

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

La conservation des pommes

Introduction aux enjeux et aux techniques de la conservation des pommes.

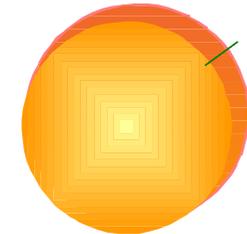
source : conférences de l'Ifri

Le métabolisme des fruits et légumes

Conservation

Pas de réserves

Des réserves



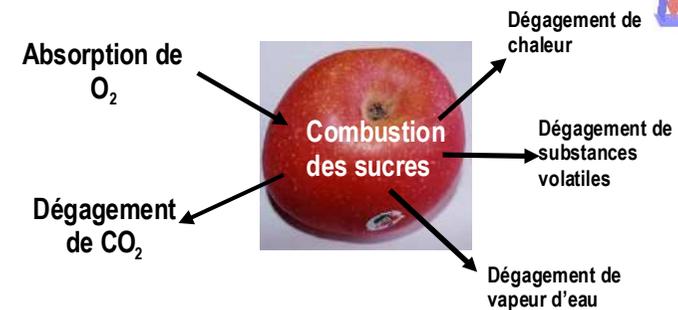
Fonctions biologiques des végétaux

Les plus importantes pour la conservation :

- Respiration
- Transpiration
- Maturation des fruits
- Production de cires dans les épidermes.
- Croissance des jeunes organes : bourgeons, asperges, oignons
- Émissions de substances volatiles
- Pigmentation (chlorophylles, caroténoïdes)

La respiration

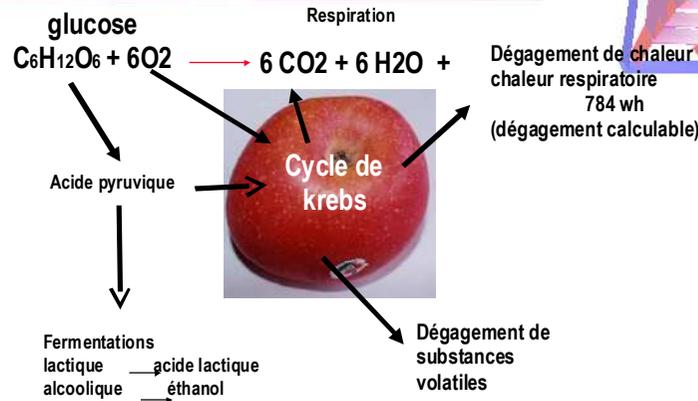
Échanges gazeux entre les végétaux vivants et l'air ambiant



Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

La respiration

Échanges respiratoires



Le cycle de la plante

Sur une plante, chaque organe passe au cours de sa vie par des étapes qui sont génétiquement programmées, chacune ayant une fonction biologique. La succession habituelle comporte : l'initiation, la multiplication cellulaire, la croissance, le stade adulte fonctionnel, la graine, la sénescence. La récolte interrompt ce déroulement à un moment favorable du point de vue agricole. La tenue après récolte est la résultante de cette situation. Les combinaisons de facteurs qui agissent dans chaque cas sont nombreuses et la variabilité du comportement des fruits et légumes en découle. L'homogénéité de la récolte est conditionnée par un stade physiologique commun de tous les organes récoltés. C'est en partant de ces constats que l'on peut déterminer les moyens à mettre en œuvre pour prolonger la conservation.

En même temps, les stades physiologiques sont souvent repérables sur la plante ou sur l'organe, et cette connaissance apporte une information essentielle aux producteurs pour raisonner leurs interventions.

Les stades physiologiques à la récolte

Stades	Fruits	Légumes
Croissance		Asperges, endives, Salades
Maturité Stade adulte	Fruits à pépins, fruits à noyaux, agrumes, baies	Tomates, melons, choux
Graines	Fruits à coques	Haricots, pois

La maturité

Le stade physiologique de consommation des fruits

La maturité est le stade physiologique des fruits qui correspond à une phase d'activité métabolique intense. Succédant à la croissance, elle modifie en profondeur le comportement des tissus. Elle s'accompagne de l'abscission du pédoncule qui réalise la séparation naturelle du fruit de la plante ou de l'arbre. Elle correspond le plus souvent au stade optimal de consommation. Si la récolte intervient trop tôt, la maturité peut être totalement impossible. Ces fruits, à un stade juvénile, restent définitivement verts, et si leur conservation n'est pas mauvaise, leur valeur commerciale n'est que rarement appréciable (cas de la pêche).

Dans d'autres cas, il existe un stade intermédiaire précédant la maturité, pendant lequel, le fruit, quoique non mûr, possède la faculté d'entrer ultérieurement en maturité. C'est le cas pour les pommes, les poires, les tomates, les avocats, les bananes et bien d'autres. L'exploitation de cette propriété permet de prolonger considérablement le stockage, sans réduire, au contraire, la qualité de ces fruits, tout en procédant à la récolte en phase de prématurité.

Après une conservation, ces fruits, appelés "climactériques", ont une crise respiratoire qui précède la maturité elle-même, caractérisée par un dégagement important de gaz carbonique, dont l'intensité dépend de la température.

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

La maturité

Les changements de couleur sont les signes les plus visibles de la maturité



La respiration s'élève fortement.

Les produits du métabolisme changent en conséquence : plus de sucres solubles, moins d'acides.

Les protopectines sont hydrolysées en pectines solubles.

Les pigments se modifient.

Les arômes spécifiques sont émis.

L'éthylène C_2H_4 est le déclencheur de la maturité

Conséquences pratiques de la maturité

Au champ

Techniques culturales

A la récolte

Tests de récolte

En chambre froide

Surveillance des fruits
et de l'éthylène

Au conditionnement

Tests de maturité

Pendant le transport

Éliminer
l'éthylène

En chambre de maturation

Apporter
l'éthylène

Effets défavorables du froid

Les effets défavorables du froid :

- **Le gel** : Selon les espèces, le déséquilibre métabolique intervient plus ou moins vite. A part quelques légumes résistants (choux), le gel est la limite inférieure de survie pour les végétaux, à une température dépendant de la concentration des vacuoles. Les cristaux déchirent les membranes des cellules, faisant couler les jus à la décongélation.

- **Les maladies du froid** : la destruction des cellules peut résulter d'une température trop basse pendant la conservation. La température de conservation doit être supérieure à cette limite, et chaque espèce constitue un cas particulier : on trouve les données correspondantes dans les recommandations publiées par l'I.I.F.

Les espèces exotiques, d'origine tropicale ou méditerranéenne, sont moins résistantes au froid.

