutte Biologique
<b>OMC</b>	Organisation Mondiale du Commerce
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>ONG</b>	Organisation Non Gouvernementale
<b>ONU</b>	Organisation des Nations Unies
<b>SMQ ou SMQS</b>	Système de Management de la Qualité ou Système de Management de la Qualité Sanitaire
<b>TIAC</b>	Toxi-Infections Alimentaires Collectives
<b>UE</b>	Union européenne





# Références bibliographiques

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

En matière de transformation, d'emballage, d'étiquetage et de conditionnement en général, les sources pertinentes sont nombreuses. De même, pour des aspects spécialisés sur l'hygiène, sur les microorganismes, sur les techniques de conservation, etc., avec une littérature scientifique extrêmement abondante. Beaucoup de sources ont été consultées pour rédiger ce manuel, mais les rédacteurs ont principalement puisé leurs informations dans les ouvrages suivants que le lecteur intéressé à creuser le sujet à tout intérêt à se procurer pour aller plus loin :

AFOC

Guide de conservation des fruits et légumes. 6 feuillets.

AFD (2009)

Normes de qualité pour les produits agroalimentaires en Afrique de l'Ouest.  
Étude réalisée par Arlène Alpha, Cécile Broutin, Gret, avec la collaboration  
de Joseph Hounhouigan et Victor Anihouvi, faculté des Sciences agronomiques  
du Bénin. 217 pages.

Croix-Bleue (1995)

Guide pour la préparation des fruits tropicaux. 71 pages.

COLEACP (2017)

Principes d'hygiène et de management de la qualité sanitaire. Bruxelles, Belgique.

COLEACP (2011)

La traçabilité. Bruxelles, Belgique.

CTA (2003)

La conservation des fruits et légumes. Série Agrodok N°3.  
Ed. Fondation Agromisa et CTA. 94 pages.

CTA (2008)

Conservation des légumes feuilles et des fruits. Collection Guides pratiques  
du CTA, N°8. 6 pages.

CTA (2011)

Le conditionnement des produits agricoles. Série Agrodok N°50.  
Ed. Fondation Agromisa et CTA. 78 pages.

CTA -ILO- WEP (1990)

Conservation des Fruits à Petite échelle. 244 p.

DILIGENT

Marie-Bernard (2010). Les confitures : de l'art aux techniques.  
Mémoires de l'Académie Nationale de Metz. pp. 171-190.

EUFIC (2020)

Des conservateurs pour prolonger la durée de vie des aliments et améliorer la sécurité. Page Web.

FAO (1992)

Prévention des pertes après récolte : fruits, légumes, racines et tubercules. Manuel de formation. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 132 pages.

FAO (2004)

Technologies combinées de conservation des fruits et des légumes. Manuel de formation. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 75 pages.

INRS (2003)

Hygiène et sécurité dans le domaine de la distribution alimentaire. TJ22. Aide-mémoire juridique. 25 pages.

PAFASP-COLEACP (EDES) (2013)

Bonnes Pratiques pour le séchage des mangues au Burkina Faso.

PREUD'HOMME R. (2020)

Cours de Technologie des Industries Agro-Alimentaires. Technologie des Légumes. Haute Ecole de la Province de Liège, La Reid. 42 pages.

RIVIER Michel et al. (2009)

Le séchage des mangues. Guide pratique. Éditions Quæ, CTA.

UNIDO (2005)

Guide du sécheur de figues. US/MOR/04/A48. 27 pages.

Merci aux auteurs de ces publications !





# Sites Web utiles

## SITES WEB UTILES

FAO

<http://www.fao.org/home/fr/>

OMC

<https://www.wto.org/fr/>

Commission du *Codex Alimentarius*

[www.codexalimentarius.org/fr/](http://www.codexalimentarius.org/fr/)

Lise des normes alimentaires du *Codex*

<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/fr/>

Pour accéder à des renseignements supplémentaires sur les mesures SPS, consulter le Portail SPS de l'OMC

[https://www.wto.org/french/tratop\\_f/sps\\_f/sps\\_f.htm](https://www.wto.org/french/tratop_f/sps_f/sps_f.htm)

Pour accéder à des renseignements supplémentaires sur les OTC, consulter le Portail OTC de l'OMC

[https://www.wto.org/french/tratop\\_f/tbt\\_f/tbt\\_f.htm](https://www.wto.org/french/tratop_f/tbt_f/tbt_f.htm)

Pour accéder au texte de l'Accord SPS de l'OMC

[https://www.wto.org/french/docs\\_f/legal\\_f/15sps\\_01\\_f.htm](https://www.wto.org/french/docs_f/legal_f/15sps_01_f.htm)

Pour accéder au texte de l'Accord OTC de l'OMC

[https://www.wto.org/french/docs\\_f/legal\\_f/17-tbt\\_f.htm](https://www.wto.org/french/docs_f/legal_f/17-tbt_f.htm)

Pour des renseignements au sujet de l'Atelier sur l'analyse des risques organisé en 2014 par le Comité SPS

[https://www.wto.org/french/tratop\\_f/sps\\_f/wkshop\\_oct14\\_f/wkshop\\_oct14\\_f.htm](https://www.wto.org/french/tratop_f/sps_f/wkshop_oct14_f/wkshop_oct14_f.htm)

Pour rechercher des notifications OTC et des renseignements sur les préoccupations commerciales spécifiques et d'autres questions relatives aux OTC, consulter le Système de gestion des renseignements OTC

<http://tbtims.wto.org/fr/>

Pour rechercher des notifications SPS et des renseignements sur les problèmes commerciaux spécifiques et d'autres questions relatives aux mesures SPS, consulter le Système de gestion des renseignements SPS

