



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Principe de conservation postrécolte des produits horticoles frais

Clément Vigneault, Ph.D., Ing,
Chercheur scientifique

Centre de recherche et développement en horticulture

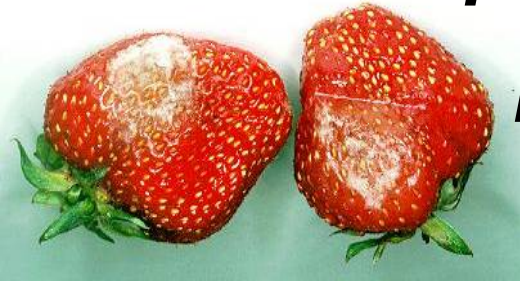
Canada

Prêt, pas prêt,
j'y va



Pourquoi parler de postrécolte?

Parce qu'il y a des pertes entre la récolte et la table



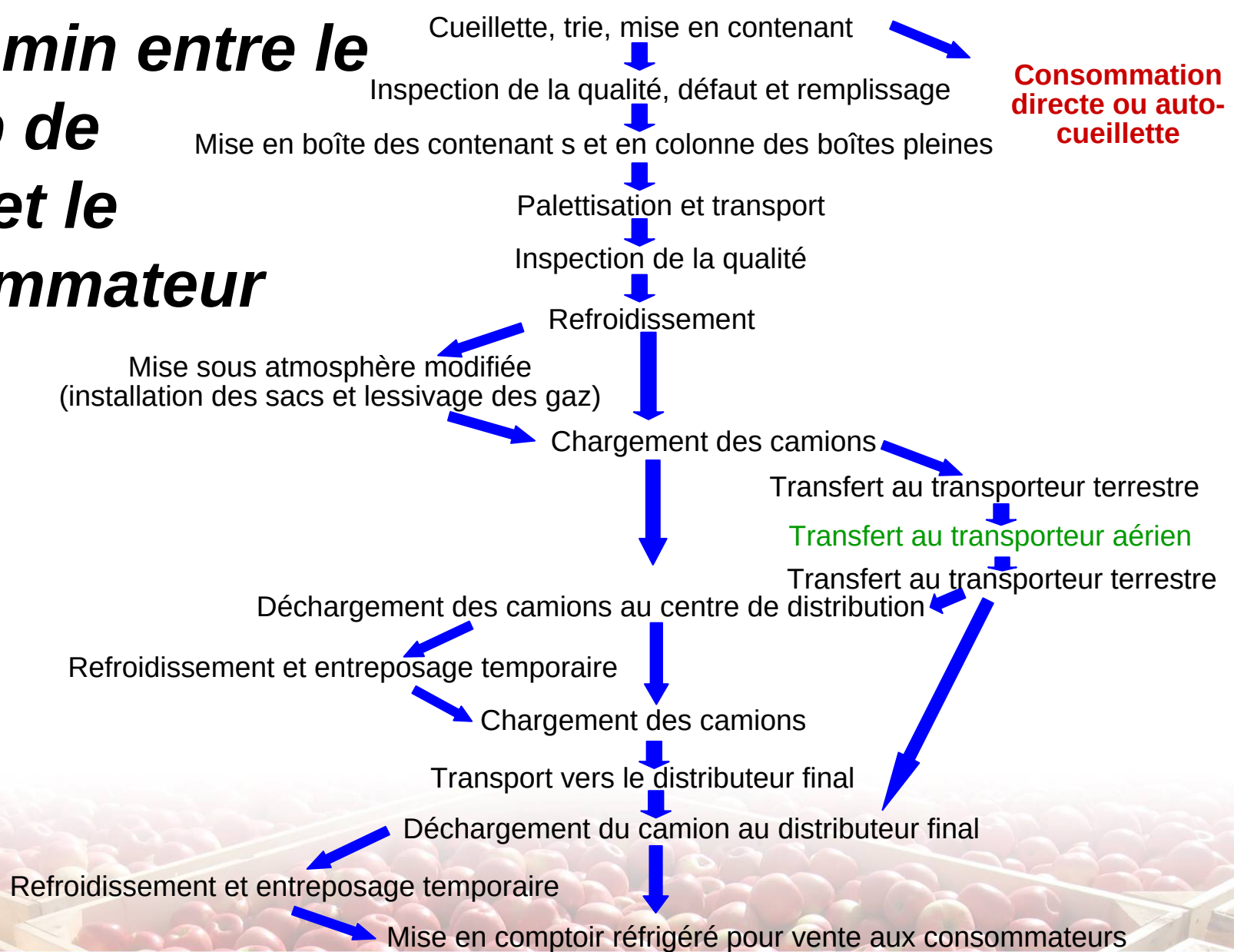
◆ Pays industrialisés 5 à 25%

◆ Pays en voie de développement 20 à 50%

◆ Canada 0 à 100%



Le chemin entre le champ de fraise et le consommateur



Donc nombreuses causes potentielles des pertes

- ◆ Conditions de croissance
- ◆ Traitements ($^{\circ}\text{T}$, H.R., gaz)
- ◆ Emballage
- ◆ Manutention
- ◆ Transport
- ◆ Chaîne de froid
- ◆ Conditions du marché



Contenu de la présentation

- *Théorie et principes de base*
- *Application de ces connaissances en postrécolte des produits horticoles*
- *Recherches en cours*



Théorie et principes de base

- *Qualité*
- *Aspects physiologiques*
- *Aspects physiques*



Théorie et principes de base

- *Qualité*
- *Aspects physiologiques*
- *Aspects physiques*



Qualité

- *Est une combinaison de tous les caractéristiques que le présent observateur requière*
- *Change avec observateur, temps, connaissance, culture, l'objectif de la mesure*
- *Plusieurs facteurs contrôlables influencent sa conservation*



Facteurs choisis par les consommateurs comme influençant l'achat de leurs produits

(USA 1990, Kader 1992)

<i>Facteurs</i>	<i>%</i>
• <i>Goût / saveur</i>	<i>96</i>
• <i>Fraîcheur ou maturité</i>	<i>96</i>
• <i>Apparence / condition</i>	<i>94</i>
• <i>Valeurs nutritives</i>	<i>65</i>
• <i>Prix</i>	<i>63</i>
• <i>Vie tablette / longévité</i>	<i>56</i>
• <i>Certification de salubrité</i>	<i>52</i>
• <i>Facile à manger ou à préparer</i>	<i>47</i>



Facteurs choisis par les consommateurs comme influençant l'achat de leurs produits

(EUA 1990, Kader 1992)

<i>Facteurs</i>	<i>%</i>
• <i>Dimension</i>	<i>39</i>
• <i>En saison</i>	<i>38</i>
• <i>Présentation en vrac</i>	<i>37</i>
• <i>Valeur calorifique</i>	<i>24</i>
• <i>Provenance (région, province, pays)</i>	<i>17</i>
• <i>Produits organique</i>	<i>17</i>
• <i>Pré-emballage</i>	<i>11</i>
• <i>Marque de commerce (producteur ou vendeur)</i>	<i>9</i>



Qualité

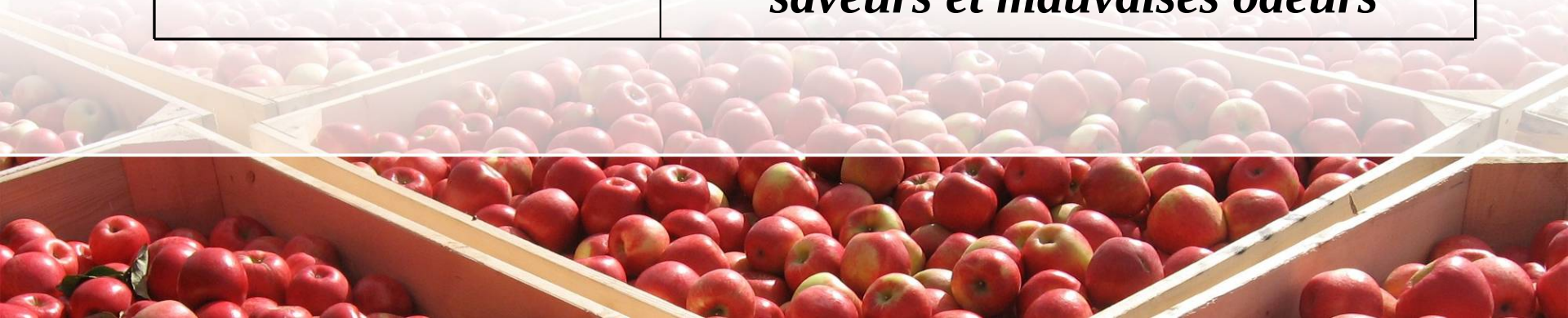
Composantes qualitatives des fruits et légumes frais.

<i>Facteurs principaux</i>	<i>Composantes</i>
<i>Apparence (visuel)</i>	Dimension: poids, volume Forme: rapport diamètre/longueur, rondeur, compacité, uniformité Couleur: uniformité, intensité Finit: nature de la surface (ex. cirée) Défauts: externes, internes, morphologique, physiologique, mécanique, pathologique, entomologique



Qualité

<i>Composantes qualitatives des fruits et légumes frais</i>	
<i>Facteurs principaux</i>	<i>Composantes</i>
<i>Texture</i> <i>(palatabilité)</i>	<i>Ferme, dure, mou, croustillant, succulent, juteux, moelleux, doux, fibreux</i>
<i>Saveur</i> <i>(goût et odeur)</i>	<i>Sucré, sûr, astringent, amer, arôme (composants volatiles), mauvaises saveurs et mauvaises odeurs</i>



Qualité

Composantes qualitatives des fruits et légumes frais

Facteurs principaux

Composantes

Valeurs nutritives

Hydrate de carbone (incluant fibres diététiques), protéines, gras, vitamines, minéraux

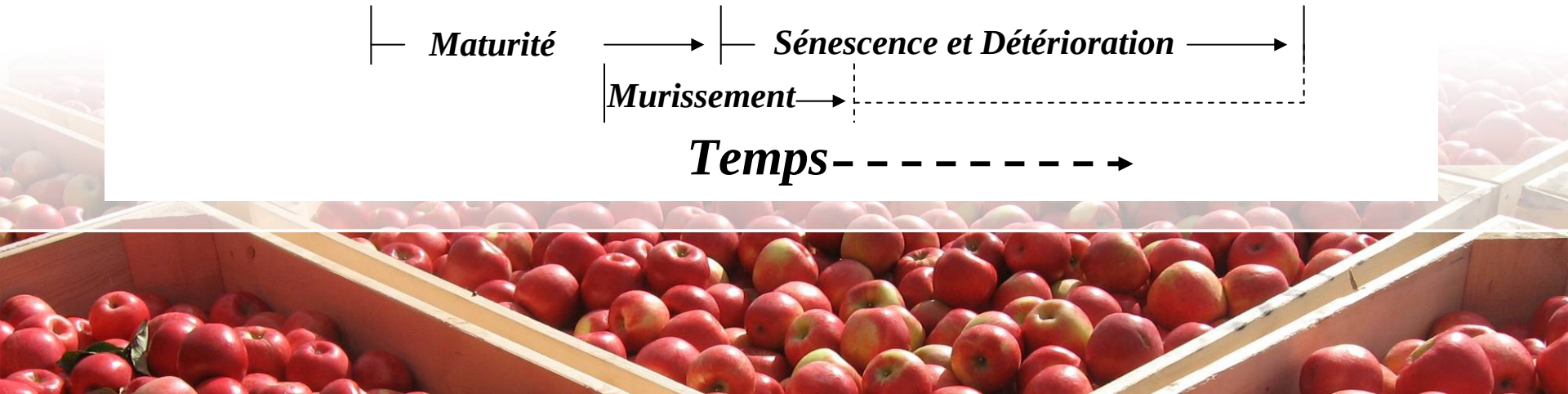
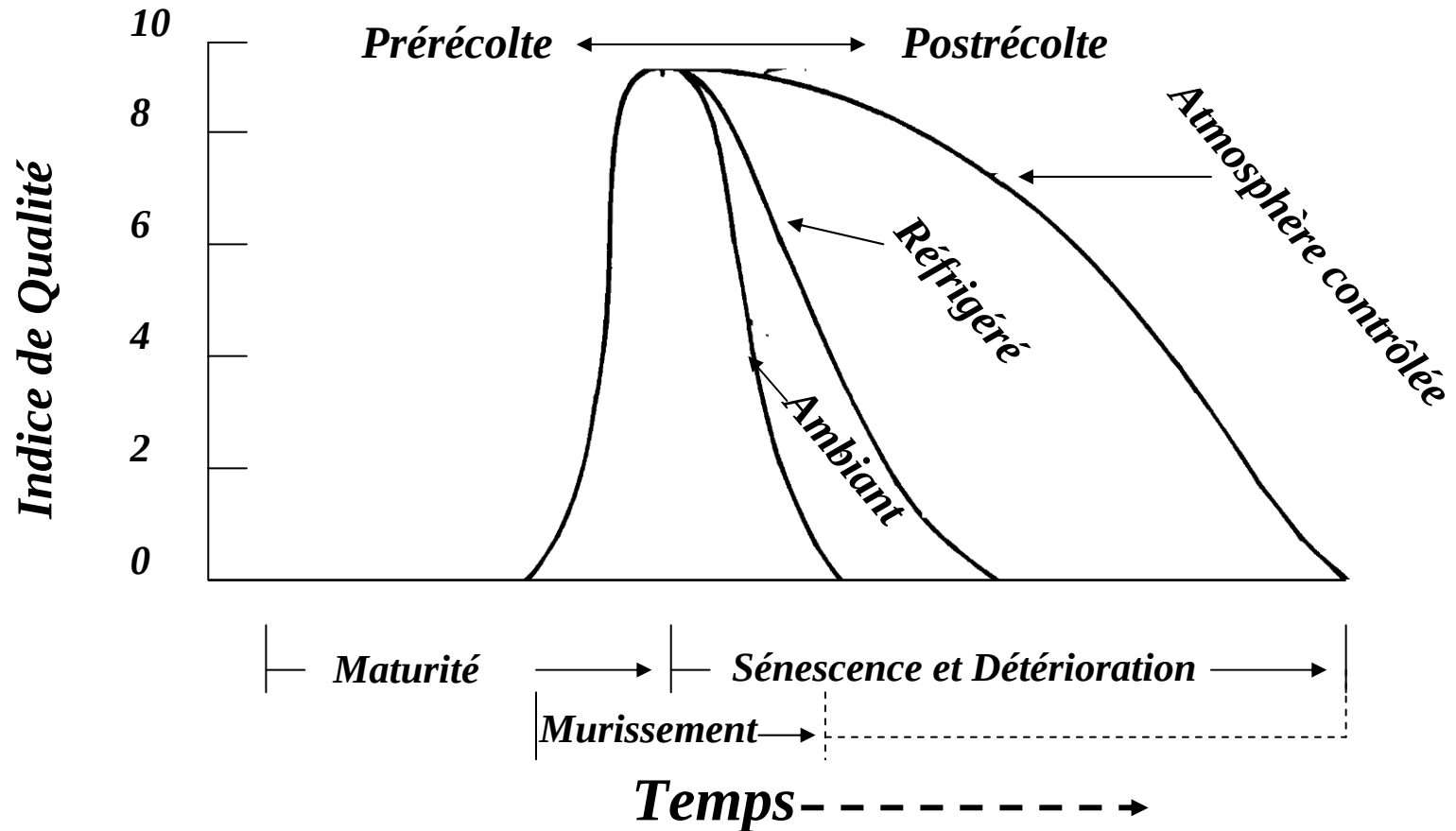
Salubrité et sécurité

*Produits toxiques naturels
Contaminant : chimique résidus, métaux lourds, mycotoxines, contamination micro-biologique*



Changement de qualité dans le temps

(Ex: pomme)



Qualité

- *Définition de la Qualité*
- *Difficile à mesurer*
- *Méthodes objectives et subjectives*
- *Le consommateur a le dernier mot*



- *Quelle est la bonne couleur d'une pomme?*
- *Quelle est la bonne odeur d'un kiwi?*
- *Qu'est-ce qu'un avocat mature?*
- *Quel est la grosseur idéale d'une citrouille?*
- *Quand une manque est-elle prête à être mangée?*
- *Quelle est le bon goût d'un thé du Labrador?*
- *Quelle est la couleur idéal d'un jaboticabal?*

Comment peut-on mesurer tout cela!!??