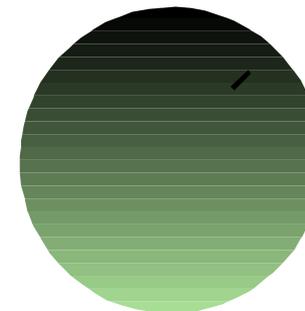
Dans d'autres cas, des anomalies sont induites par des différences de températures, mêmes réduites. On en trouve des exemples pour les pommes d'anciennes variétés, qui doivent être conservées à plus de 4°C, pour les pommes de terre dont les variétés peuvent s'enrichir en sucres solubles à des températures inférieures à 5 - 7°C. Dans d'autres cas, comme la tomate, les températures limites dépendent du stade physiologique, 0°C pour le stade de prématurité, 8 - 10°C pour le stade mûr. L'échaudure de l'épiderme des fruits à pépins est aggravée par l'accumulation des substances volatiles dans l'air de la chambre froide.

- **Certains déséquilibres sont initiés précocement** pendant la culture, et les dégâts ne se révèlent que pendant la conservation ou la maturité. Exemples : le bitter-pit des pommes dû à un déséquilibre d'alimentation minérale; la vitrescence du melon liée à une carence calcique pendant l'initiation des fruits.

Les maladies physiologiques

L'échaudure

Une maladie physiologique de la pomme



Brunissement superficiel de l'épiderme dû à l'accumulation de substances volatiles dans les chambres froides

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

La conservation de la pomme

Présentation générale des pommes

La pomme (1)



Les moyens de conservation
doivent être adaptés aux
variétés

au froid normal, la durée dépend de la température

En atmosphère contrôlée,
la durée et la qualité sont améliorées

La pomme (2)

Sur cette espèce, les conditions de récolte et le choix du stade physiologique pour la conservation de longue durée ont été très étudiés. Une série de techniques est à la disposition des producteurs pour déterminer la date de récolte. La couleur des pépins, la fermeté de la chair, le test iodo-ioduré de la chair (amidon), la durée floraison - récolte, la couleur de l'épiderme, etc.

Une préoccupation importante pour l'entreposeur est la détermination de la durée possible de conservation. Elle s'apprécie pendant le stockage par des observations sur des fruits prélevés. Des analyses minérales permettent aussi des évaluations de risques d'apparitions de maladies physiologiques

La pomme (3)

Les moyens de conservation doivent être adaptés aux variétés de pommes :

Pour des conservations de durée courte ou moyenne, un abaissement de température à 5 -10°C donne déjà un report de un à deux mois, selon les variétés et on double ce délai en descendant entre 0 et 4°C. Plus la température est basse, plus la durée est longue. La Belle de Boskoop, par exemple, se conserve 5 mois au froid à 3°C.

L'atmosphère contrôlée est un moyen d'augmenter la durée de conservation mais également d'améliorer la qualité à la sortie du froid. A durée de conservation égale les pommes d'atmosphère contrôlée sont d'une fraîcheur très supérieure à celle conservées au froid normal. Les mélanges principalement utilisés sont de 2 types :

- Mélange A.C. : exemple, 2% à 3% O₂ 3% à 5% CO₂
- Mélange ULO : exemple, 1% à 1,5% O₂ 2% à 3% CO₂

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Les variétés anciennes de pommes (4)

cox's orange, reinettes, boskoop...



Cox's orange pippin



Canada



Boskoop

4°C minimum; 60 à 120 jours A.C. : 120 jours
(3% O₂) (5% CO₂)

Les variétés anciennes de pommes (5)

cox's orange, reinettes, boskoop...

Ces variétés, bien que réduites en tonnage, constituent des compléments de gamme appréciés. Elles séduisent les jardiniers amateurs. Elles craignent les basses températures qui provoquent des brunissements internes et des maladies physiologiques. C'est pourquoi elles ne sont stockées qu'à des températures supérieures à 4°C. On trouve aujourd'hui :

Belle de Boskoop. 3 – 5°C, 150 jours. AC, ULO. Sensible à l'échaudure, aux maladies de sénescence, au core flush, au bitter pit, à la maladie des basses températures, au *Penicilium*.

Cox's orange. 3 - 4°C, 120 à 150 jours. AC, ULO. Très sensible à la maladie des basses températures, au bitter pit et aux attaques de *Gloeosporium* et de *Penicilium*.

Reine des reinettes. 4°C, 90 jours. Sensible aux brunissements de sénescence, à la vitrescence, et aux brunissements des basses températures.

Reinettes blanches et grises du Canada. 4°C, 180 à 210 jours, AC. Sensibles au bitter pit, aux brunissements des basses températures, aux brunissements de sénescence.

Variétés de pommes unicolores jaunes ou vertes(6)

Golden delicious



Granny Smith



0°C à +2°C; 120 à 150 jours

A.C. : 210 à 270 jours
(2% à 3% O₂) (3% à 5% CO₂)

ULO : 270 jours
(1% à 1,5% O₂) (2% à 3% CO₂)

0°C à +2°C; 90 à 120 jours

A.C. : 210 à 240 jours
(2% à 3% O₂) (1,5% à 2% CO₂)

ULO : 210 à 240 jours
(0,8% à 1,2% O₂) (0,8% à 1% CO₂)

Variétés de pommes unicolores jaunes ou vertes(7)

Golden delicious

Mettre rapidement au froid et en régime gazeux pour une conservation longue durée. Un entreposage sous basse teneur en O₂ permet une meilleure fermeté et de l'acidité tout en réduisant l'échaudure.

Sensibilité au flétrissement : un bon réglage des installations de froid est nécessaire.

Granny Smith

Très sensible à l'échaudure : entreposage sous basse teneur en oxygène, mise en régime rapide. Traitement anti échaudure au diphénylamine après la récolte. Production abondante de cire épidermique pendant la conservation.

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Variétés rouges (8)



Idared

0°C à +4°C; 180 à 210 jours
 A.C. : 210 à 240 jours
 (3% O₂) (3% CO₂)
 ULO : 270 jours
 (1,4% à 1,6% O₂) (1,8% à 2,2% CO₂)

Cours de Production
 frigorifique



Red chief

0°C à +1°C; 120 à 150 jours
 A.C. : 180 à 210 jours
 (2 à 3% O₂) (3 à 4% CO₂)
 ULO : 180 à 210 jours
 (1,5% O₂) (1,8% à 2,2% CO₂)

Michaël Thienpont
 23 novembre 2006

21

Variétés de pommes (9)

Idared

Sensibilité aux taches de Jonathan Spot après un été chaud ou une cueillette tardive.
 Parfois sensible à l'échaudure molle, maladie des basses températures.
 Les fruits des 2ème et 3ème années sont déséquilibrés et ne doivent pas être conservés longtemps.

Red delicious et mutants

Risque d'évolution vers une texture farineuse en fin de conservation, sensible à l'échaudure.

Sensibilité au brunissement interne de sénescence.

Entreposage sous basse teneur en oxygène recommandé.