<http://spsims.wto.org/fr/>

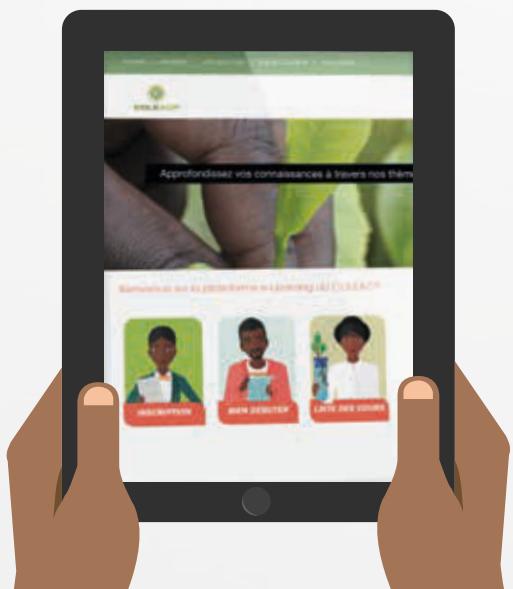
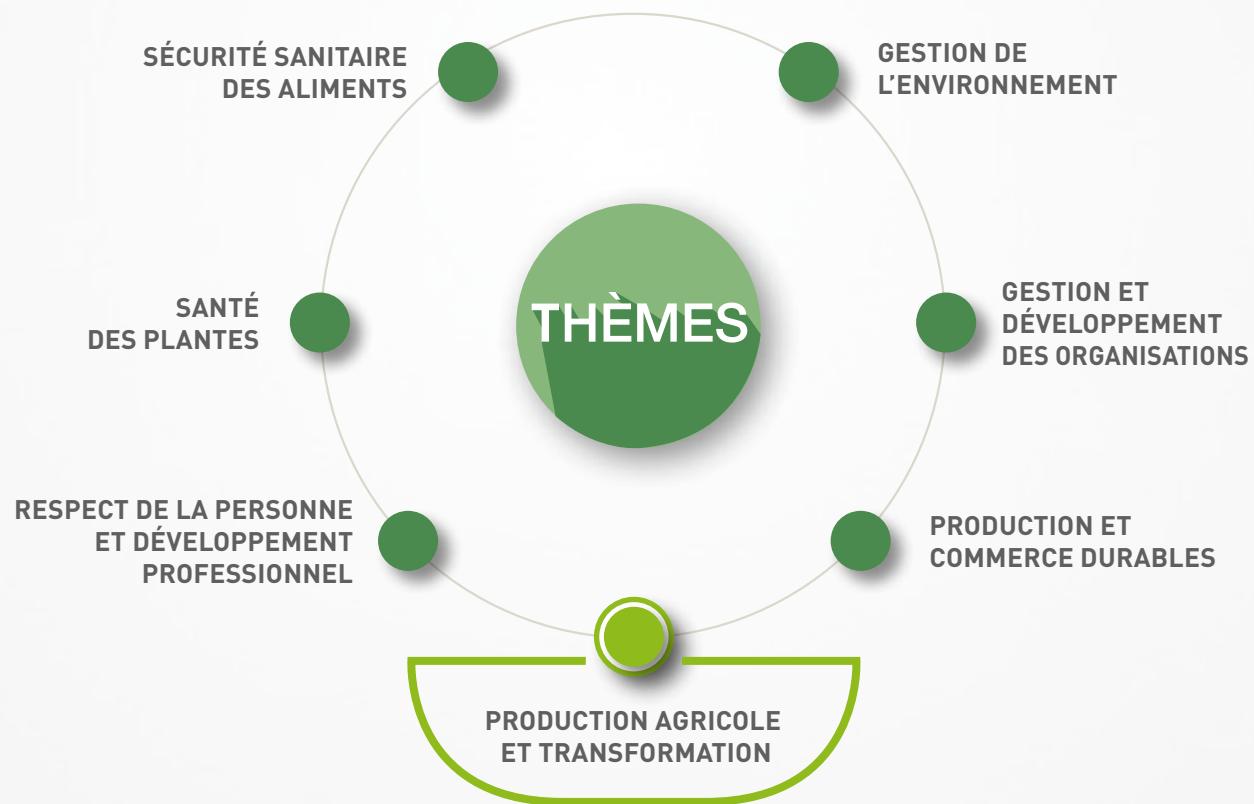
Pour recevoir des alertes électroniques concernant les notifications SPS et OTC, consulter le système ePing

<http://www.epingalert.org/fr>

# PLATEFORME E-LEARNING DU COLEACP

RECEVEZ VOTRE ACCÈS À NOTRE PLATEFORME DE FORMATION À DISTANCE RÉSERVÉE AUX ACTEURS DU SECTEUR AGRICOLE DANS LES PAYS D'AFRIQUE, DES CARAÏBES ET DU PACIFIQUE.

TESTEZ ET AMÉLIOREZ VOS CONNAISSANCES  
À VOTRE RYTHME !



<https://training.coleACP.org>





**PRODUCTION ET COMMERCE  
DURABLES**

**SANTÉ DES PLANTES**

**SÉCURITÉ SANITAIRE  
DES ALIMENTS**

**PRODUCTION AGRICOLE  
ET TRANSFORMATION**

**RESPECT DE LA PERSONNE  
ET DÉVELOPPEMENT  
PROFESSIONNEL**

**GESTION DE  
L'ENVIRONNEMENT**

**GESTION ET DÉVELOPPEMENT  
DES ORGANISATIONS**

**MÉTHODOLOGIES  
DE FORMATION**



**COLEACP**

JANVIER 2021