Qualité

- *Définition de la Qualité*
- *Difficile à mesurer*
- *Méthodes objectives et subjectives*
- *Le consommateur a le dernier mot*

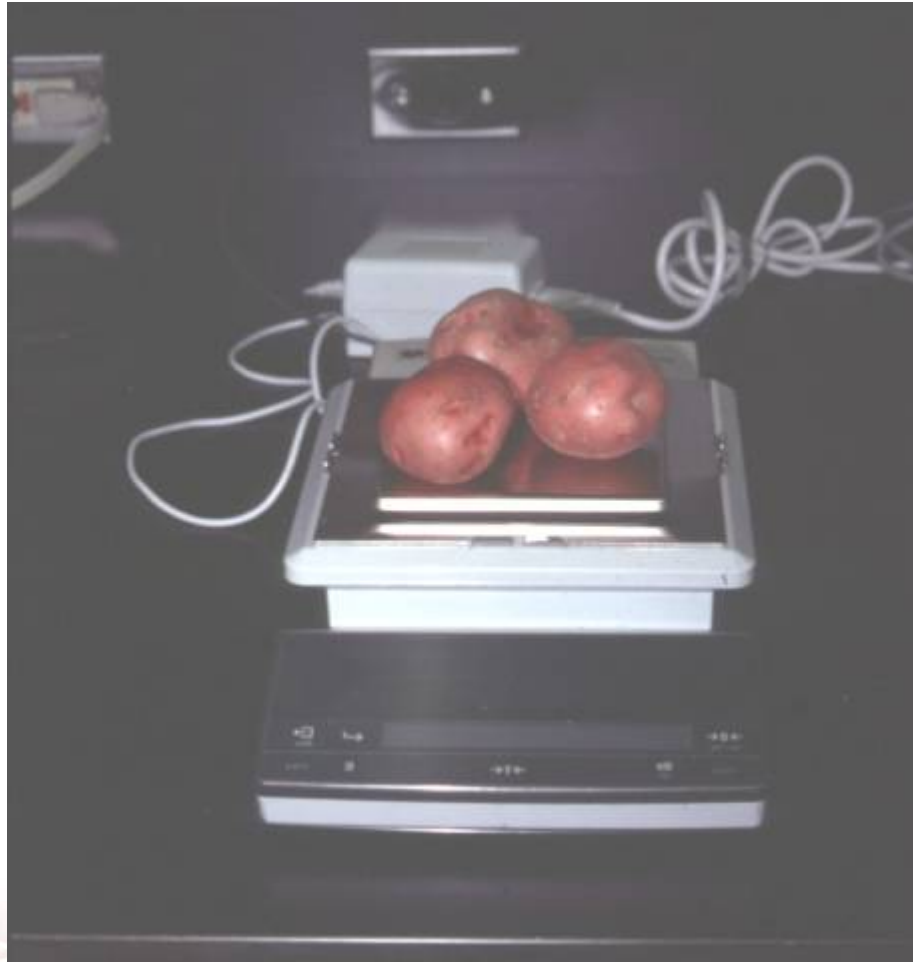


Qualité

- *Méthodes objectives*
 - *Mesurable* (dimension, couleur, fermeté, composition chimique ...)
 - *Indice de qualité*, $f(\text{méthode, étalonnage, connaissance})$
 - *Précision*, $f(\text{méthodes standard et soins de l'évaluateur})$
- *Méthodes subjectives*
 - *Non-mesurable* (beauté, apparence, goût, saveur ...)
 - *Indice de qualité*, $f(\text{habileté de l'évaluateur, connaissance, humeur...})$
 - *Importance relative de chaque facteurs* $f(\text{évaluateur})$
 - *Précision*, $f(\text{variable, difficile à estimer, méthodes statistiques})$



*Méthodes
objectives :*
Masse



Méthodes objectives : Porosité et résistance au passage de l'air



Méthodes objectives : **fermeté**



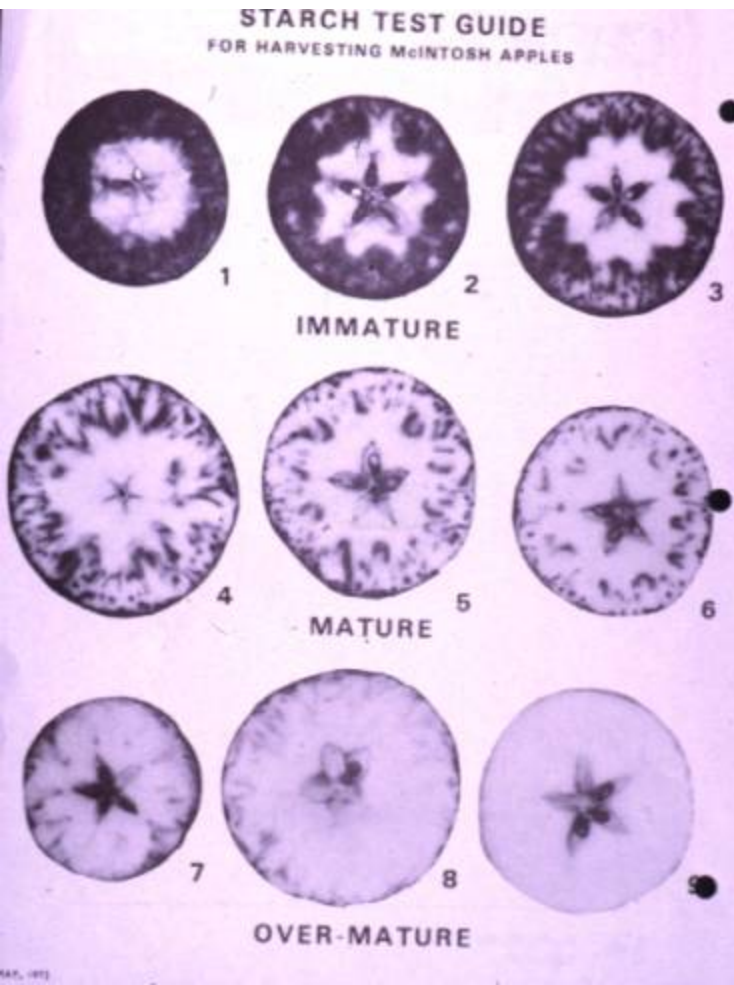


*Méthodes
objectives :
**Fermeté et
solide
soluble***



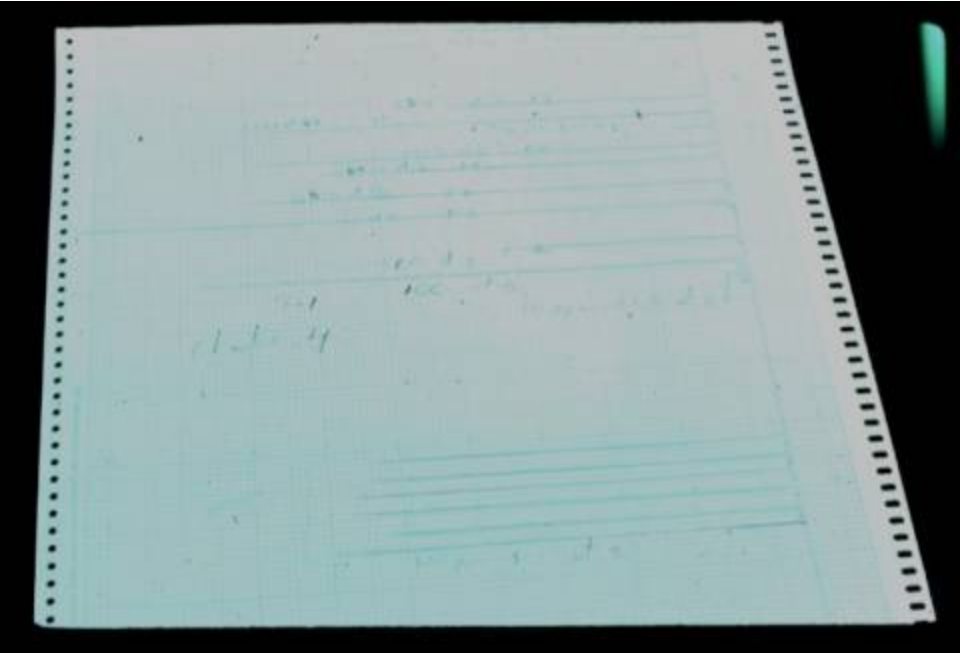
Méthodes objectives :

Indice de maturité: contenu en amidon





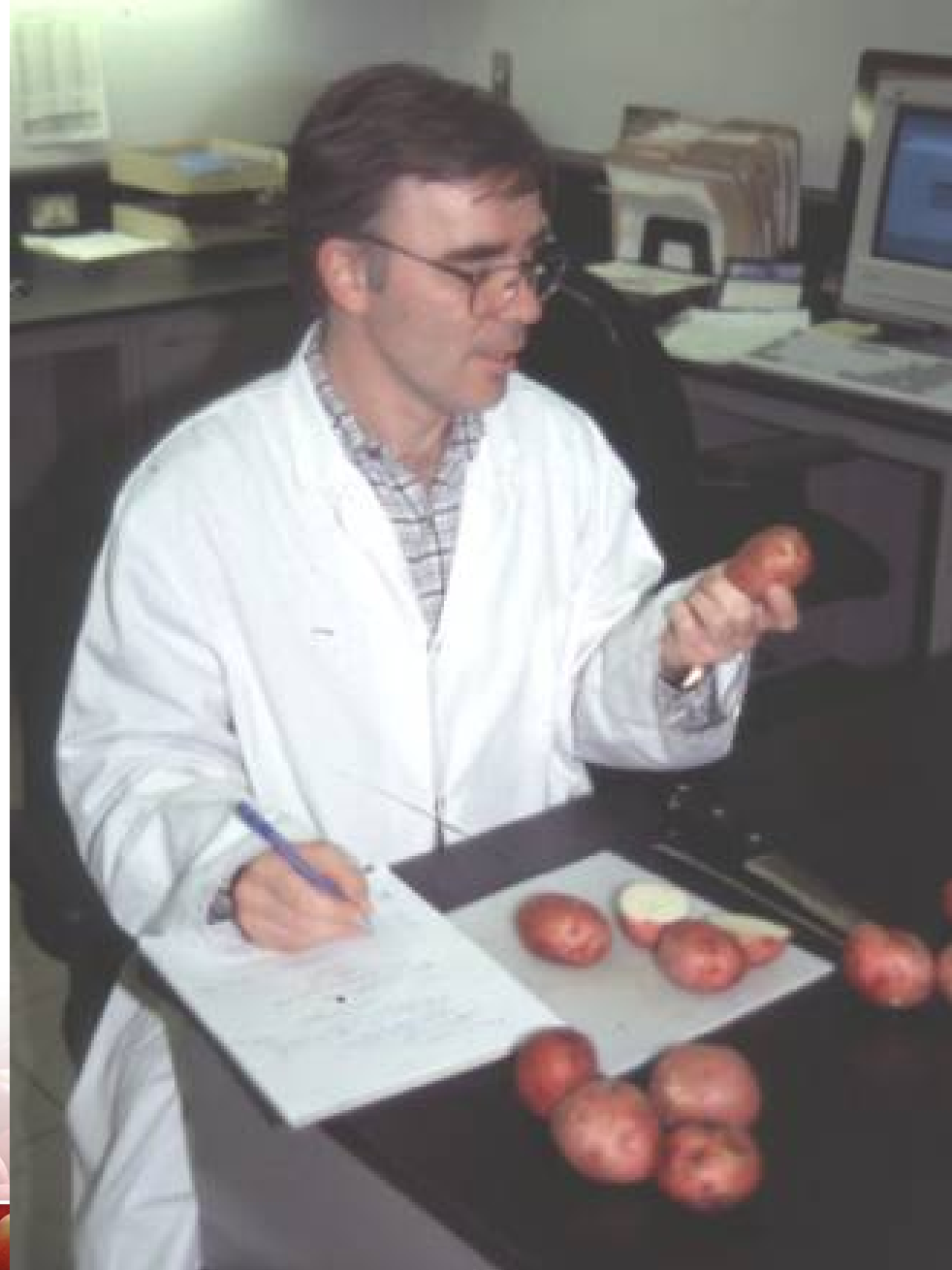
Méthodes objectives :
Indice de maturité : contenu en éthylène



Indice de maturité pour différents produits

	Pomme	Poire	Pêche	Pruneau	Melon	Tomate	Raisin	Fraise
Intervalle F2	*	*						
Teste « T »	*							
Coloration de grain	*	*						
Contenu en amidon	*	*						
Couleur de la peau	*	*	*		*	*		*
Solide soluble	*	*	*	*	*	*	*	*
Acidité	*	*	*	*		*	*	
Respiration	*	*	*	*	*	*		
C ₂ H ₄ dans le cœur	*	*			*			
C ₂ H ₄ émis	*	*			*	*		
Fermeté	*		*	*		*		

*Méthodes
subjectives :*
*Apparence général
externe et interne,
défauts*



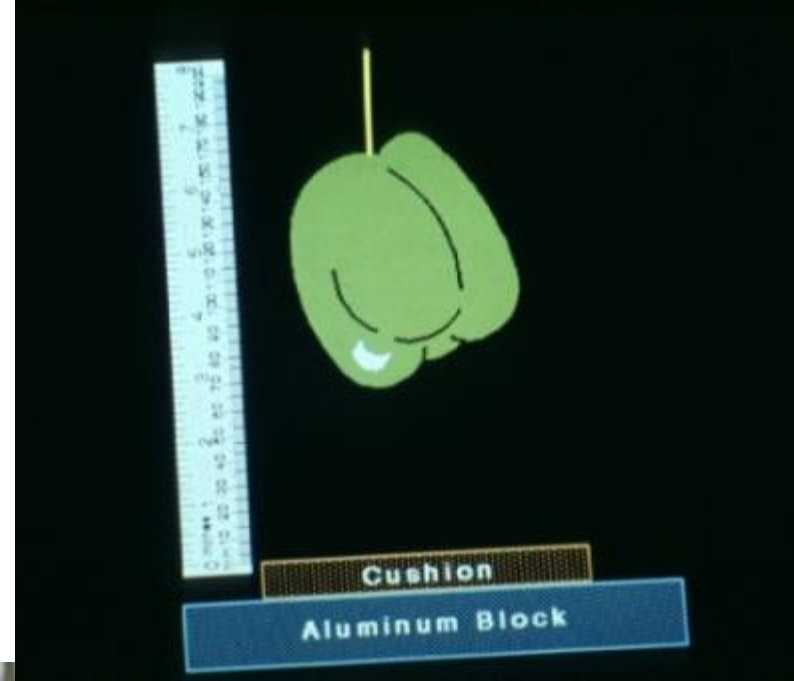
Méthodes subjectives : apparence externe



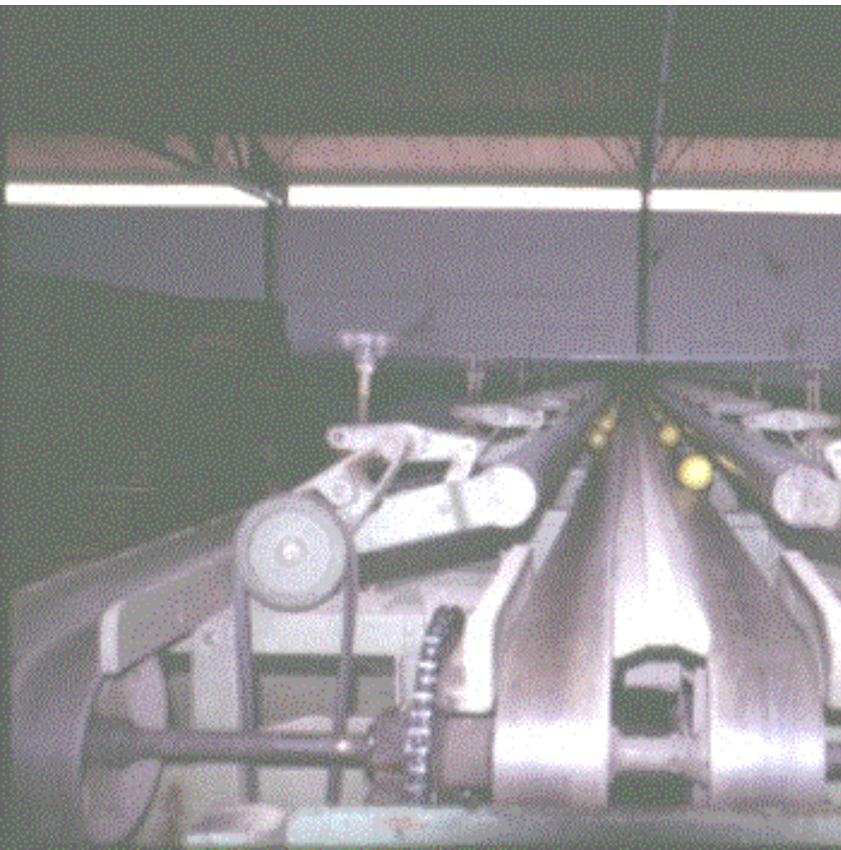
*Méthodes subjectives : dépression,
déformation sous pression excessive*



Application à la recherche: Résistance à l'impact



*Application industriel :
dimension, calibre*



Application industriel : apparence externe et interne



*Application industriel
dans les années 90s:
Classification basée
sur le contenu en
sucre (°Brix)*