Cours de Production
 frigorifique

Michaël Thienpont
 23 novembre 2006

22

Variétés de pommes bicolores (10)



Fuji

0°C à +2°C; 210 à 240 jours
 A.C. : 210 à 240 jours
 (2% à 2,5% O₂) (1% à 2% CO₂)
 ULO : (1,2% O₂) (0,9% CO₂)

Cours de Production
 frigorifique



Gala

1°C à +2°C; 120 à 150 jours
 A.C. : 120 à 150 jours
 (2% à 3% O₂) (2% à 3% CO₂)
 ULO : (à 1,5% O₂) (2% CO₂)

Michaël Thienpont
 23 novembre 2006

23

Variétés de pommes bicolores (11)

Fuji

Très peu sensible à l'ensemble des maladies. Sensible au CO₂
 Sensible à l'échaudure en année sèche.
 Peut-être atteinte de vitrescence qui se résorbe en conservation

Gala

Manque d'acidité après une longue conservation:
 ULO recommandé, avec mise en régime rapide par balayage d'azote.
 Core flush (dû au CO₂) en conditions extrêmes :
 brunissements internes et ramollissement.

Cours de Production
 frigorifique

Michaël Thienpont
 23 novembre 2006

24

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

La poire

Poires Conférence



Les variétés tardives se conservent mieux.
Température de - 0,5 °C à 20 °C
En A.C. : (O₂, 2%) (CO₂, 3 à 5%)

Beaucoup de variétés demandent une maturation artificielle après conservation



La poire

Les poires sont présentes toute l'année, grâce à l'échelonnement des variétés et aux possibilités d'importation à contre-saison d'un fruit de bonne conservation. La culture demande cependant une technicité arboricole nettement supérieure et la conservation doit être particulièrement suivie. Les maladies physiologiques sont fréquentes : des mesures préventives sur la conduite du verger, sur le choix des parcelles et des zones de production sont nécessaires. La conduite de la conservation doit également en tenir compte par le choix des températures et des mélanges gazeux en atmosphère contrôlée. La poire est finalement une production de terroir.

Conditions de conservation :

Variétés	°C.	AC (O ₂), (CO ₂)	durée	maturation
Beurré Hardy	- 1 ; 0		2 - 3 mois.	10-12 j à 15°C
Conférence	- 1 ; 0	(2), (0 - 2)	6 - 7 mois	6 j à 18°C.
Doyenné	- 0,5	(2 - 4), (2 - 5)	5 - 6 mois	8-10 j à 15-20°C
Highland	0	(3), (1 - 2)	7 mois	2 mois à 2°C.
Passe Crassane	- 1 ; 6	(5), (5)	4 - 6 mois	Cas spécial
Pierre Corneille	0	(5), (5)	3 - 4 mois.	

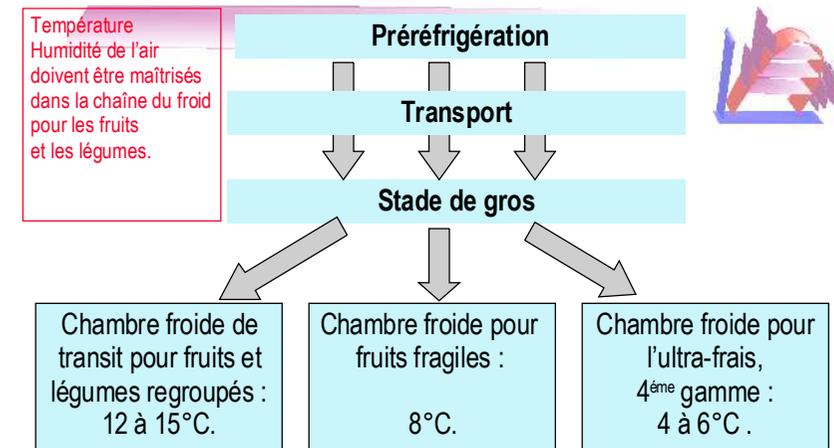
Les fruits à noyaux

La pêche, l'abricot, la cerise, la prune,
fruits à noyaux des zones tempérées, ne mûrissent pas
s'ils sont cueillis trop précocement

Ils sont prérefrigérés en station et commercialisés rapidement



La chaîne du froid



Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

La chaîne du froid

Deux paramètres principaux doivent être ajustés, pour chaque espèce ou variété de fruits ou de légumes, afin de les conserver dans les meilleures conditions pendant la distribution : la température des produits, l'humidité de l'air.

Dans le secteur de la distribution il ne peut y avoir d'installations spécialisées pour chaque produit. Il y a seulement une gamme d'équipements limités où se regroupent les produits compatibles du point de vue de la conservation.

Les contraintes finales de la distribution se répercutent en cascade sur les opérateurs d'amont : ils doivent fournir des produits à température au moins égale à celle de la distribution. Dans les entrepôts du stade de gros, trois niveaux de froid existent :

- Chambre froide de transit pour fruits et légumes regroupés : 12 à 15°C.
- Chambre froide pour produits fragiles : 8°C.
- Chambre froide pour l'ultra-frais, 4^{ème} gamme : 4 à 6°C.

La chaîne du froid

Afin d'éviter les pertes de poids ou les condensations, les produits doivent arriver à une température d'expédition et de transport un peu inférieure à celle de destination. En effet, un fruit ou un légume emballé dans une enveloppe plastique, arrivant dans une ambiance plus froide, se trouve rapidement au contact d'eau liquide déposée par condensation sur la face intérieure de l'emballage : c'est le point de départ de dégâts parasitaires et de défauts d'aspect. Ces contraintes expliquent l'importance du transport frigorifique pour le maintien d'une température stable dans toute la filière. En amont, chaque produit a ses exigences spécifiques qui s'ajoutent aux précédentes. Ce sont celles de la récolte, de la prérefrigération et de la conservation.

Prérefrigération : la chambre froide normale et son équipement

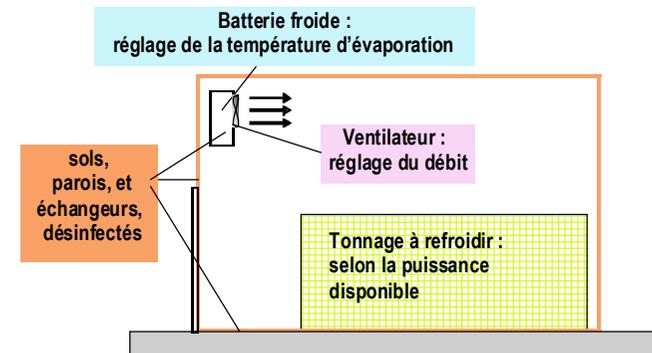
Le refroidissement initial des fruits et légumes fait appel à toute une série de moyens adaptés à chaque cas. Une chambre normale de conservation n'a pas été conçue pour l'usage unique de la prérefrigération. Les produits destinés à l'entreposage de longue durée sont refroidis au fur et à mesure des récoltes. La chambre est donc équipée pour refroidir des lots plus petits, à partir de la puissance frigorifique disponible pour la conservation. Le tonnage d'entrée doit donc être limité en conséquence. Sinon le refroidissement n'est plus assuré et le retard qui en résulte peut entraîner des débits de maturations ou des évolutions qui se répercutent sur l'ensemble du stock.

Un réglage spécifique de l'installation frigorifique est prévu pendant cette période. La température d'évaporation est abaissée pour avoir une puissance plus élevée, la ventilation est augmentée. Le coefficient de brassage (qui est le rapport du débit horaire des ventilateurs au volume de la chambre vide), est de 40 à 50. La mise en régime des chambres froides doit être précédée de diverses opérations de maintenance et de démarrage :

- Nettoyage et désinfection : sols, murs, échangeurs sont désinfectés une fois par an avant la mise en route, en appliquant les techniques autorisées, telle que la thermo nébulisation. Des délais avant l'entrée des fruits sont éventuellement à respecter.
- Contrôle de l'ensemble des appareils.
- Mise en régime de température avant l'entrée des premiers lots (pour éviter des pertes de poids).
- Humidification des emballages de conservation.

Une chambre de conservation doit pouvoir être refroidie en 10 jours pour limiter les pertes de poids.

Chambre normale et son équipement



Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Chambre
équipement

Température normale
Mise en froid

Frigorifère : détente directe ou eau glycolée dégivrage, ailettes.
Dimensions : hauteur, largeur
Thermostat
Ventilation
Isolation : murs, sols
Portes, bordures, trappes
Sécurité, alarmes

Avant:
Maintenance : hygiène, frigorifique
Refroidissement préalable
Humidification des pallox

Entrées :
Tonnages journaliers, densité de chargement
Cahier des charges : paramètres à prévoir
Liaison avec le verger
Plan de gerbage
Refroidissement des fruits et légumes

Influence du froid sur le métabolisme

Espèce	Chaleur de respiration kilojoules/tonne.jour en fonction de la température (degrés C.)						
	0	2	4	6	10	15	20
pomme	200	300		800			2000
fraise	800						4000
melon				600	900		2000
orange	200		600				1200
olive						2000	2500
raisin	100						1200
pêche	300						3500
poire	200						3000
prune	300				2500		4000
ail	300						3000
asperge	2500						8000
aubergine					3000		
chou	400						2500
chou-fleur	800						7000
carotte	300						2500

Influence du froid sur le métabolisme

Le métabolisme des tissus végétaux est piloté par les enzymes

L'activité des enzymes est fortement réduite par le froid, bien que dans des proportions différentes selon les cas. Quelques mécanismes sont particulièrement importants.

Les réserves énergétiques. Le maintien en vie des tissus consomme de l'énergie fournie par la respiration. Cette énergie est stockée dans les cellules sous forme de sucres polymérisés. La durée de vie d'un organe dépend donc de la possibilité d'un approvisionnement à partir d'une accumulation préalable, et d'une mise à disposition du sucre. Ce dernier est accumulé pendant la vie de la plante dans les tissus dont la croissance est elle-même conditionnée par les apports azotés. C'est le métabolisme de base du végétal. Les réserves s'épuisent pendant le stockage. D'où la relation existante entre l'aptitude à la conservation et la nutrition azotée au champ.

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Influence du froid sur le métabolisme

Le froid économise les réserves.

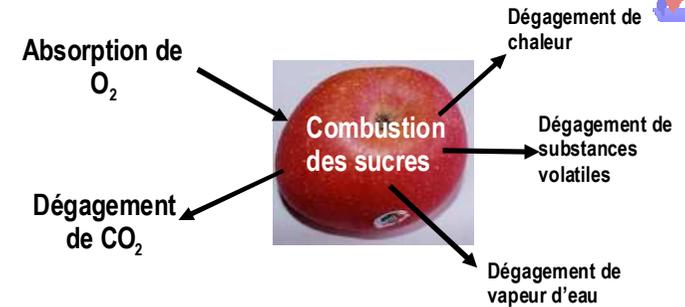
La consommation de sucre diminue avec la température. On mesure l'influence du froid par le rapport de l'activité des réactions à deux températures séparées de 10°C (Q_{10}). Par exemple le Q_{10} respiratoire :

$Q_{10} = \text{Chaleur de respiration à } 10^{\circ}\text{C} / \text{Chaleur à } 0^{\circ}\text{C}$

Cette valeur est de l'ordre de 2 à 3 et ne dépend que peu de la température. Elle varie selon les espèces et la nature du sucre utilisé. Elle est utile pour évaluer le bilan frigorifique quand la température varie. Une salle remplie de produits, ou un emballage confiné, s'échauffent deux fois plus si la température s'élève de 10° et consomment plus vite les réserves de sucre. Le potentiel de conservation s'en trouvera réduit d'autant.

La respiration

Échanges gazeux entre les végétaux vivants et l'air ambiant



Les emballages de conservation



Les caisses palettes ou pallox sont l'unité de base pour le stockage et la manutention d'un grand nombre de fruits et légumes. Empilées sur une grande hauteur, elles doivent répondre à de nombreux critères de résistance

Les emballages de conservation

Les caisses palettes ou pallox

Ce sont des caisses de dimensions 1,2m sur 1m comme les palettes et de 0,8 m de haut qui contiennent les fruits ou les légumes peu fragiles pendant le stockage en chambre froide. Suivant le produit, elles peuvent contenir 150 à 400 kg. Leur fabrication est particulièrement soignée car elles doivent répondre à un cahier des charges satisfaisant, à la fois pour les manutentions et pour l'entreposage :

- Structure. Elles sont gerbées sur des hauteurs qui peuvent atteindre 10 m dans les chambres froides modernes. Elles sont en outre destinées à assurer les manutentions par chariots élévateurs et doivent supporter le poids d'une pile sur les pattes de l'appareil élévateur. En même temps leurs parois doivent être à claire-voie pour assurer la circulation de l'air.
- Résistance à l'humidité. L'ambiance des chambres est très humide et tous les composants de ces matériels doivent résister. Le traitement du bois est indispensable, tout en assurant la qualité alimentaire.
- Non agressivité à l'égard des produits entreposés : pas de produits de traitement du bois nocifs ; surfaces de contact lisses ; angles des planches rabattus, pour limiter les machures sur les fruits.

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Les emballages de conservation

Les caisses palettes ou pallox

- Maintenance. L'importance et le coût de ces équipements nécessitent une maintenance soignée pour leur assurer une durée de vie suffisante et une utilisation sans risques. Une désinfection régulière s'impose. Elles doivent être réhumidifiées avant la rentrée des fruits, car elles peuvent absorber de grandes quantités d'eau et provoquer des pertes de poids.

Le refroidissement dans ces caisses est lent : elles ne sont pas utilisées pour la prérefrigération rapide. Des racines chargées de terre sont particulièrement difficiles à refroidir ; un nettoyage préalable doit être fait. Du fait de leur masse, la température à cœur du produit entreposé est supérieure à celle de l'air ambiant, de 0,5 à 1°C, suivant le dégagement de chaleur respiratoire et la densité.