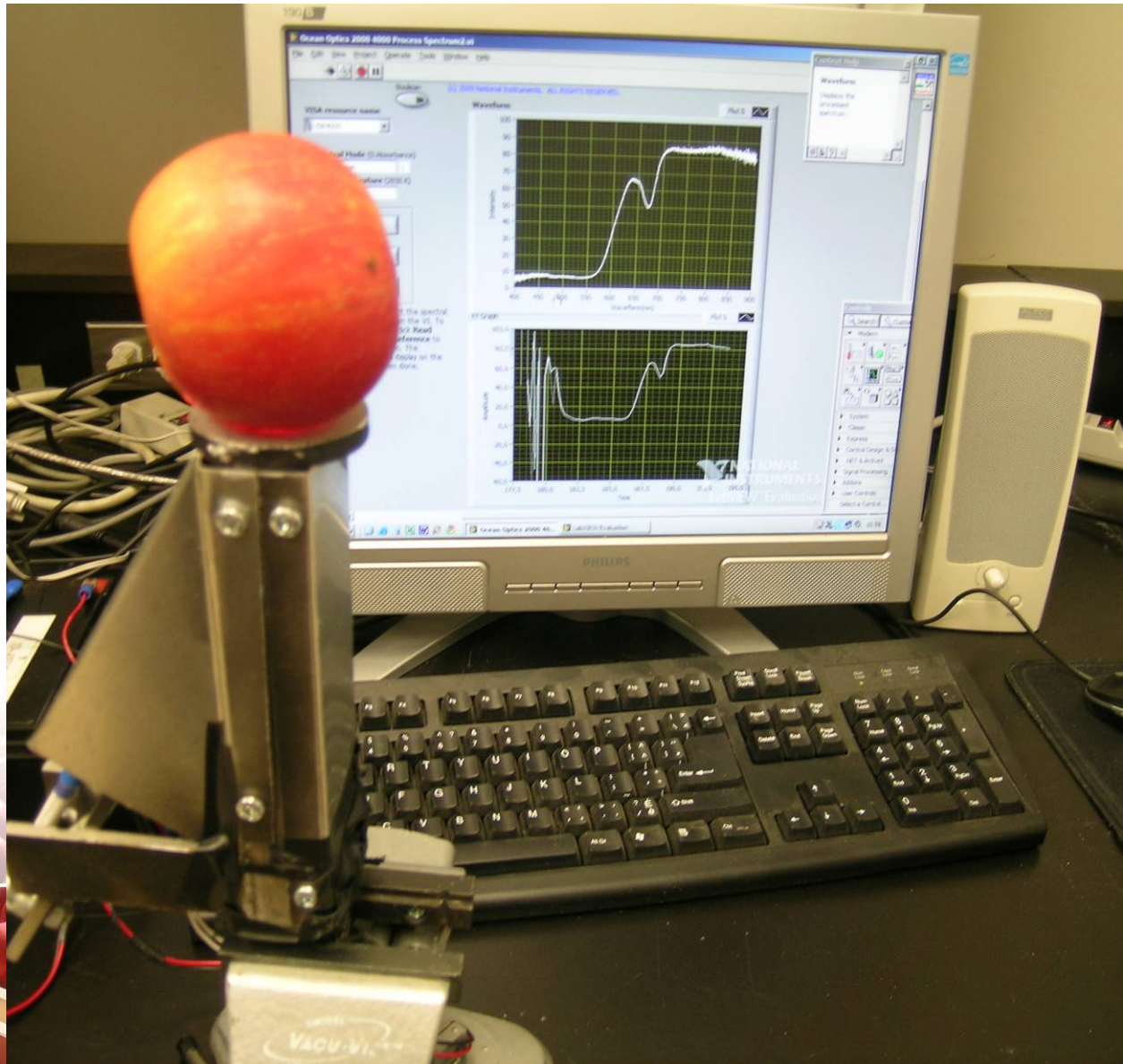
Mesure non destructive de la qualité dans les années 2000s

- ElMasry et al. 2009. **Detecting chilling injury** in “Red Delicious” apple using hyperspectral imaging and neural network. Postharvest Biology and Technology. 52(1): 1-8.
- ElMasry et al. 2007. **Early Detection of Apple Bruises** on Different background colors using hyperspectral imaging. LWT - Food science and technology. P. 1-9
- Li Z et al. 2009. **Ripeness and rot evaluation** of ‘Tommy Atkins’ **mango** fruit through volatiles detection. Journal of Food Engineering. 91: 319-324
- Chen et al. 2009. **Modeling of physical and chemical attributes of tomatoes using VIS/NIR spectroscopy**. Int. J. Food Engineering. (soumis)
- Chen et al. 2009. Assessment of **lycopene, acidity and soluble solids content of tomatoes** through VIS/NIR spectroscopy. International Journal of Food Properties. (soumis)
- Charlebois et al. 2010. **Détection précoce du bletissement vasculaire** chez la pomme. (travail en cours)
- Charlebois et al. 2011. **Mesure de la maturité de l’avocat et de la mangue par analyse spectrale**. (travail en cours)



Mesure indirecte de la qualité à travers l'analyse spectrale

Mesure des caractéristiques des produits à travers l'analyse du spectre de lumière réémise par le produit



Application potentiel des résultats

- Classification des produits selon de nouvelles valeurs commercialisables
- Détection précoce des maladies, désordres physiologiques, et même stress
- Diminution des pertes de temps et des pertes de masse commercialisable dues à l'échantillonnage et aux mesures destructives
- Mesure plus objective des caractéristiques des produits
- Augmentation de la vitesse de triage et diminution des besoins de main d'oeuvre



Qualité

- *Définition de la Qualité*
- *Difficile à mesurer*
- *Méthodes objectives et subjectives*
- *Le consommateur a le dernier mot*



Qualité

- *Le consommateur a le dernier mot*
 - *Le consommateur choisit le produit qu'il veut*
 - *La demande augmente quand la qualité augmente*
 - *On peut évaluer les tendances des consommateurs et leur réponse aux nouveaux produits*
 - *La qualité du produit change avec le temps*
 - *La qualité actuelle indique la qualité future*
 - *La qualité passe par Gestion Intégrée (GIQ ou IQM) de la fourche à la fourchette*



Question?

***Si non on passe à la
physiologie***



Théorie et principes de base

- *Qualité*
- *Aspects physiologiques*
- *Aspects physiques*



Respiration

- *Utilisation de O_2 et d'énergie*
- *Production de CO_2 , d'énergie et d'humidité*
- *Taux de respiration varie f(produit, sa maturité, sa nature, son age, la température ...)*
- *Respiration = diminution de la qualité*



Chaleur de respiration de produits frais à différentes températures (ASHRAE, 1981)

<i>Produits</i>	<i>Chaleur de respiration, (kJ • Mg⁻¹ • jour⁻¹)</i>				
	<i>0°C</i>	<i>5°C</i>	<i>10°C</i>	<i>15°C</i>	<i>20°C</i>
<i>Pomme</i>	922	1 802	2 682	5 028	6 285
<i>Asperge</i>	20 531	34 945	78 102	83 926	128 214
<i>Brocoli</i>	4 777	8 841	---	44 498	71 272
<i>Chou</i>	2 095	3 562	4 609	6 914	10 475
<i>Carotte</i>	3 939	5 028	8 045	10 140	18 059
<i>Céleri</i>	1 844	3 268	6 997	10 726	---
<i>Laitue</i>	2 682	3 394	5 573	9 218	14 581
<i>Fraise</i>	4 525	8 506	---	23 632	50 196
<i>Mais sucré</i>	10 894	19 903	28 702	41 732	73 912

Transpiration

- *Procédé naturel de refroidissement des plantes*
- *Perte d'eau (dégradation de la qualité)*
- *Transpiration f (environnement ($^{\circ}T$, HR), type de produit, taille, forme, ration surface/volume...)*
- *Augmente HR*



Maladie du Froid

- *Désordre physiologique associé aux basses température (mais supérieures à 0 °C)*
- *Complètement différent des problèmes de gel dus aux températures sous 0 °C*
- *Relatif à la nature du produit*
- *f(produit, température, durée de l'exposition)*



Légumes sujets à la maladie du froid à des températures modérément basses

<i>Produit</i>	<i>Température tolérable la plus basse, °C</i>	<i>Problèmes caractéristiques de la maladie du froid par produit</i>
Pois vert en cause	7	Dépression et roussissement
Concombre	10	Dépression; spongieux et pourriture
Aubergine	7	Brûlure de surface, pourriture
Melons :		
Cantalou	2 à 5	Dépression et pourriture de surface
Melon au miel	7 à 10	Dépression et ne mûrit pas
Casaba	7 à 10	Dépression et pourriture de surface
Crenshaw et Persian	7 à 10	Dépression et pourriture de surface
Melon d'eau	4	Dépression et saveur désagréable



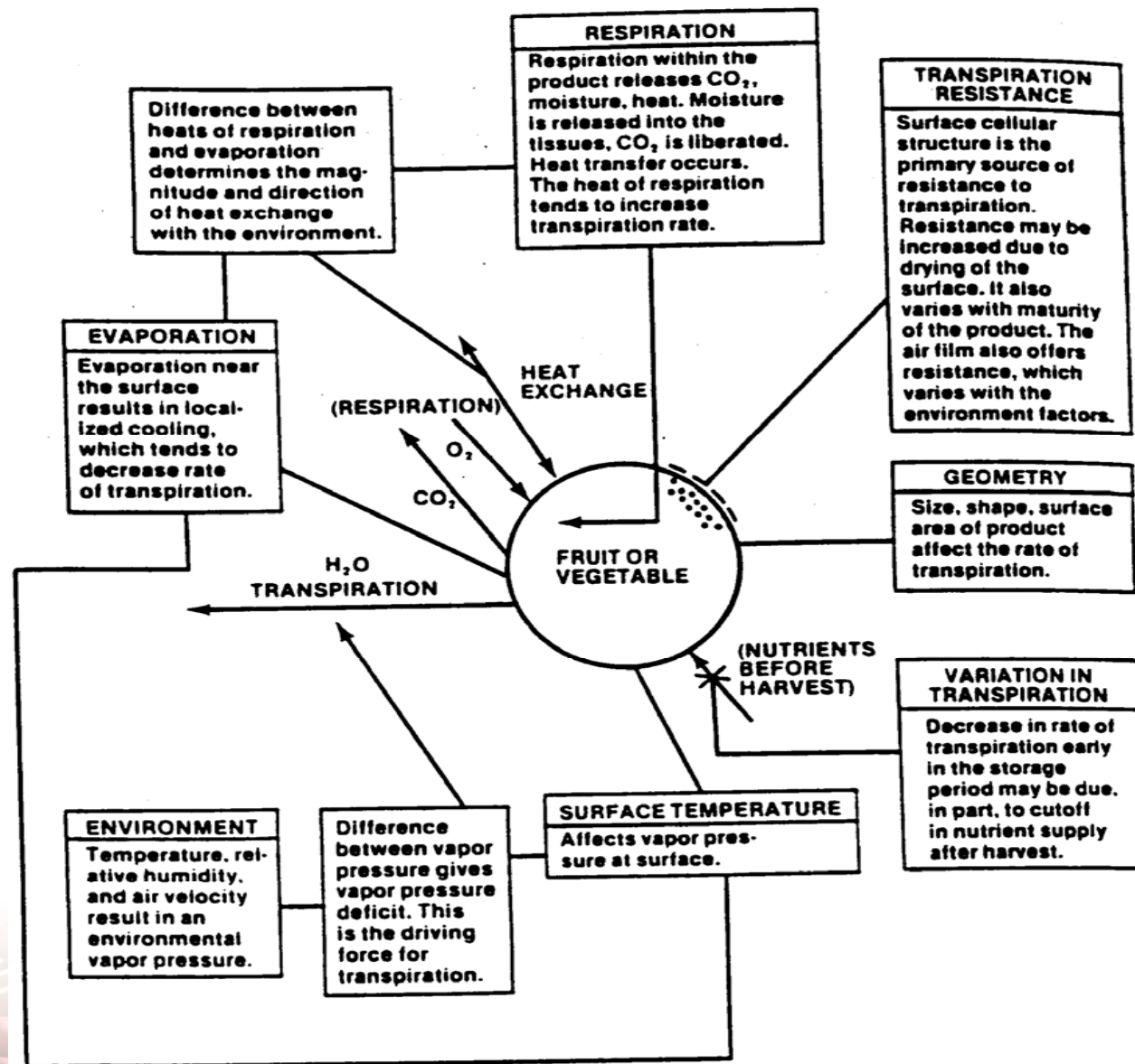
Légumes sujets à la maladie du froid à des températures modérément basses

<i>Produit</i>	<i>Température tolérable la plus basse, °C</i>	<i>Problèmes caractéristiques de la maladie du froid par produit</i>
Ocra	7	Décoloration, partie aqueuse; dépression de surface, pourriture
Piment doux	7	Dépression, pourriture <i>Alternaria</i> au calice et à la base de la queue
Patate	3 à 4	Brunissement, goût sucré
Citrouille et certaines courges	10	Maladie principalement pourriture <i>Alternaria</i>
Patate sucrée	13	Maladie, dépression, désordre interne
Tomate :		
Mûre	7 à 10	Partie aqueuse, ramollissement maladie
Mature verte	13	Manque de couleur en mûrissant , pourriture <i>Alternaria</i>



Respiration et transpiration des produits horticoles

(un processus global)





[Title](#) | [Disclaimer](#) | [Table of Contents](#)

DRAFT - revised April 2004

USDA, ARS

Agriculture Handbook Number 66

The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks

PDF files on this page require the [free Adobe Acrobat Reader®](#).
Adobe® also provides [free PDF tools for the visually impaired](#).

Disclaimer

Cover Page

Outline

General Introduction

[Acknowledgements](#)
[Temperature Conversion Chart](#)
[Metric Conversion Chart](#)
[List of Abbreviations](#)
[Commodity Cross-reference Index](#)
[Summary of Respiration and Ethylene Production Rates](#)

Postharvest Biology and Technology

Pre-cooling and Storage Facilities	Respiratory Metabolism
Heat Load Calculation	Ethylene Effects
Controlled Atmosphere Storage	Texture
Temperature Preconditioning	Postharvest Pathology
Modified Atmosphere Packaging	Flavor
Wholesale Distribution Center Storage	Food Safety
Grocery Store Display Storage	Nutritional Quality - Importance in Human Health
Chilling & Freezing Injury	



Commodity Summaries

Fruits and Vegetables

Annual Culinary Herbs

[Apple](#)

[Apricot](#)

[Araz](#) [a>](#)

[Artichoke](#)

[Asian Pear](#)

[Asparagus](#)

[Atemoya](#)

[Avocado](#)

[Banana and Plantain](#)

[Bean](#)

[Beet](#)

[Blackberry](#)

[Blueberry](#)

[Bok Choy](#)

[Breadfruit](#)

[Broccoli](#)

[Brussels Sprout](#)

[Cabbage](#)

[Carambola](#)

[Carrot](#)

[Cassava](#)

[Cauliflower](#)

[Celeriac](#)

[Celery](#)

[Cherimoya](#)

[Cherry \(Sweet\)](#)

[Chicory](#)

[Chinese Cabbage](#)

[Coconut](#)

[Cranberry](#)

[Cucumber](#)

[Currant, Gooseberry and Elderberry](#)

[Date](#)

[Dragon Fruit](#)

[Durian](#)

[Eggplant](#)

[Endive and Escarole](#)

[Fennel](#)

[Fig](#)

[Garlic](#)

[Ginger](#)

[Ginseng](#)

[Grape \(American\)](#)

[Grape \(Muscadine\)](#)

[Grape \(Table\)](#)

[Grapefruit](#)

[Greens for cooking](#)

[Guava](#)

[Honey dew melon](#)

[Horseradish](#)

[Jerusalem artichoke](#)

[Jicama](#)

[Kiwifruit](#)

[Kohlrabi](#)

[Leek](#)

[Lemon](#)

[Lettuce](#)

[Lime](#)

[Litchi](#)

[Longan](#)

[Longkong](#)

[Loquat](#)

[Luffa](#)

[Mandarin \(Tangerine\)](#)

[Mango](#)

[Mangosteen](#)

[Mushroom](#)

[Nectarine](#)

[Netted melon](#)

[Nopalitos](#)

[Okra](#)

[Olive](#)

[Onion](#)

[Orange](#)

[Papaya](#)

[Parsley](#)

[Parsnip](#)

[Passion fruit](#)

[Pea](#)

[Peach](#)

[Pear](#)

[Pepper](#)

[Perennial Culinary Herbs](#)

[Persimmon](#)

[Pineapple](#)

[Plums and Fresh Prune](#)

[Pomegranate](#)

[Potato](#)

[Prickly Pear](#)

[Pumpkin and Winter Squash](#)

[Quince](#)

[Radicchio](#)

[Radish](#)

[Rambutan](#)

[Raspberry](#)

[Rhubarb](#)

[Rutabaga](#)

[Salad Greens](#)

[Salsify](#)

[Sapodilla and related fruits](#)

[Southern Pea](#)

[Sprouts](#)

[Squash \(Summer\)](#)

[Strawberry](#)

[Sweet Corn](#)

[Sweetpotato](#)

[Swiss Chard](#)

[Tamarillo](#)

[Tamarind](#)

[Taro](#)

[Tomatillo](#)

[Tomato](#)

[Truffles](#)

[Turnip](#)

[Waterchestnut](#)

[Water Convolvulus](#)

[Watercress](#)

[Watermelon](#)

[Wax Apple](#)

Fresh-cut Produce

[Fresh-cut Vegetables](#)

[Fresh-cut Fruits](#)

Floral Crops and Nursery Stock

[Cut Flowers and Greens](#)

[Flower Bulbs](#)

[Foliage Plants](#)

[Flowering Potted Plants](#)

[Bedding Plants and Seedlings](#)

[Seeds and Pollen](#)

[Herbaceous Perennials](#)

[Christmas Trees](#)

[Orchids](#)

Nuts

[Almond](#)

[Hazelnut](#)

[Macadamia](#)

[Peanut](#)

[Pecan](#)

[Pistachio](#)

[Walnut](#)

Théorie et principes de base

- *Qualité*
- *Aspects physiologiques*
- *Aspects physiques*



Aspects physiques

- *Paramètres physiques (T, HR, gaz)*
- *Prérefroidissement*
- *Emballage*
- *Entreposage*
- *Transport*



Aspects physiques

- *Paramètres physiques (T, HR, gaz)*
- *Prérefroidissement*
- *Emballage*
- *Entreposage*
- *Transport*