Le stockage

La période de stockage

Réglages frigorifiques
ventilation
température
hygrométrie
Contrôles
de température,
de vitesse d'air,
d'hygrométrie.

La chaîne du froid

L'air, l'eau, les légumes doivent être refroidis spécifiquement

La centrale frigorifique est donc particulièrement importante, et, pour des raisons de distribution et de sécurité, l'utilisation de l'eau glycolée s'impose.

La machine frigorifique est soumise aux contrôles réglementaires, notamment le suivi des fuites et des recharges. L'eau de lavage est refroidie et, comme elle ne peut être recyclée, elle sert après usage à refroidir l'eau d'arrivée dans un échangeur.

Dans chaque site de fabrication, des appareils de contrôle et d'enregistrement sont indispensables



La ventilation

Pendant le stockage l'adaptation à la puissance frigorifique utilisée demande la modification du **taux de brassage = débit d'air / volume brut en refroidissement : 40-50 ; en conservation : 15-30**

Ce réglage s'effectue sur les frigorifères avec des moteurs à deux vitesses. On peut aussi couper la ventilation en dehors de la production de froid, avec cependant un fonctionnement minimum commandé par horloge.

La vitesse de l'air dans la chambre doit être réduite après le refroidissement. Dans le frigorifère produisant du froid elle est de l'ordre de 2 à 4 m/s. La vitesse au contact des fruits, pour conserver l'homogénéité des températures, doit être de l'ordre de 0,2 m/s.

Un renouvellement d'air doit être assuré, qui dépend essentiellement des produits stockés, (émissions volatiles et sensibilités correspondantes). Un renouvellement d'air complet est égal à 10 fois le volume de la chambre. Un volet spécial est prévu dans la zone d'aspiration des frigorifères

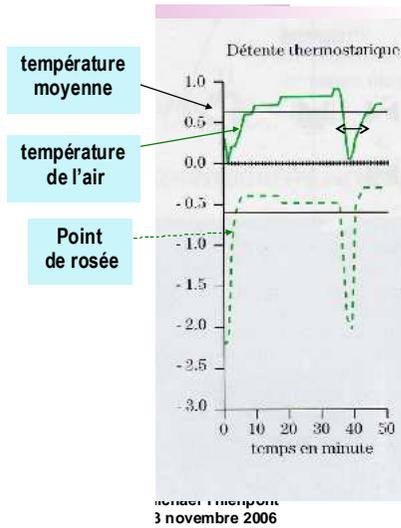
Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Evolution de la température d'une chambre remplie de fruits

d'humidité de l'air selon les techniques de régulation

La température varie continuellement pendant le stockage

L'humidité relative est également variable



Cours frig

3 novembre 2006

La période de production de froid est brève

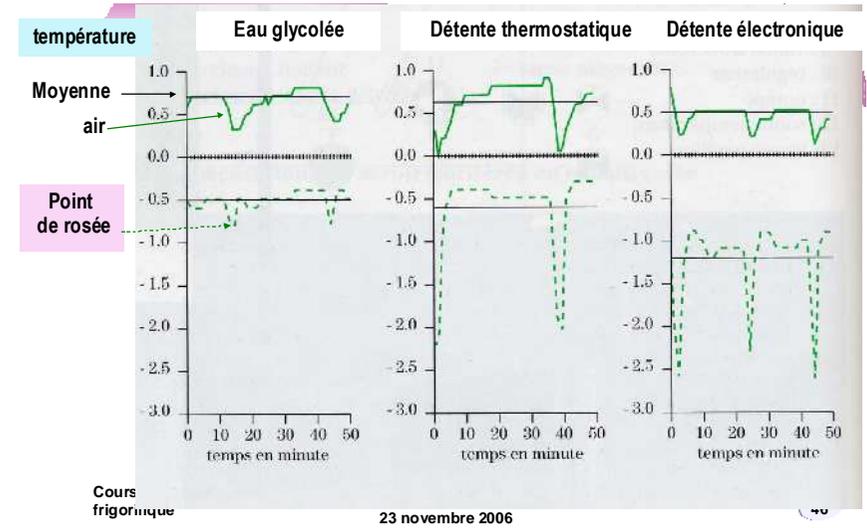
La batterie froide fonctionne en régime transitoire

La régulation par fluide frigoporteur améliore l'humidité de l'air

Le fonctionnement du frigorigère joue un rôle important dans l'évolution de l'humidité de l'air, et donc dans la perte de poids et finalement dans la qualité après conservation. C'est l'alimentation du frigorigère par un fluide frigoporteur qui donne la meilleure régulation pendant la période de conservation. Les températures moyennes sont les plus précises et l'amplitude de variation est la plus réduite. Les pertes d'eau sur l'évaporateur sont réduites (de 4,5-5% à 2,5-3%). Les temps de marche sont plus longs pour l'eau glycolée, ce qui montre que la surface d'échange est mieux utilisée, avec des écarts de température plus faibles.

Cours de Production frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

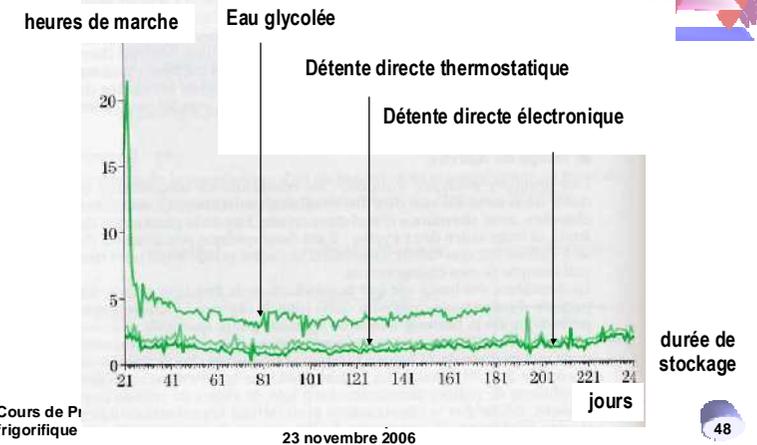


Cours frigorifique

23 novembre 2006

Temps de marche et pertes de poids

La régulation par fluide frigoporteur augmente les temps de marche du frigorigère.



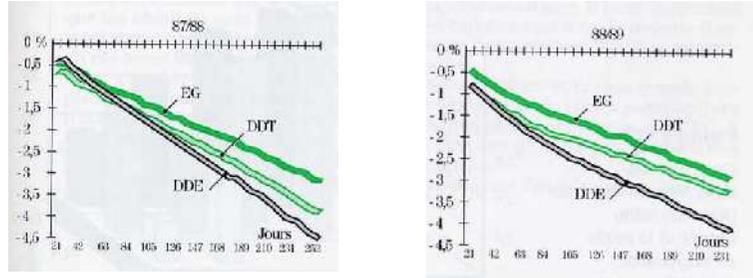
Cours de Production frigorifique

23 novembre 2006

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Régulation et pertes de poids

Le fonctionnement du frigorigère joue un rôle important dans l'évolution des pertes de poids des fruits stockés. Finalement la régulation par frigoporteur offre une meilleure fiabilité de la qualité du stockage.



Pourcentages de perte de poids pendant le stockage

EG :Eau glycolée. DDT : détente directe thermostatique. DDE : détente directe électronique

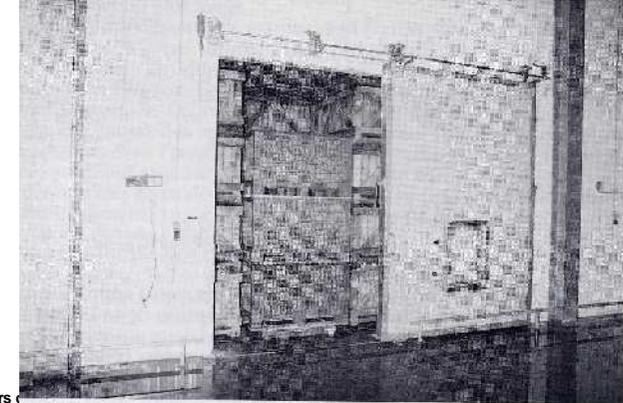
Cours de Production
frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

49

Mesure des pertes de poids

L'évolution réelle des pertes de poids se mesure sur un lot en pallox plastiques disposées sur un pèse palette, à l'intérieur de la chambre.



Cours de
frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

50

Régulation de la température d'évaporation

Détendeur thermostatique



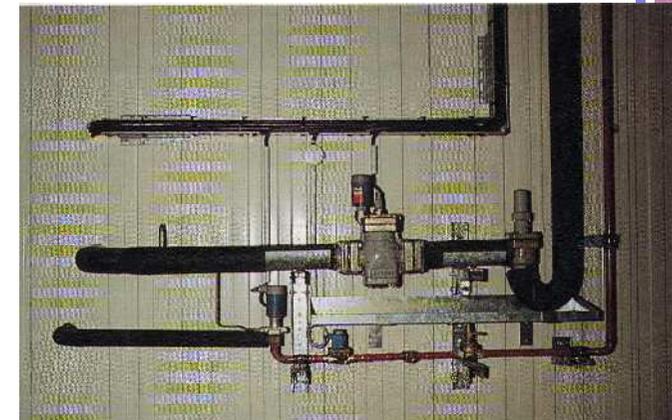
Cours de
frigorifique

23 novembre 2006

51

Régulation de la température d'évaporation

Détendeur électronique



Cours de
frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

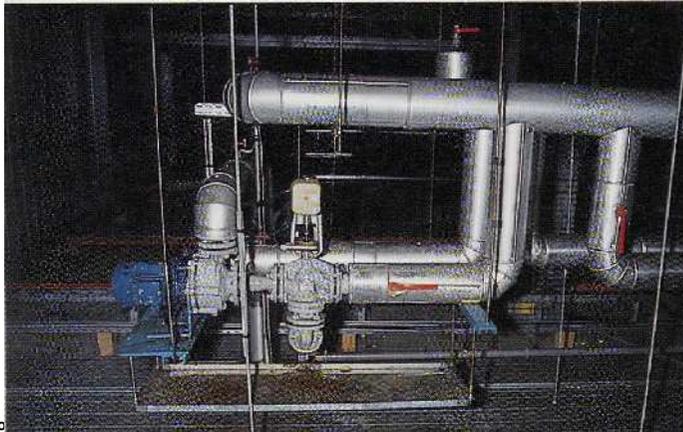
52

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Régulation
de la température d'évaporation

La station fruitière

Pompe d'eau glycolée et vanne trois voies



Cours
frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

53

Station fruitière de 16 chambres avec une salle des machines attenante



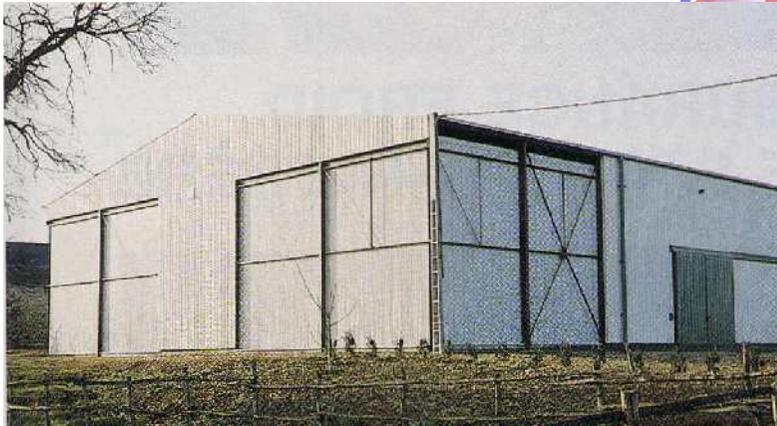
Cours
frigorifique

23 novembre 2006

54

La station fruitière

Station fruitière de 3 chambres avec galerie technique



Cours
frigorifique

23 novembre 2006

55

La station fruitière

Couloir central des chambres froides

charpente métallique galvanisée

portes coulissantes



Cours de Production
frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

56

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

L'isolation
protège contre les pertes de poids

L'isolation des tuyauteries

Panneaux sandwichs intégrés

Liaisons inter panneaux



Cours de Production
frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006



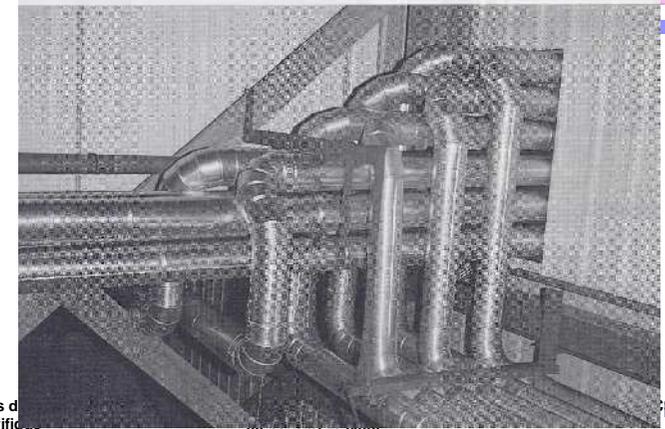
à joints injectés



à joints secs

57

Tuyauteries d'eau glycolée isolées sous tôle isoxal



Cours de
frigorifique

23 novembre 2006

58

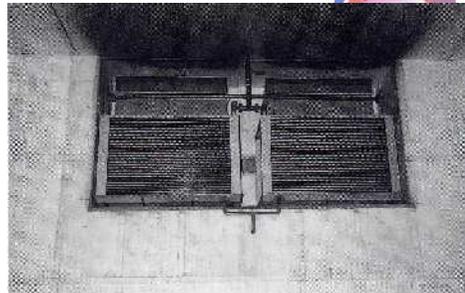
Les frigorigères

Évaporateurs sur pied en niche

avec aspiration par en dessous



avec aspiration frontale



Caractéristiques des évaporateurs:

ratio surface/volume brut (m^2 / m^3) = 0,5 à 0,8

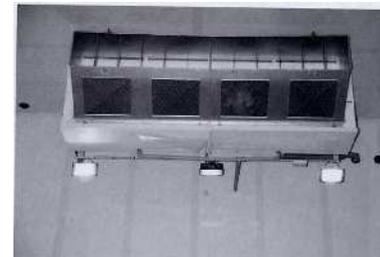
Puissance frigorifique selon bilan calculé pour un écart donné de température