Paramètres physiques

- *Température*
- *Humidité relative*
- *Gaz*

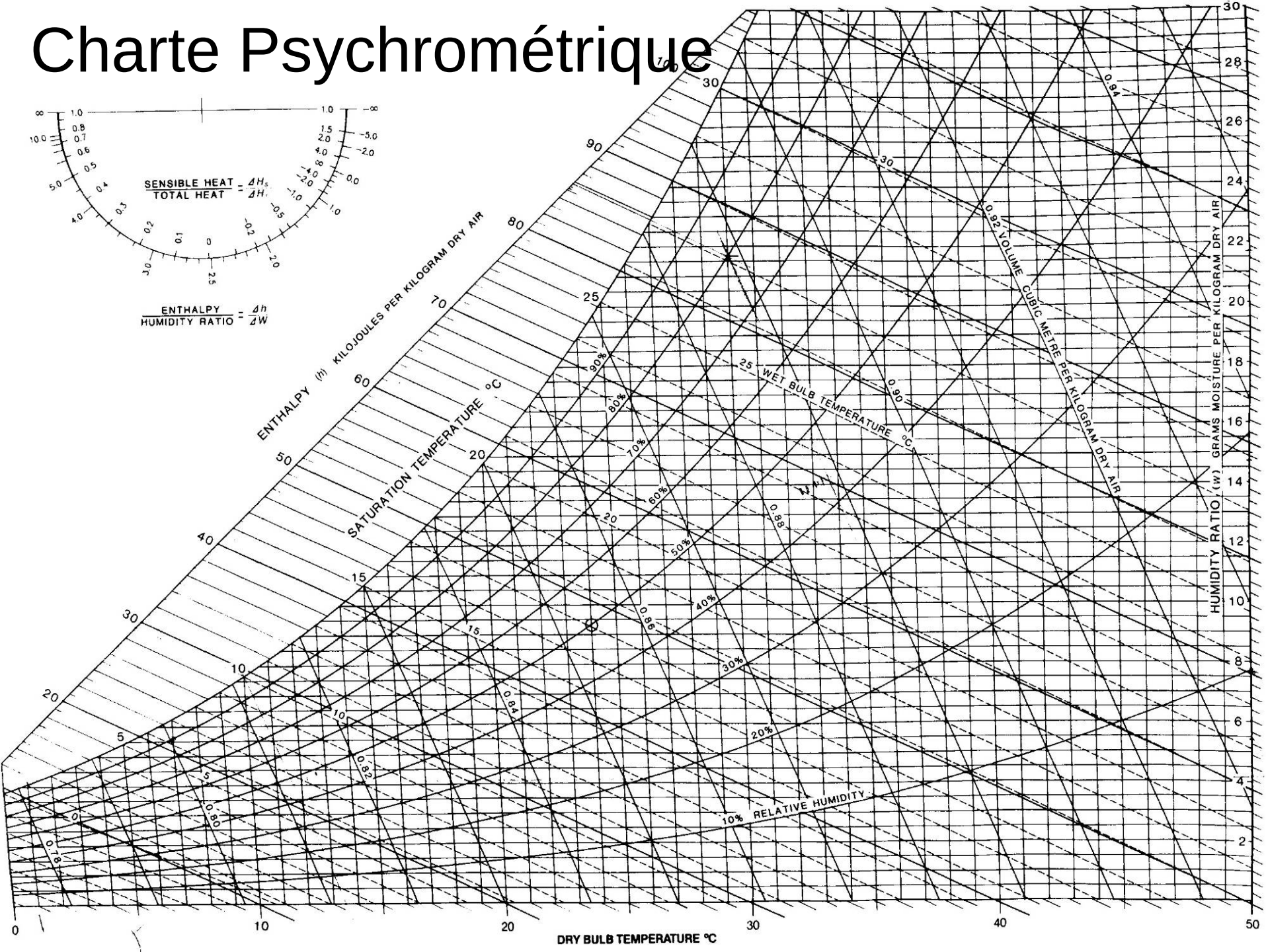


Psychrométrie et contrôle de l'humidité

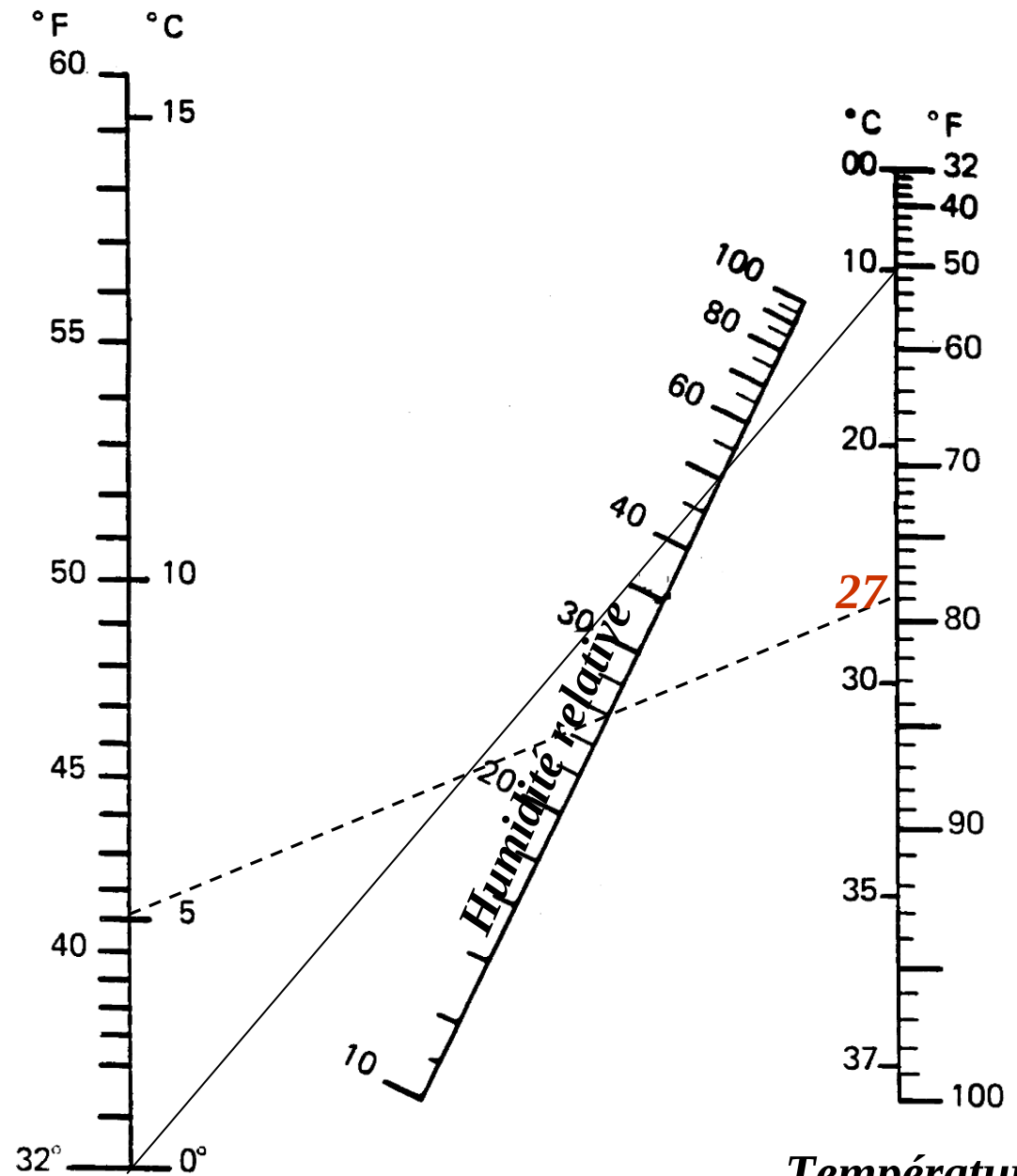
- *Température*
- *Bulbe sec*
- *Bulbe humide*
- *HR*
- *Contenu en eau*
- *Effet sur le chauffage et le refroidissement*
- *Système de contrôle de l'humidité*
- *Problème de givrage à l'évaporateur*
- *Problème de condensation (point de rosée)*



Charte Psychrométrique



Condition de condensation



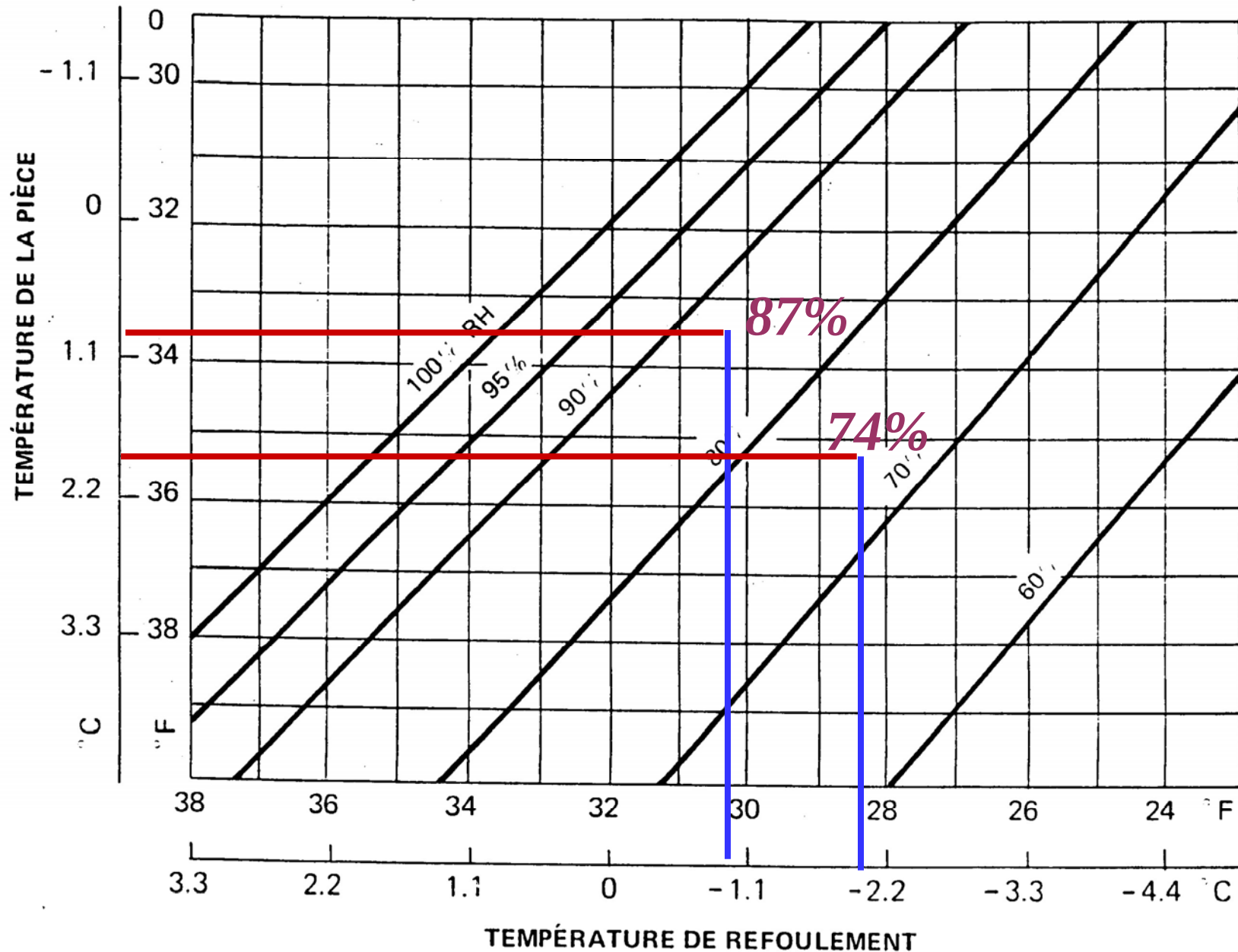
Température à la surface du produit

Température ambiante

Condition de condensation



Limitation à l'HR



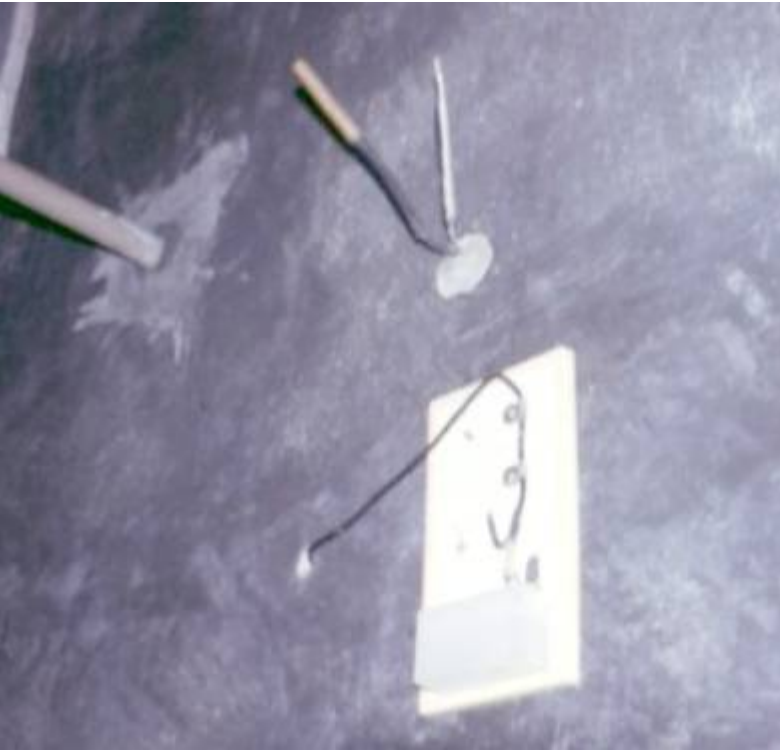
Limitation à l' HR



***Point de
Rosée et
contrôle de***



Impact sur la position des thermostats et système d'humidification



Mais la charte psycho logique
avec son paquet de lignes,
c'est pas facile à utiliser

Cactus 2000 ou autres sites
Web peuvent nous aider

Cactus2000 About Email

Convertisseur pour l'humidité d'air

température: 25. °C
pression: 1013.25 hPa

☐	% humidité relative
☐	°C, température du point de rosée
☐	°C, différence du point de rosée
☐	hPa, pression partielle
☐	hPa, taux du mélange par volume
☐	g/m³, concentration (masse)
☐	molécules/cm³, concentration (molec.)
☐	g/kg, humidité spécifique (air humide)
☐	g/kg, taux du mélange par masse (air sec)

Ceci est un convertisseur pour l'humidité d'air. Vous pouvez trouver les équations [ici](#) (pdf, 2 pages, 50.5 KoB).

Tapez la valeur que vous voulez convertir dans la case, après laquelle vous trouvez l'unité. Cliquez sur n'importe quelle place libre de la fenêtre ou sur le bouton "calculer". Lisez le résultat voulu. Utilisez le bouton "effacer" pour effacer le calcul.

La température en degré Celsius et la pression en hPa sont nécessaires. Les valeurs par défaut sont utilisées, si des autres ne sont pas entrées.

Après le calcul, le bouton radio en face de la valeur d'entrée est marqué. Si vous voulez utiliser une valeur déjà calculée pour un nouveau calcul avec une température différente ou une pression différente, vous pouvez marquer le bouton radio en face de cette valeur.

Exemple: Quelle est la température du point de rosée, si l'humidité relative est de 50% ? Tapez "50" dans la case en face du "% humidité relative". Cliquez sur n'importe quelle place libre de la fenêtre ou sur le bouton "calculer". Vous trouvez votre résultat dans la case en face du "°C, température du point de rosée". (13.55°C avec une température d'air de 25°C et 1013.25 hPa).

Quelle sera l'humidité relative, si l'air de l'exemple d'en-dessus est réchauffé à 15°C ? Comme le point de rosée et le taux du mélange par volume restent constants pendant le réchauffement, marquez le bouton radio en face de "°C, température du point de rosée", soit "13.55", taux du mélange par volume". Changez la température, cliquez sur n'importe quelle place libre de la fenêtre ou sur le bouton "calculer". Vous trouvez le résultat en face du bouton "% humidité relative" (32.9%).

Limitations: La supersaturation ne peut pas être calculée avec ce convertisseur. Les calculs avec une humidité de plus de 100% ne sont donc pas possibles. Lors du calcul du point de rosée, des erreurs d'arrondissement de 0.01 degré sont possibles. Le calcul de la pression de vapeur de H₂O est seulement possible au-dessus de 0.039 hPa. Cela correspond à une pression de vapeur de glace à -50°C.

Tuyaux: Vous pouvez calculer la pression de vapeur d'eau de températures différentes, en entrant 100% pour l'humidité relative. La valeur partielle est égale à la pression de vapeur dans ce cas particulier.

Avec un changement de température (sans condensation ou évaporation) les valeurs suivantes ne changent pas: la température du point de rosée, le taux du mélange par volume, la pression partielle, l'humidité spécifique et le taux du mélange par masse. Avec un changement de pression le taux du mélange par volume, l'humidité spécifique et le taux du mélange par masse restent constants. C'est pourquoi vous pouvez marquer un bouton radio devant une de ces valeurs si vous calculez un changement de température ou de pression.

Remarques:

- Tous les résultats sont arrondis à 5 chiffres significatifs.
- Les nombres grands et petits sont écrits comme forme exponentielle. Par exemple 2.3e5 = 2.3 · 10⁵ = 230000 ou 4.5e-5 = 4.5 · 10⁻⁵ = 0.000045.
- Cactus2000 ne garantit pas la justesse des conversions. Cactus2000 n'est pas responsable d'un dommage causé par un résultat faux.
- Vous pouvez nous écrire, si vous avez des propositions ou de désirs d'autres unités.