Débit d'air assurant le taux de brassage (40 à 60)

Les frigorigères

Frigorigères cubiques plafonniers

avec buse de soufflage



à eau glycolée



Qualité mesurée par leur coefficient de transmission

Tubes à ailettes, écartées de 7mm

alimentés en nappe à partir d'un distributeur

Ventilateurs

Cours de Production
frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

60

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Les adjuvants du froid

SOMMAIRE

- L'atmosphère contrôlée
- Etanchéité d'une chambre A.C.
- Obtention du mélange gazeux
- Maintien du mélange gazeux
- Mise en régime gazeux
- Courbes des concentrations
- Balayage d'azote
- Adsorbent à charbons actifs



L'atmosphère contrôlée (A.C.)

L'air contient 20% d'oxygène et moins de 0,1% de gaz carbonique. Les végétaux peuvent vivre dans des atmosphères très différentes, selon les cas. Certaines atmosphères sont favorables à la conservation. Leur effet s'ajoute à celui du froid.



Les mélanges gazeux pour l'atmosphère contrôlée

- Par rapport à l'air, la baisse du taux d'oxygène et l'augmentation du taux de gaz carbonique permettent des gains considérables de survie. Les valeurs limites de ces taux définissent les mélanges gazeux efficaces. Les troubles dus à la fermentation et à la toxicité du CO₂ déterminent les possibilités de chaque organe, en tenant compte des interactions entre les conditions choisies. Trois grands types de mélanges ont émergé, caractérisés par les taux (O₂% - CO₂%):

(10 - 10)
O₂ + CO₂ = 21
obtention facile

(3 - 5)
Le plus fréquent pour
les fruits

(1,5 - 0,5)
« Ultra low oxygen »,
très efficace

- Somme des concentrations en O₂ et CO₂ égale à 21% (taux de O₂ dans l'air).
- Le mélange (O₂ - CO₂) = (10 - 10) est efficace biologiquement et s'obtient naturellement en local étanche.
- 2 % de O₂, 3 à 5 % de CO₂.
Le mélange (O₂-CO₂) = (3 - 5) est largement répandu pour les fruits à pépins.
- 2 % ou moins d'O₂ et moins de 1 % de CO₂.

Le mélange (O₂ - CO₂) = (1,5 - 0,5) est particulièrement efficace pour les pommes ; il est désigné par « Ultra low oxygen ».

La présence de ces mélanges permet la prolongation de la conservation de 30 à 50 %, ou pour une même durée de stockage, une nette amélioration de la qualité à la sortie.

Etanchéité d'une chambre atmosphère contrôlée

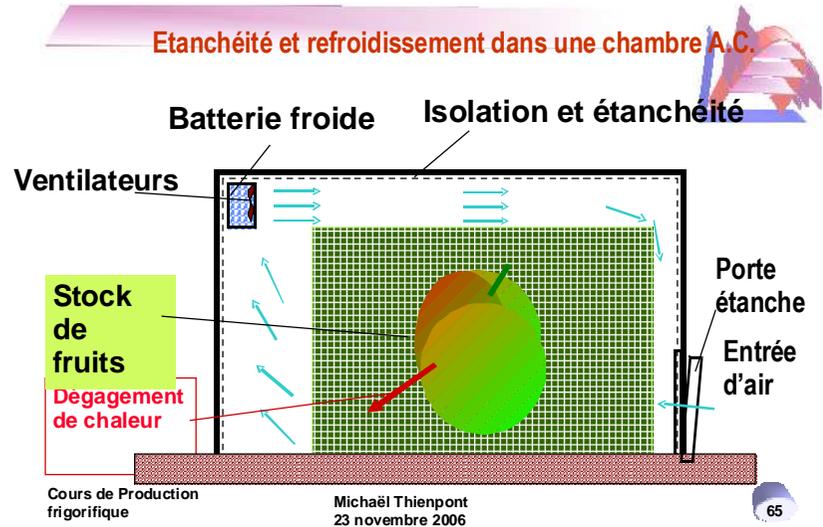
Lorsque le mélange est établi, il se maintient naturellement, si des entrées accidentelles d'air ne se produisent pas. L'étanchéité absolue n'est pas possible pratiquement, et elle est d'ailleurs inutile puisque de l'oxygène est nécessaire pour alimenter la respiration. Il faut s'assurer d'un niveau satisfaisant d'étanchéité. En pratique, des règles de construction se sont imposées qui permettent de maintenir les concentrations même pour le cas des mélanges ULO : ce sont surtout des méthodes de réalisation de la couche étanche aux gaz, à partir des panneaux sandwichs utilisés pour l'isolation frigorifique. Des dispositions minutieuses doivent être mises en œuvre pour les joints, les raccordements des canalisations, les scellements des ouvertures, etc.

En fin de construction, le contrôle du résultat s'effectue par un test d'étanchéité, vérifiant la vitesse de passage de l'air à travers les parois sous une pression définie (20 mm d'eau).