- Vous pouvez aussi commander la collection de tous les convertisseurs de Cactus2000 pour un prix de € 15,-. Il y a une version de test, que vous pouvez télécharger gratuitement.

© David Krüger 02.03.2001

Vue du site

Entrée des données connues

température: 25. °C
pression : 1013.25 hPa

- %, humidité relative
- °C, température du point de rosée
- °C, différence du point de rosée
- hPa, pression partielle
- %v, taux du mélange par volume
- g/m³, concentration (masse)
- molécules/cm³, concentration (molec.)
- g/kg, humidité spécifique (air humide)
- g/kg, taux du mélange par masse (air sec)

calculer

effacer

température: 20.5 °C
pression : 1013.25 hPa

- ☒ 55 %, humidité relative
- ☐ 11.15 °C, température du point de rosée
- ☐ 9.35 °C, différence du point de rosée
- ☐ 13.258 hPa, pression partielle
- ☐ 13.084 %v, taux du mélange par volume
- ☐ 9.7824 g/m³, concentration (masse)
- ☐ 3.2701e+17 molécules/cm³, concentration (molec.)
- ☐ 8.1787 g/kg, humidité spécifique (air humide)
- ☐ 8.2461 g/kg, taux du mélange par masse (air sec)

calculer

effacer



J'ai de l'air à 25°C et une température du bulbe humide à 21. (HR = 78.5%)

Je réchauffe cet air de 1°C, quel est la nouvelle humidité relative? (HR = 74%)

température:	25	°C
pression :	1013.25	hPa

- ☐ 78.495 %, humidité relative
- ☒ 21 °C, température du point de rosée
- ☐ 4 °C, différence du point de rosée
- ☐ 24.859 hPa, pression partielle
- ☐ 24.534 ‰v, taux du mélange par volume
- ☐ 18.066 g/m³, concentration (masse)
- ☐ 6.0389e+17 molécules/cm³, concentration (molec.)
- ☐ 15.402 g/kg, humidité spécifique (air humide)
- ☐ 15.643 g/kg, taux du mélange par masse (air sec)

température:	26	°C
pression :	1013.25	hPa

- ☐ 73.968 %, humidité relative
- ☐ 20.99 °C, température du point de rosée
- ☐ 5.01 °C, différence du point de rosée
- ☐ 24.858 hPa, pression partielle
- ☐ 24.533 ‰v, taux du mélange par volume
- ☐ 18.005 g/m³, concentration (masse)
- ☐ 6.0186e+17 molécules/cm³, concentration (molec.)
- ☐ 15.402 g/kg, humidité spécifique (air humide)
- ☐ 15.643 g/kg, taux du mélange par masse (air sec)

Situation: je suis à la maison et je reçois les données suivantes de mon entrepôt. Je sais que ça fait quelques jours que je ne peux pas ventiler mes oignons et on prévoit encore plusieurs de temps doux. Puis-je ventiler sans humidifier les oignons alors que la règle dit de ne pas ventiler si la °T externe n'est pas au moins 6°F plus pas que la °T dans le plenum? Sans calcul = **NON**

Temperatures					
Plenum Temperature	32.2	F	Pile 1	34.0	F
Return Temperature	33.0	F	Pile 2	33.5	F
Outside Temp	31.0	F	Pile 3	*****	F
Outside RH	76.8	%	Pile 4	*****	F
Plenum RH	0.0	%	Return RH	74.9	%
Start Temperature	30.0	F			
			Previous	Next	←

Mais si je le calcule? Ce que je veux est que l'air qui entre dans mon entrepôt entre moins d'humidité que celle qui sort...

L'air qui va sortir = 33.0°F, 74.9% HR, $H_{\text{absolu}} = 2,9374\text{g/kg air sec}$

L'air qui entre = 31.0°F, 76.8% HR, $H_{\text{absolu}} = 2,6945\text{g/kg air sec}$

Donc je peux ventiler car l'air qui entre contient moins d'eau que celle qui sort. Alors pourquoi 6°F (3,33°C) minimum?

température:	0.55555	°C
pression :	1013.25	hPa

- ☒ 74.9 % , humidité relative
- ☐ -2.9944 °C , température du point de rosée
- ☐ 3.55 °C , différence du point de rosée
- ☐ 4.7627 hPa , pression partielle
- ☐ 4.7004 %v , taux du mélange par volume
- ☐ 3.7703 g/m³ , concentration (masse)
- ☐ 1.2603e+17 molécules/cm³ , concentration (molec.)
- ☐ 2.9288 g/kg , humidité spécifique (air humide)
- ☐ 2.9374 g/kg , taux du mélange par masse (air sec)

température:	-0.5555556	°C
pression :	1013.25	hPa

- ☒ 76.8 % , humidité relative
- ☐ -4.0056 °C , température du point de rosée
- ☐ 3.45 °C , différence du point de rosée
- ☐ 4.3706 hPa , pression partielle
- ☐ 4.3134 %v , taux du mélange par volume
- ☐ 3.474 g/m³ , concentration (masse)
- ☐ 1.1613e+17 molécules/cm³ , concentration (molec.)
- ☐ 2.6873 g/kg , humidité spécifique (air humide)
- ☐ 2.6945 g/kg , taux du mélange par masse (air sec)

température:	0	°C
pression :	1013.25	hPa
☒ 75	%, humidité relative	
☐ -3.45	°C, température du point de rosée	
☐ 3.45	°C, différence du point de rosée	
☐ 4.5808	hPa, pression partielle	
☐ 4.5209	%v, taux du mélange par volume	
☐ 3.6337	g/m ³ , concentration (masse)	
☐ 1.2147e+17	molécules/cm ³ , concentration (molec.)	
☐ 2.8168	g/kg, humidité spécifique (air humide)	
☐ 2.8247	g/kg, taux du mélange par masse (air sec)	

Exemple à 0°C

température:	-3.4487	°C
pression :	1013.25	hPa
☒ 100	%, humidité relative	
☐ -3.4587	°C, température du point de rosée	
☐ 10e-3	°C, différence du point de rosée	
☐ 4.5808	hPa, pression partielle	
☐ 4.5209	%v, taux du mélange par volume	
☐ 3.6802	g/m ³ , concentration (masse)	
☐ 1.2302e+17	molécules/cm ³ , concentration (molec.)	
☐ 2.8168	g/kg, humidité spécifique (air humide)	
☐ 2.8247	g/kg, taux du mélange par masse (air sec)	

Et un écart
de 3,44°C
= un écart
de 6.2°F



température:	0	°C
pression :	1013.25	hPa
☒ 100	%, humidité relative	
☐ -1e-2	°C, température du point de rosée	
☐ 1e-2	°C, différence du point de rosée	
☐ 6.1078	hPa, pression partielle	
☐ 6.0279	%v, taux du mélange par volume	
☐ 4.845	g/m ³ , concentration (masse)	
☐ 1.6196e+17	molécules/cm ³ , concentration (molec.)	
☐ 3.7578	g/kg, humidité spécifique (air humide)	
☐ 3.772	g/kg, taux du mélange par masse (air sec)	

température:	-1	°C
pression :	1013.25	hPa
☒ 100	%, humidité relative	
☐ -1.01	°C, température du point de rosée	
☐ 1e-2	°C, différence du point de rosée	
☐ 5.6242	hPa, pression partielle	
☐ 5.5506	%v, taux du mélange par volume	
☐ 4.4777	g/m ³ , concentration (masse)	
☐ 1.4968e+17	molécules/cm ³ , concentration (molec.)	
☐ 3.4596	g/kg, humidité spécifique (air humide)	
☐ 3.4717	g/kg, taux du mélange par masse (air sec)	

température:	-2	°C
pression :	1013.25	hPa
☒ 100	%, humidité relative	
☐ -2.01	°C, température du point de rosée	
☐ 10e-3	°C, différence du point de rosée	
☐ 5.1744	hPa, pression partielle	
☐ 5.1068	%v, taux du mélange par volume	
☐ 4.1349	g/m ³ , concentration (masse)	
☐ 1.3822e+17	molécules/cm ³ , concentration (molec.)	
☐ 3.1825	g/kg, humidité spécifique (air humide)	
☐ 3.1926	g/kg, taux du mélange par masse (air sec)	

Paramètres physiques

- *Température*
- *Humidité relative*
- *Gaz*



Gaz

- Odeur
- C_2H_4 (*Produits producteurs et produits sensibles*)
- C_2H_4 (*Chariot élévateur au propane*)
- *Incompatibilité (oignon, fraise)*

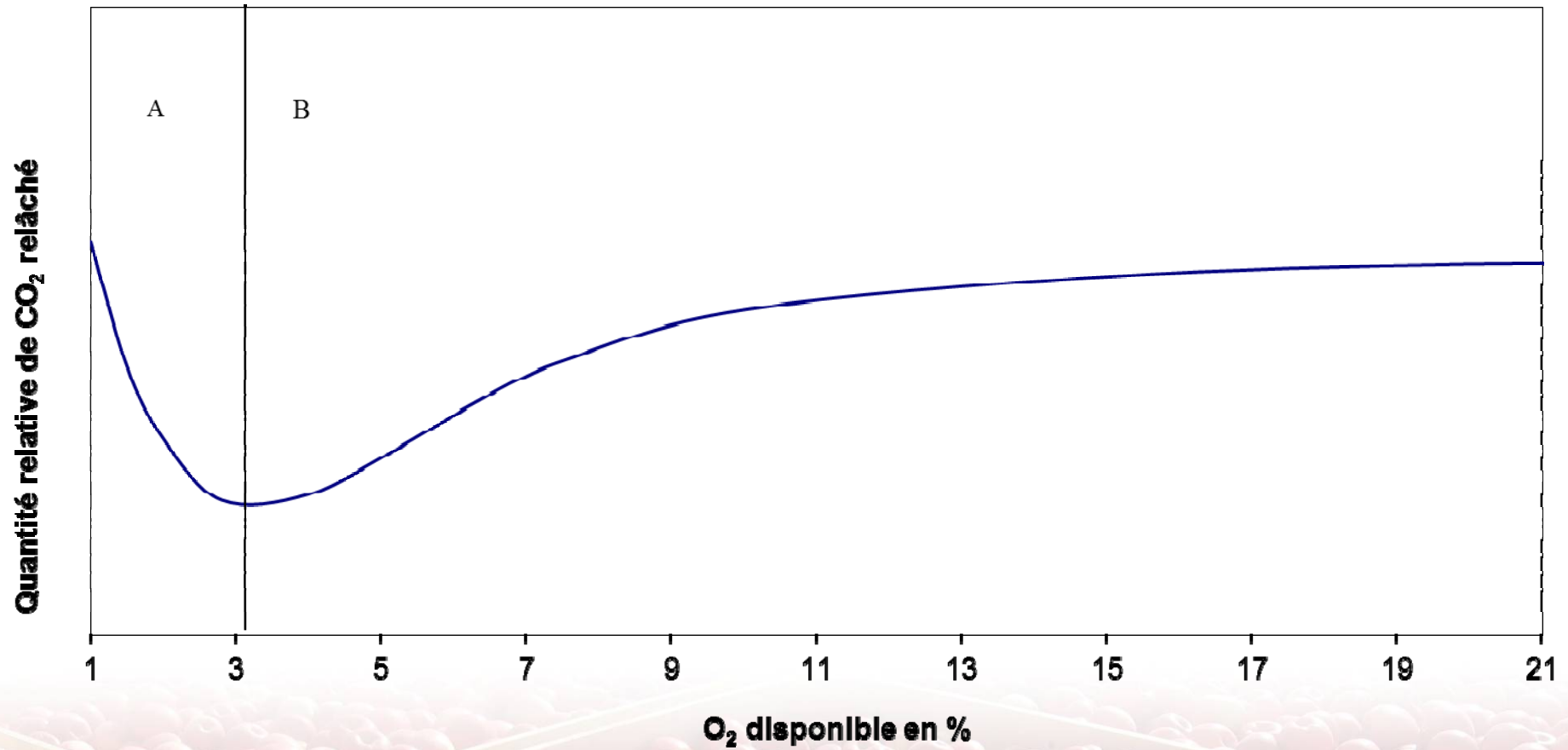


Entreposage à atmosphère modifiée et contrôlée

- *Contrôle de température, RH et gaz*
- *Composition gazeuse f(produit)*
- *Production de condition environnementale*
- *Contrôle des conditions environnementales*
- *Atmosphère modifiée*

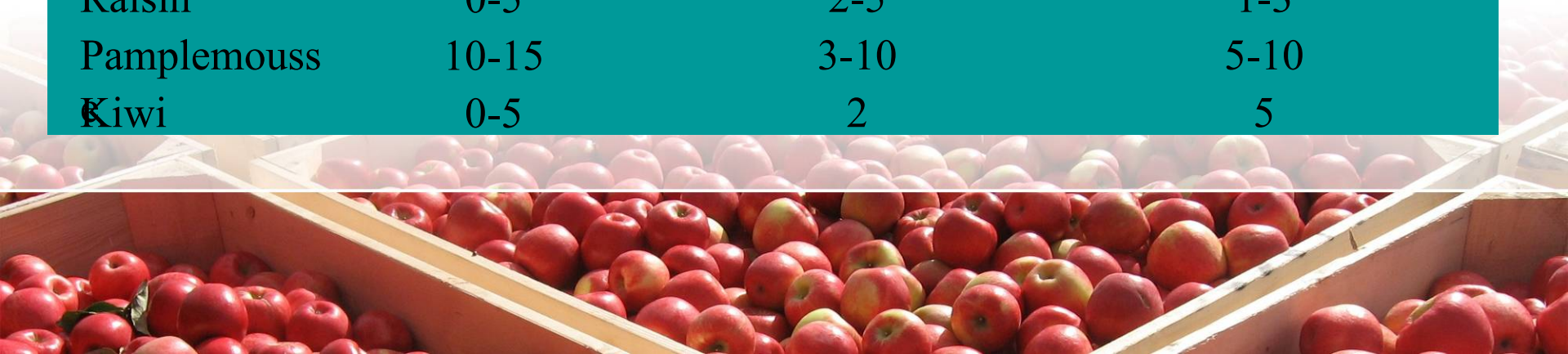


Production de CO_2 f(O_2)



Conditions d'entreposage recommandées pour différents fruits (Kader 1985)

<i>Fruit</i>	<i>Température (°C)</i>	<i>Concentration d'O₂ (%)</i>	<i>Concentration de CO₂ (%)</i>
Pomme	0-5	2-3	1-2
Abricot	0-5	2-3	1-2
Avocat	5-13	2-5	3-10
Banane	12-15	2-5	2-5
Mures	0-5	5-10	15-20
Bleuet	0-5	5-10	15-20
Cerise	0-5	3-10	10-12
Canneberge	2-5	1-2	0-5
Figue	0-5	5-10	15-20
Raisin	0-5	2-5	1-3
Pamplemouss	10-15	3-10	5-10
Kiwi	0-5	2	5



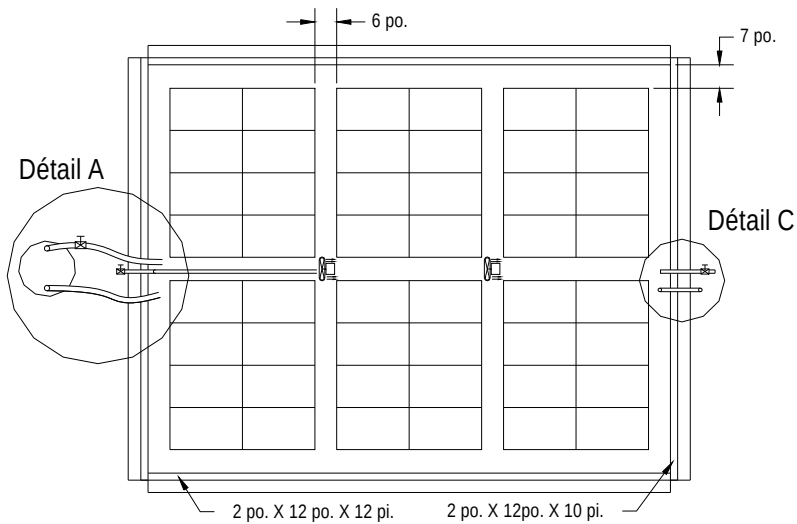
Conditions d'entreposage recommandées pour différents fruits (Kader 1985)

Fruit	Température (°C)	O ₂ Concentration (%)	CO ₂ Concentration (%)
Citron et lime	10-15	5-10	0-10
Mangue	10-15	5	5
Nectarine	0-5	1-2	3-5
Olive	5-10	2-5	5-10
Orange	5-10	5-10	0-5
Papaye	10-15	5	10
Pêche	0-5	1-2	5
Poire	0-5	2-3	0-1
Ananas	10-15	5	10
Prune	0-5	1-2	0-5
Framboise	0-5	5-10	15-20
Fraise	0-5	10	15-20

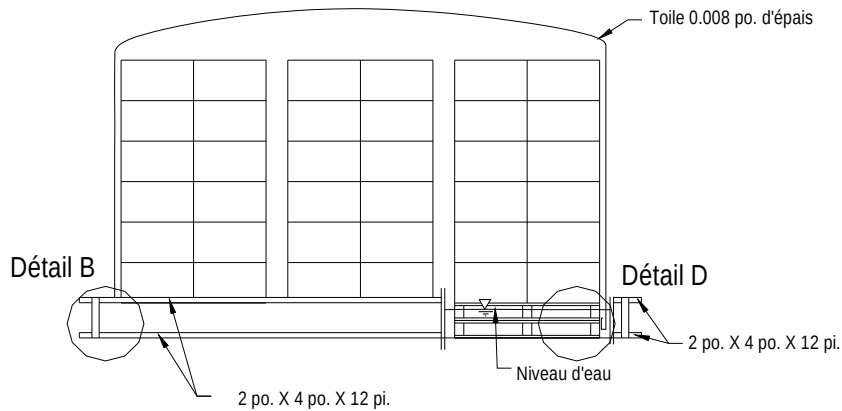


Systeme atmosphere modifiée à volume variable (Schéma)

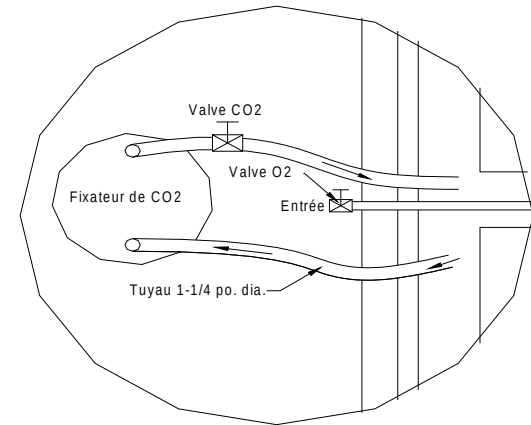
Vue de dessus



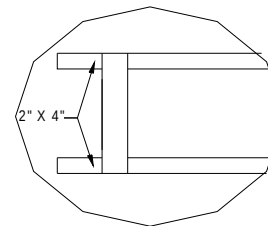
Vue de côté



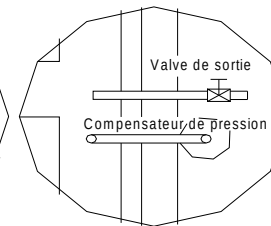
Détail A



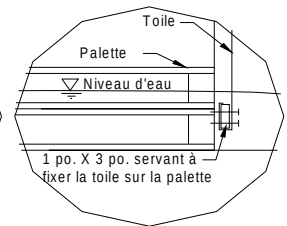
Détail B



Détail C



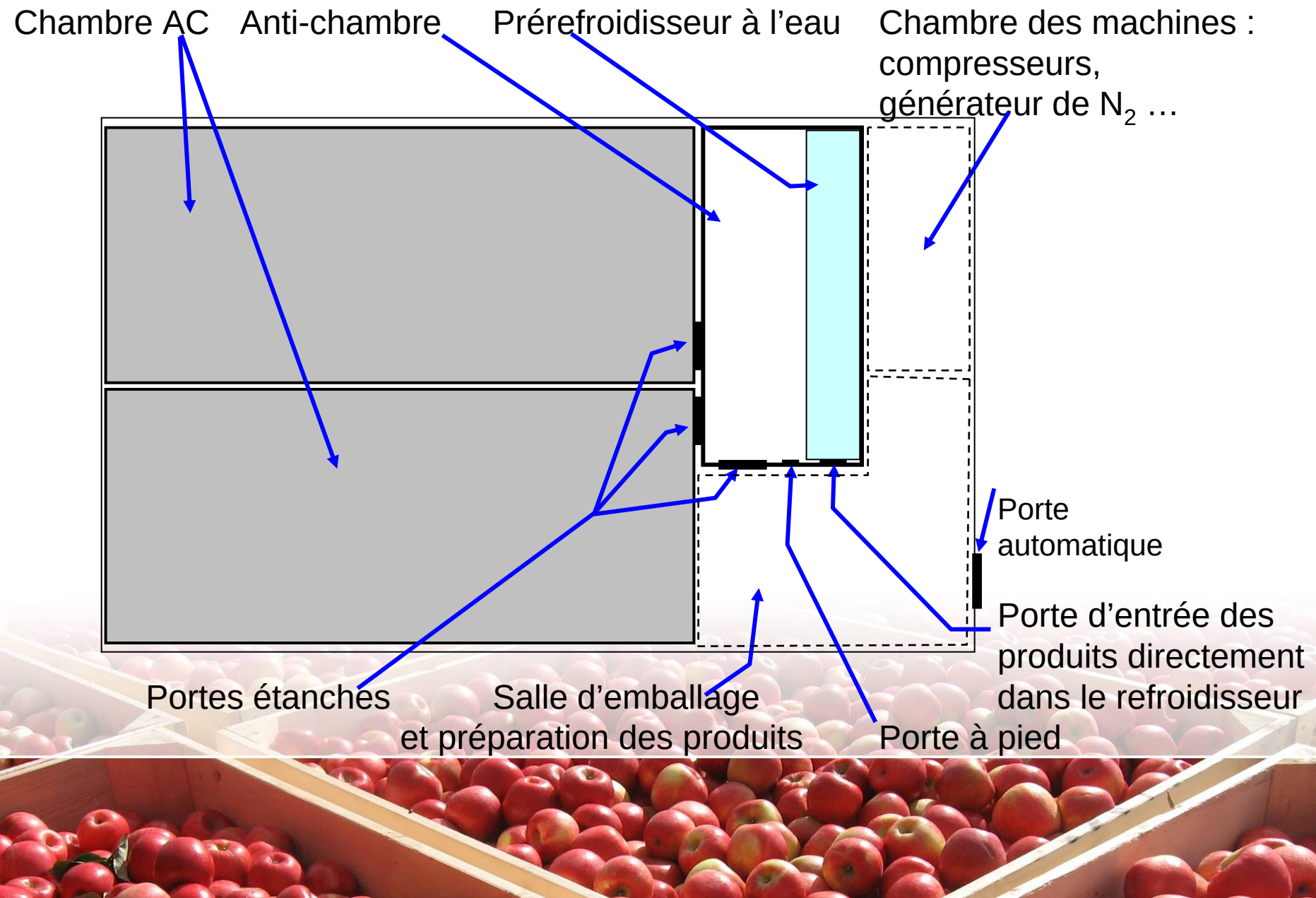
Détail D



Systeme atmosphere modifiée à volume variable (Réalité)



Augmentation de la fermeté de la pomme grâce à la mise sous AC en 24 heures après leur récolte





***Installation d'un
enveloppe pour
atmosphère
modifiée sur
palette***

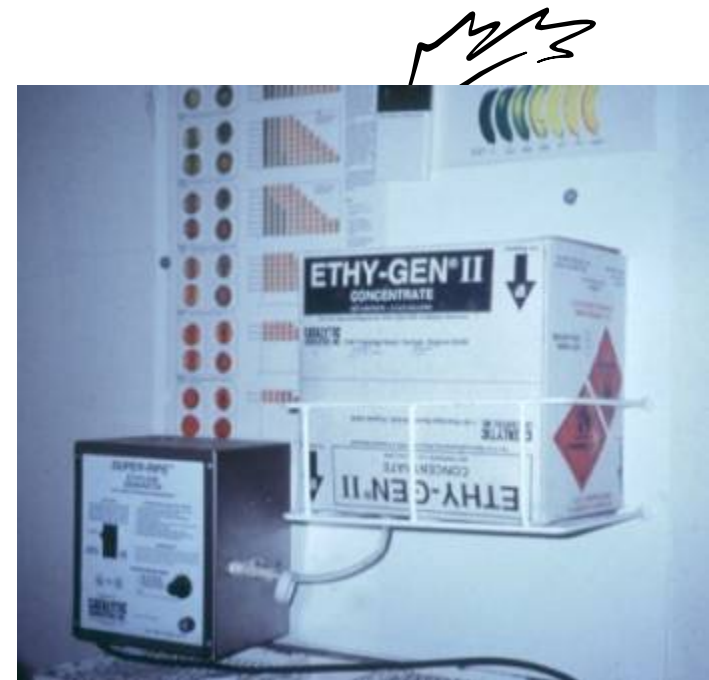


***Installation d'un
enveloppe pour
atmosphère
modifiée sur
palette***



Système de lessivage de gaz pour produire l'atmosphère voulue





Traitement à l'éthylène



Aspects physiques

- *Paramètres physiques (T, HR, gaz)*
- *Prérefroidissement*
- *Emballage*
- *Entreposage*
- *Transport*



Prérefroidissement

- *Définition*
- *Taux de refroidissement*
- *Méthodes (air, eau, glace, sous vide)*



Prérefroidissement

- ***Définition***
 - *Taux de refroidissement*
 - *Méthodes*
 - *Air (en chambre, air forcé)*
 - *Eau (hydrocooling)*
 - *Glace (Surfaçage et glace liquide)*
 - *Sous vide (vacuum et hydrovac)*



Prérefroidissement

Définition:

Refroidissement *rapide* des
produit *immédiatement* après la
récolte



Pourquoi : Prérefroidir

- *Rapidement réduire le taux de respiration*
- *Éviter le mélange de produits de différentes températures*
- *Accélérer la manutention des produits*
- *Rencontrer le taux de récolte*
- *Décroître la charge réfrigérante des chambres*
- *Ajuster le procédé de refroidissement aux besoins des produits*



Source de chaleur

- ◆ Chaleur du champ (86 % d'eau, 4kJ/kg-°C)

- ◆ Chaleur de respiration (340 à 727 mW/kg)

(ou 581 mJ/kg-s d'après la diapo 48)

- ◆ Comparaison entre chaleur de champ et chaleur de respiration:

$$\underline{(4 \text{ kJ/kg-}^{\circ}\text{C} \times 20^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ kg} \times 1\,000\,000 \text{ mJ/kJ}) = 38.2 \text{ h}}$$

$$(581 \text{ mJ/kg-s} \times 1 \text{ kg}) \times 3600 \text{ s/h}$$

- ◆ Donc une fraise gardée à 20°C pendant 38.2 heures produit autant de chaleur de respiration que de chaleur sensible qu'elle contient pour la refroidir à 0°C
- ◆ Une fraise mise dans un frigo où la circulation d'air est telle que 2.5% de sa chaleur sensible est évacuée par heure ne se refroidira jamais car elle produit la même quantité de chaleur par respiration

Autre comparaison à 20°C

- ◆ Chaleur d'évaporation de l'eau (2258 kJ/kg)
- ◆ Chaleur sensible (4kJ/kg-°C)

$$\frac{2258 \text{ kJ/kg}}{4 \text{ kJ/kg-}^\circ\text{C}} = 565 \text{ }^\circ\text{C} \quad \frac{20^\circ\text{C}}{565^\circ\text{C}} = 3.5\% \text{ de perte de masse pour refroidir par évaporation}$$

- ◆ Donc, il faut refroidir 565 kg de 1°C pour évaporer 1 kg d'eau ou 28.25 kg de 20°C
- ◆ Donc si j'évapore 1 kg d'eau pour refroidir 28.25 kg de 20°C, je perds 3.5% de ma masse vendable de fraise pour la refroidir par évapotranspiration



Autre comparaison à 20°C

- ◆ Chaleur de respiration (50.2 kJ/kg-j)

$$\underline{50.2 \text{ kJ/kg-j} \times 1\text{j} = 0.022 \text{ ou } 2.2\%}$$

$$2258 \text{ kJ/kg}$$

- ◆ Donc, si je ne refroidi pas mes fraises, dans la mesure où l'air ambiant est capable d'absorber l'humidité, elles perdront 2.2% de leur masse par jour pour maintenir leur température stable à 20°C, sinon, elles vont se réchauffer à partir de leur chaleur de respiration; et ne perdraient que 0.20% par jour si elles étaient à 0°C

Prérefroidissement et charge réfrigérante

- Taux de refroidissement du produit
- Source de chaleur (chaleur du champ, respiration, conduction, infiltration, humain, équipement)
- Capacité réfrigérante (%) :

	Avec	Sans
• chaleur du champ	3 %	69 %
• respiration	28 %	9 %
• conduction	28 %	9 %
• infiltration	13 %	4 %
• humain	3 %	1 %
• équipement	<u>25 %</u>	<u>8 %</u>
• Capacité comparative	30 kw	100 kw

Prérefroidissement

- *Définition*

- *Taux de refroidissement*
- *Méthodes*
 - *Air (en chambre, air forcé)*
 - *Eau (hydrocooling)*
 - *Glace (Surfaçage et glace liquide)*
 - *Sous vide (vacuum et hydrovac)*



Taux de refroidissement

- *Définition*

Température sans dimension

- *Définition*
- *temps de 1/2 refroidissement*
- *Temps total de refroidissement*
- *Prérefroidissement et charge réfrigérante*



Ratio de température sans dimension = x

$$x = \frac{\left({}^{\circ}T_{\text{produit actuel}} - {}^{\circ}T_{\text{milieu}} \right)}{\left({}^{\circ}T_{\text{produit initial}} - {}^{\circ}T_{\text{milieu}} \right)}$$



Taux de refroidissement

- *Définition*
- *Temps de 1/2 refroidissement (TDR)*
- *Indice de refroidissement*



Temps de 1/2 refroidissement (TDR)

Temps requis pour atteindre le ratio de température sans dimension $x = 1/2$, donc la moitié de l'énergie initiale partie

Initialement

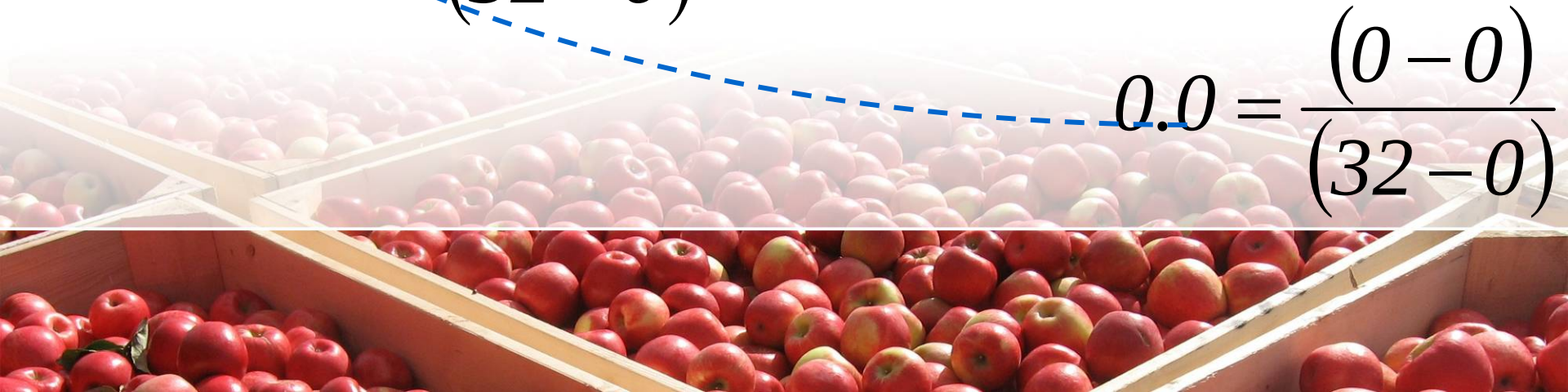
$$1.0 = \frac{(32 - 0)}{(32 - 0)}$$

Après un TDR

$$0.5 = \frac{(16 - 0)}{(32 - 0)}$$

Après un temps extrêmement long

$$0.0 = \frac{(0 - 0)}{(32 - 0)}$$



Duré du refroidissement ou t_y , où $y = 1-x$

Par exemple, le temps requis pour extraire 7/8 de l'énergie initiale = $t_{7/8}$ ou 3 TDR.

Il reste alors seulement 1/8 de l'énergie initiale. On utilise généralement le $t_{7/8}$ ou le $t_{15/16}$ ou 3 à 4 TDR.

On base parfois la durée du traitement sur une température finale désirée.



Exemple avec un TDR de 10 minutes et différentes températures ambiantes (0, 2 et 4°C)

$t_{(1-x)}$	x	minutes	Température_y		
t_0	1	0	30.0_0	30.0_2	30.0_4
$t_{1/2}$	0.5	10	15.0	16.0	17.0
$t_{3/4}$	0.25	20	7.5	9.0	10.5
$t_{7/8}$	0.125	30	3.8	5.5	7.3
$t_{15/16}$	0.062	40	1.9	3.8	5.6
$t_{31/32}$	0.031	50	0.9	2.9	4.8

y = température ambiante



**$t_{(1-x)}$ = temps requis pour atteindre le
ratio de température sans dimension x**

$$x = \frac{(^{\circ}T_p - ^{\circ}T_{\infty})}{(^{\circ}T_i - ^{\circ}T_{\infty})}$$

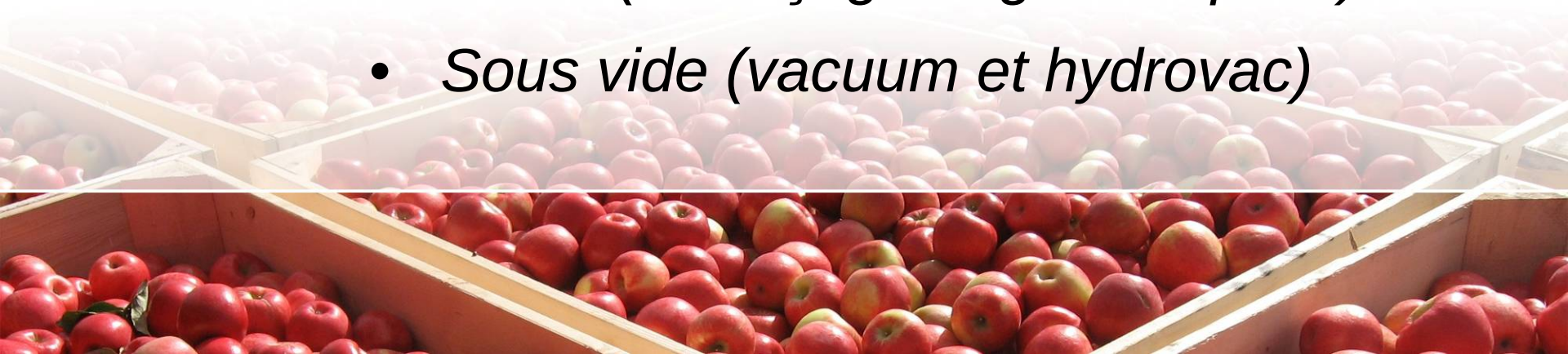
Si $t_{1/2}$ = 10 minutes			
Température initiale =	30	30	30
Température ambiante =	0	2	4
Température finale =	5	5	5
Temps requis =	25.85	32.22	47.00

Et si la température initiale du produit avait été 60°C?