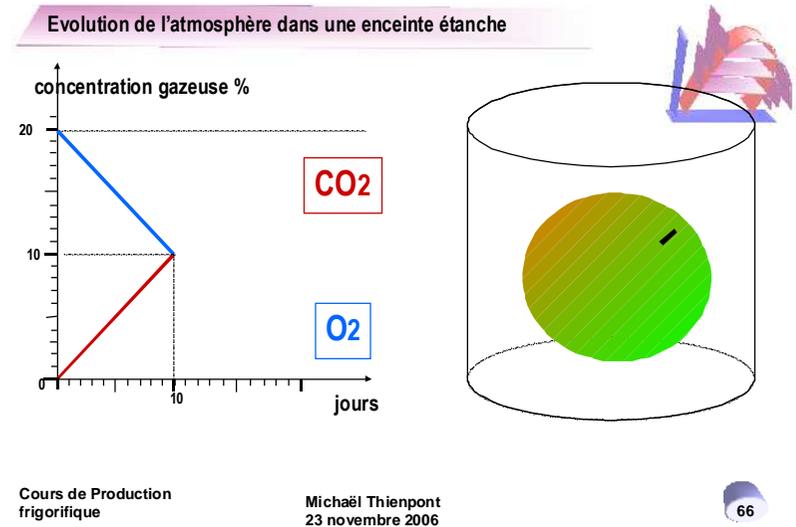


Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

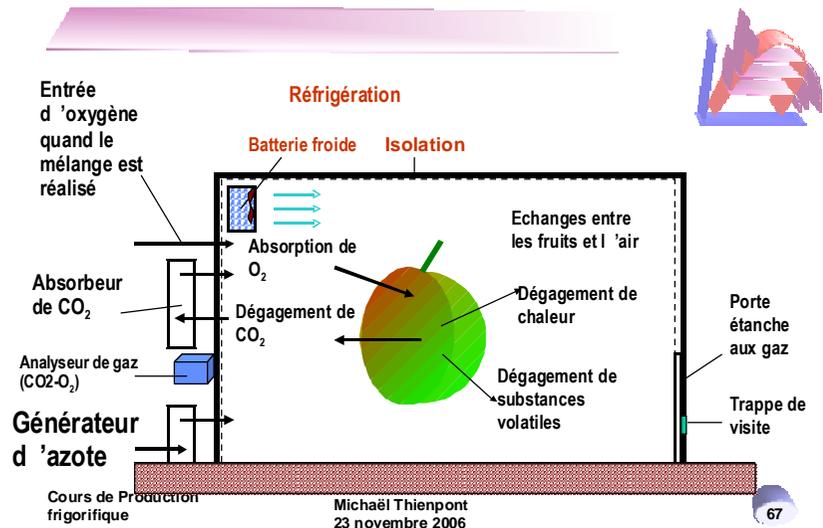
Etanchéité d'une chambre A.C.



Mise en régime gazeux



Obtention du mélange gazeux



Variations de pression

Pendant la marche, des dispositifs assurent une régulation de la pression interne, qui a tendance à fluctuer sous l'effet de l'installation frigorifique et de la pression atmosphérique. Une vanne de sécurité d'une part et éventuellement un sac d'expansion souple, sont destinés à empêcher des variations dangereuses pour la structure. Un pressiomètre à eau permet de visualiser ces variations.

Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

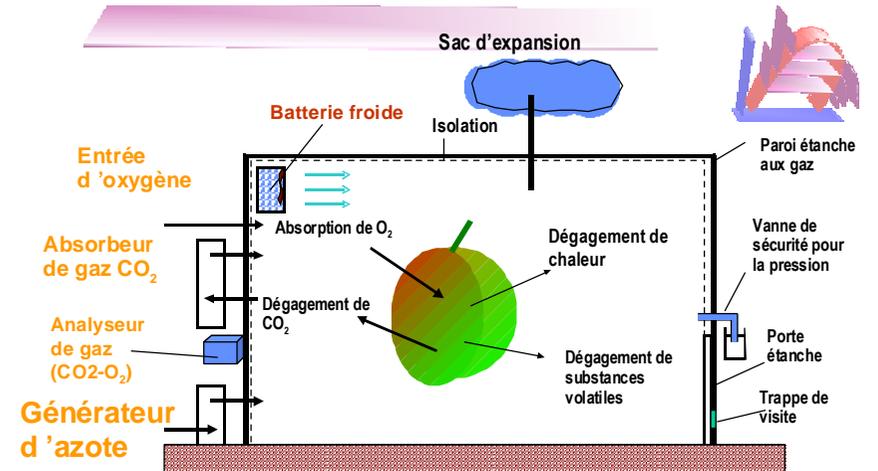
Mise en œuvre
par le jeu de la respiration des fruits

Pour obtenir le mélange recherché on fait démarrer l'absorbeur de CO₂ quand la concentration recherchée est obtenue. L'oxygène se régule par des entrées d'air en fonction du niveau attendu. L'analyse quotidienne des gaz dans la chambre permet de construire la courbe d'évolution, pour suivre le déroulement de la mise en atmosphère.

L'appareil d'absorption du CO₂ doit être rapidement mis en fonctionnement, car le taux recherché est souvent très bas. Pour O₂, la quantité à absorber par les fruits est importante et l'équilibre est beaucoup plus long à atteindre. D'autant plus que la respiration diminue progressivement avec la baisse du taux de O₂.

Pour la plupart des produits, il est intéressant d'obtenir rapidement le taux final d'oxygène. Ce qui se réalise au moyen d'un générateur d'azote qui envoie un flux d'azote pur, obtenu par la combustion catalytique de l'air et l'épuration des gaz de combustion.

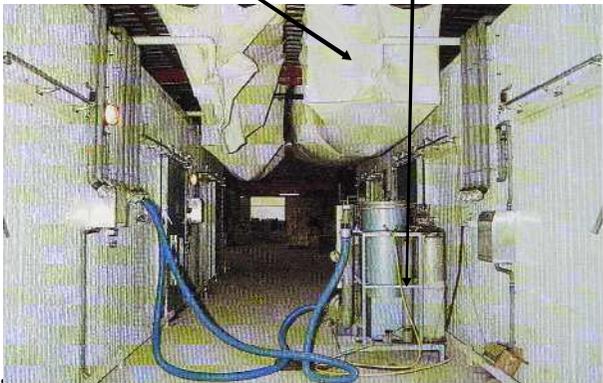
Maintien du mélange gazeux



Maintien du mélange gazeux

Sac d'expansion
ou « breather bag »
ou « poumon »

brûleur d'oxygène à ammoniac



Maintien du mélange gazeux

Soupape d'équilibrage mécanique en paroi



Conservation de la pomme – initiation aux enjeux et aux techniques.

Maintien du mélange gazeux

Les épurateurs de gaz carbonique

Diverses techniques ont été utilisées :
Les échangeurs-diffuseurs
Les épurateurs à chaux hydratée et à divers composés chimiques absorbant
Les charbons actifs : ils sont actuellement généralisés

Dans certains cas, des accumulations dangereuses pour les fruits peuvent se produire, et provoquer des accidents de conservation. Pour les éviter, la chambre peut être équipée d'un absorbeur spécifique. C'est le cas de l'éthylène, très actif pour déclencher la maturité des kiwis en atmosphère contrôlée. L'absorbeur utilisé dans ce cas est un oxydant puissant, le permanganate de potassium, qui est fixé sur une poudre solide.

Cours de Production frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

73

Adsorbeur à charbons actifs

Adsorbeur à charbons actifs une cuve

L'appareil travaille alternativement en adsorption et en régénération

Circuits des gaz

Régulation

Adsorbeur à charbons actifs

Cours de Production frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

74

Adsorbeur individuel de CO₂ à charbons actifs

Un autre modèle



Cours de Production frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

75

Adsorbeur à charbons actifs

Adsorbeur à charbons actifs double cuve



Une cuve travaille en adsorption, l'autre est en régénération
Cours de Production frigorifique

Michaël Thienpont
23 novembre 2006

76