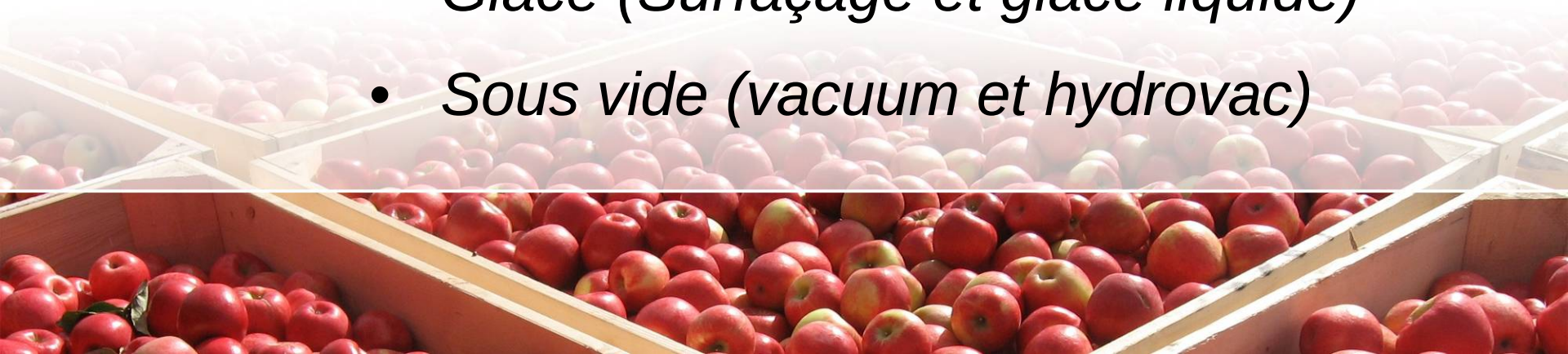
Prérefroidissement

- *Définition*
 - *Taux de refroidissement*
 - *Méthodes*
 - *Air (en chambre, air forcé)*
 - *Eau (hydrocooling)*
 - *Glace (Surfaçage et glace liquide)*
 - *Sous vide (vacuum et hydrovac)*

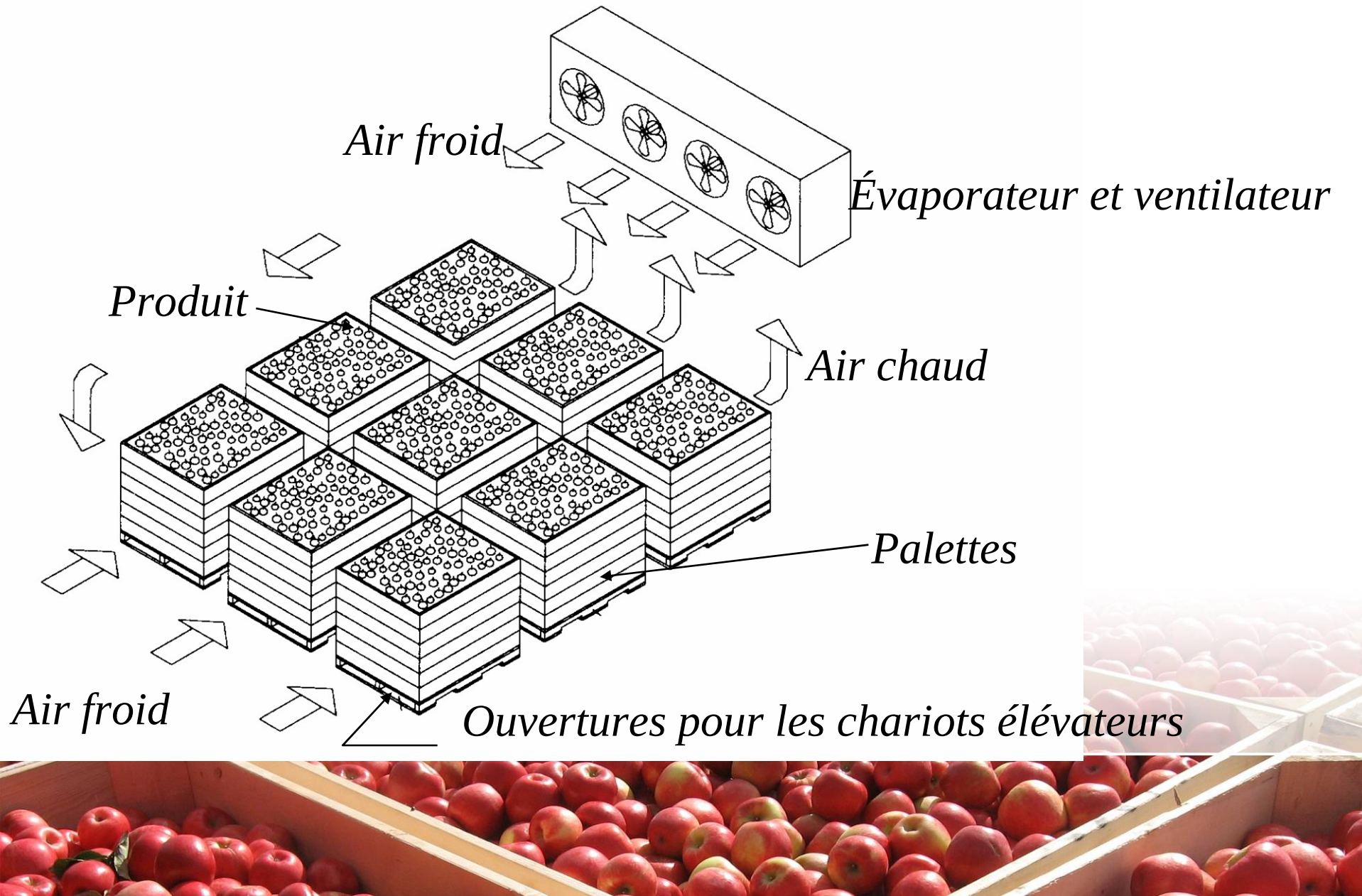


Prérefroidissement

- *Définition*
 - *Taux de refroidissement*
 - *Méthodes*
 - *Air (en chambre froide, air forcé)*
 - *Eau (hydrocooling)*
 - *Glace (Surfaçage et glace liquide)*
 - *Sous vide (vacuum et hydrovac)*



Chambre froide

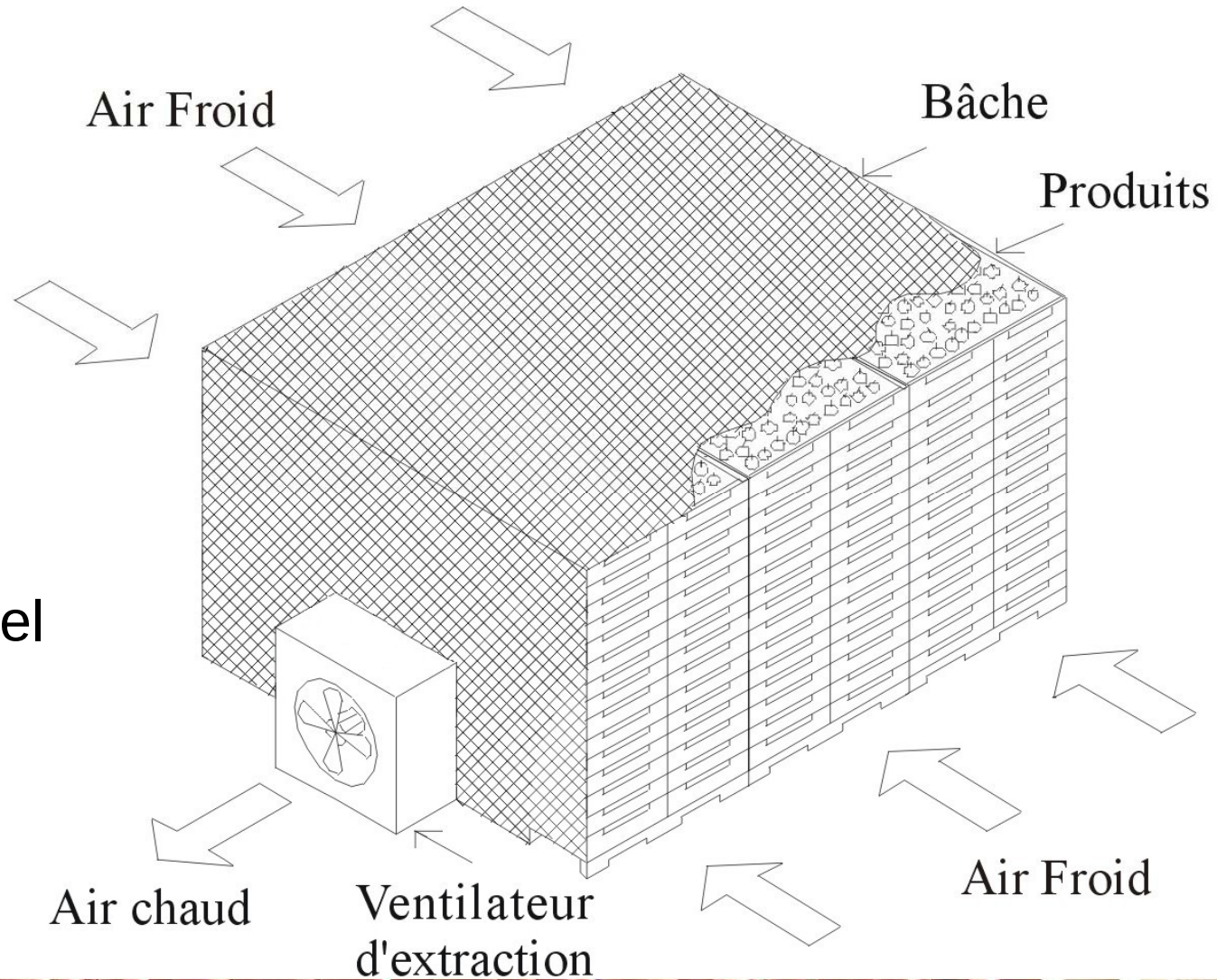


Air forcé commercial



Refroidissement à l'air forcé

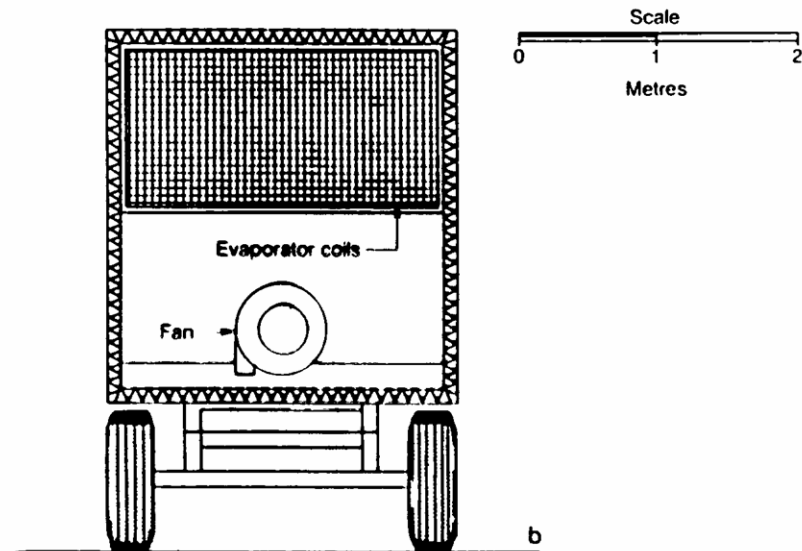
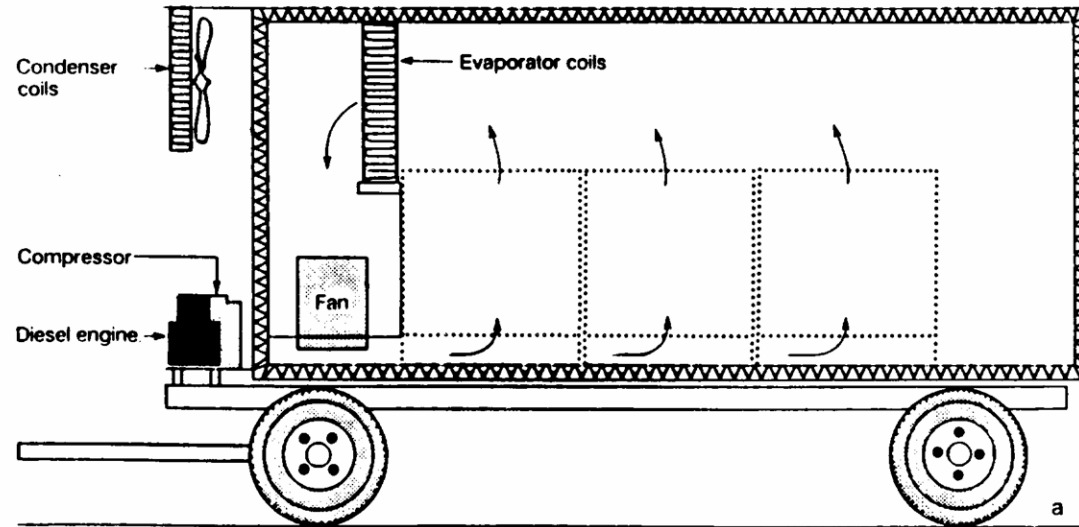
Type tunnel



Air forcé commerciale



Air forcé mobile



Air forcé commerciale



Air forcé commerciale





***Air forcé
commerciale***



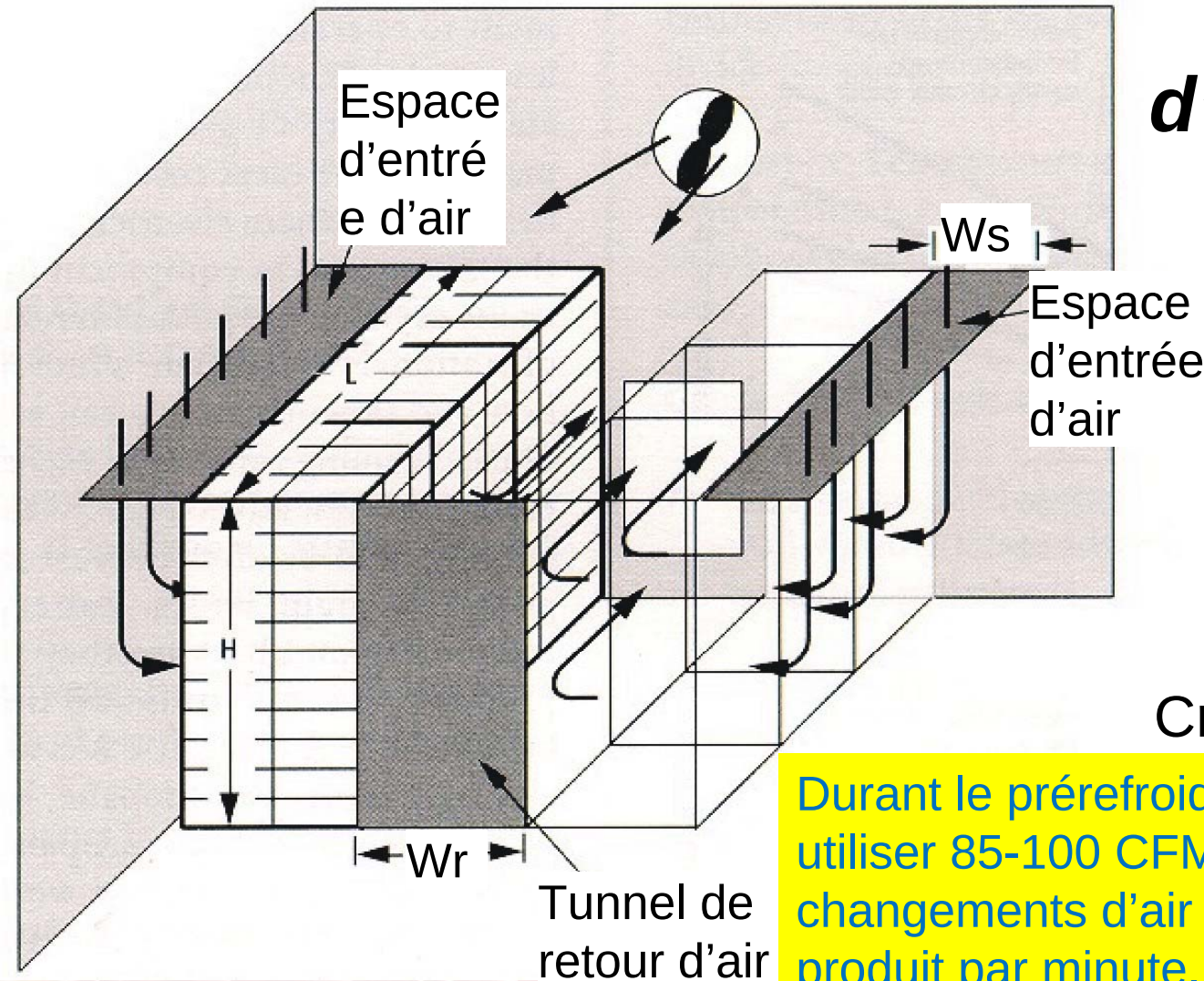
Refroidissement à air forcé



Refroidissement à air forcé



Conception d'un système à air forcé



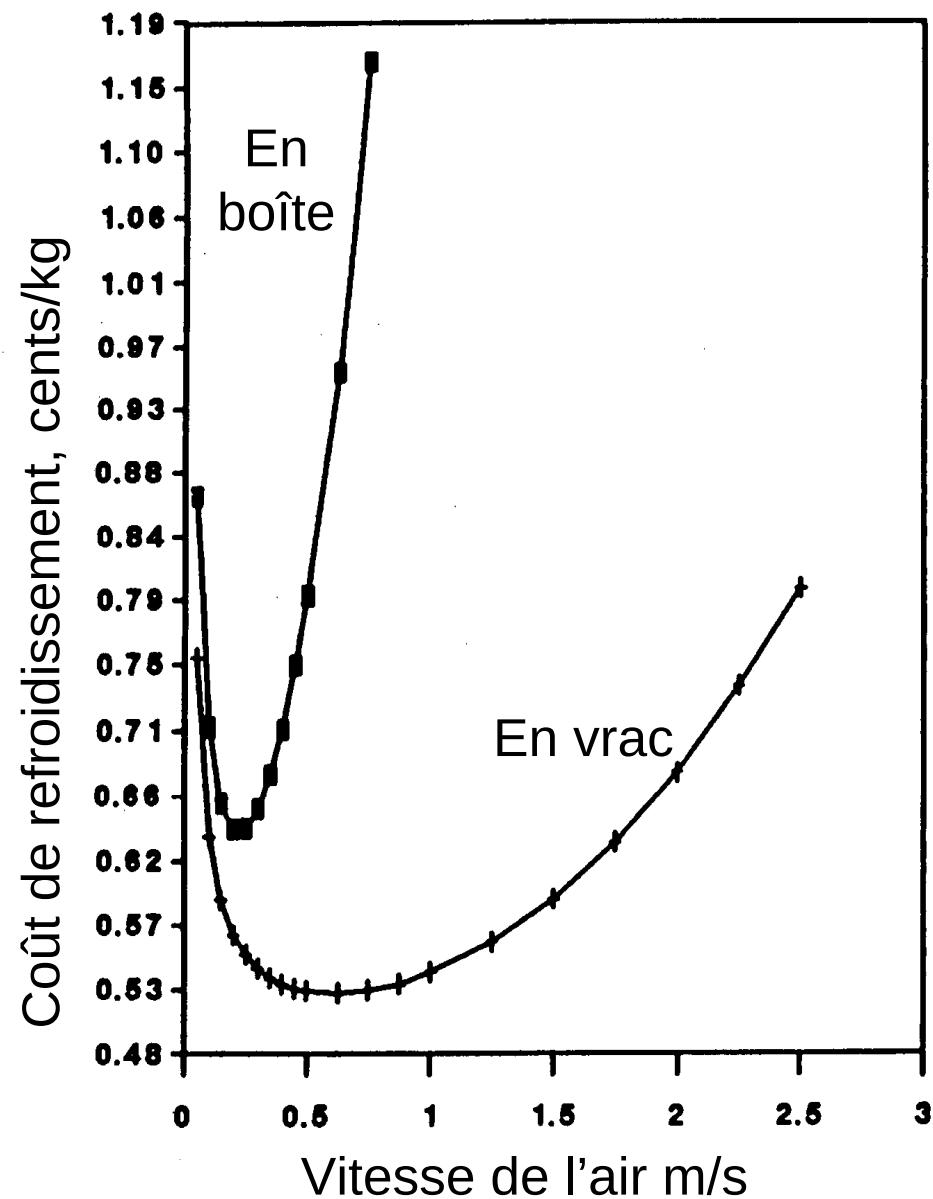
Critères:

Durant le prérefroidissement, on devrait utiliser 85-100 CFM/t (45 à 50 L/t-s) ou 2 changements d'air par unité de volume de produit par minute. La vitesse de l'air dans les conduits devrait être entre 800-1000 pi/min (4-5 m/s). Les boîtes doivent être très bien alignées et ajustées une sur l'autre pour garantir que tout l'air passe à travers des boîtes sinon....

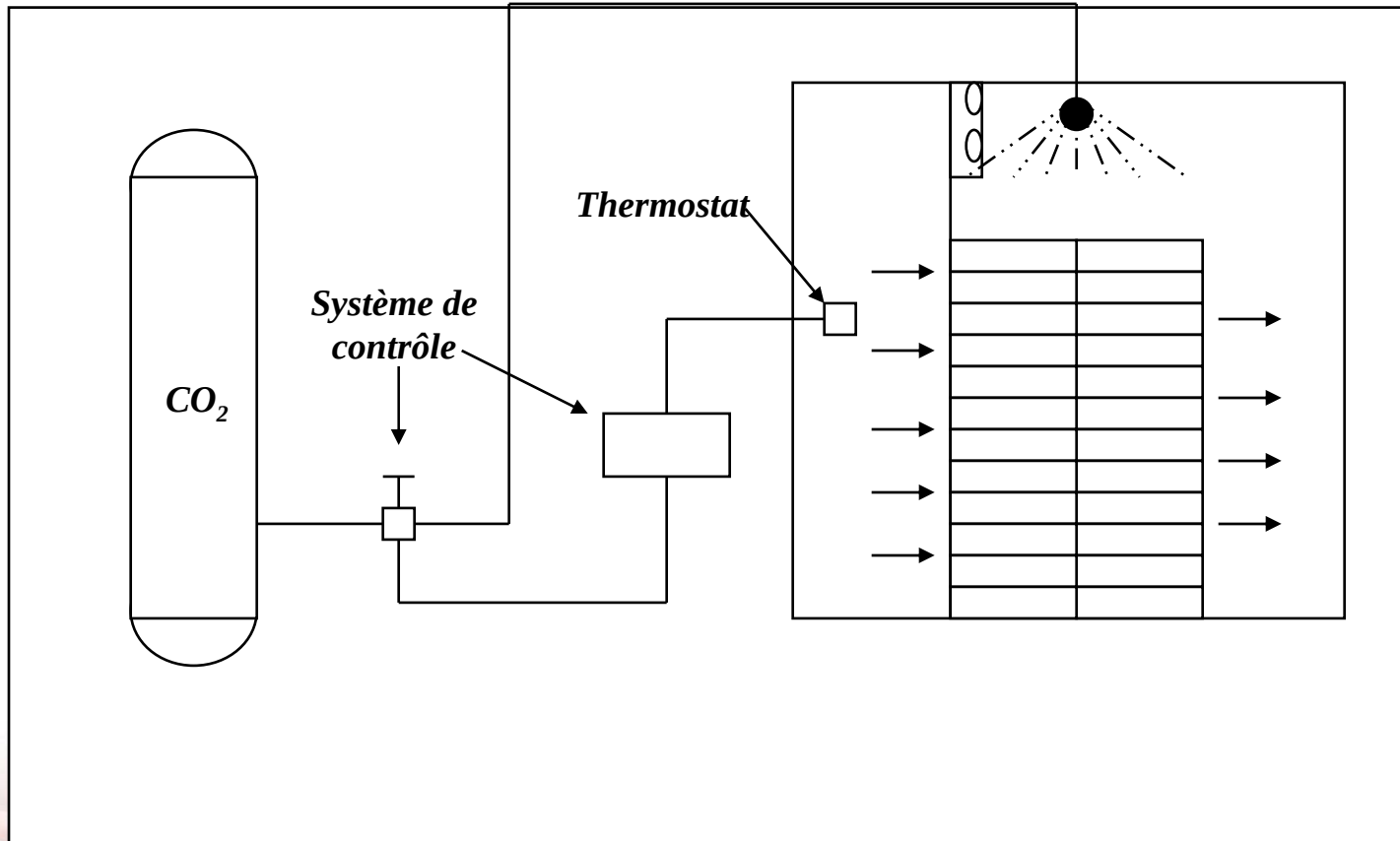


Coût de refroidissement
f (vitesse de l'air) mais cette
vitesse optimale varie aussi
avec le diamètre du produit,
sa porosité globale, ...

La majeure partie de cette
différence est due au fait
qu'on utilise $2 \text{ CFM} / \pi^3$
(1 L/s) de produit quand on
est en vrac, et $4 \text{ CFM} / \pi^3$
(2 L/s) en boîtes. En vrac,
tout l'air doit passer à
travers la masse de produit
alors qu'en boîte peu à
beaucoup d'air le
contourne.



Systeme au gaz liquide



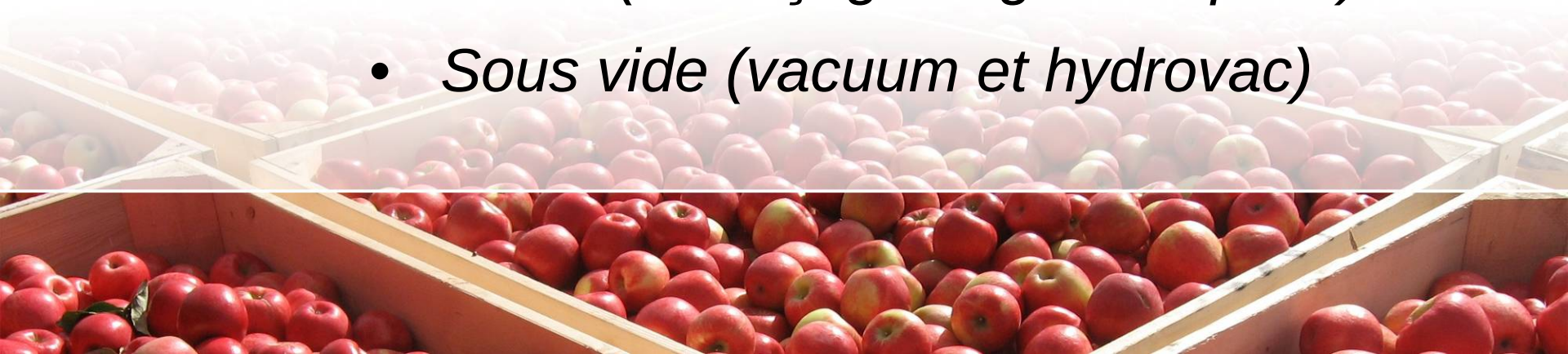
Ce qui limite l'air forcé

- Capacité frigorifique
- Les restrictions à la circulation de l'air
- L'hétérogénéité de la circulation de l'air
- Le sur-traitement d'un produit = assèchement
- Le sous dimensionnement de l'évaporateur = condensation excessive
- Placement des produits
- Mauvaise gestion des systèmes
- Mauvaise gestion du circuit du produit

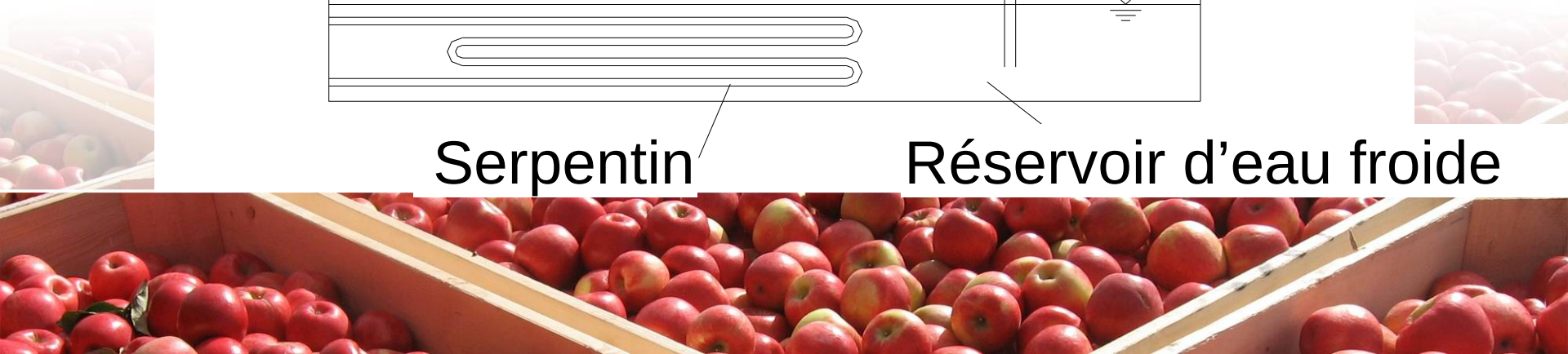
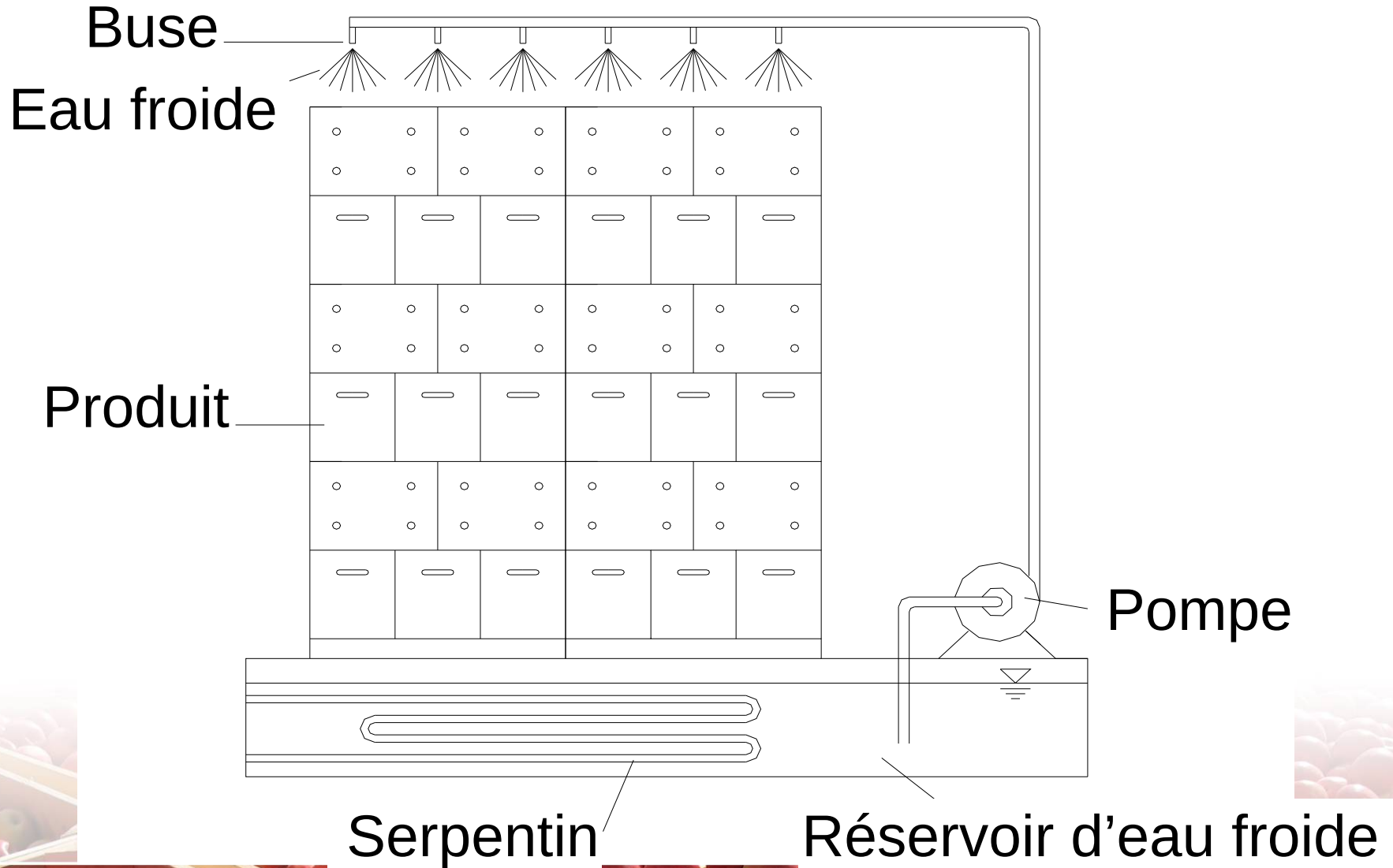


Prérefroidissement

- *Définition*
 - *Taux de refroidissement*
 - *Méthodes*
 - *Air (en chambre, air forcé)*
 - *Eau (hydrocooling)*
 - *Glace (Surfaçage et glace liquide)*
 - *Sous vide (vacuum et hydrovac)*



À l'eau



À l'eau, système commercial



À l'eau, système commercial



À l'eau, système commercial et réserve de froid sous forme de glace

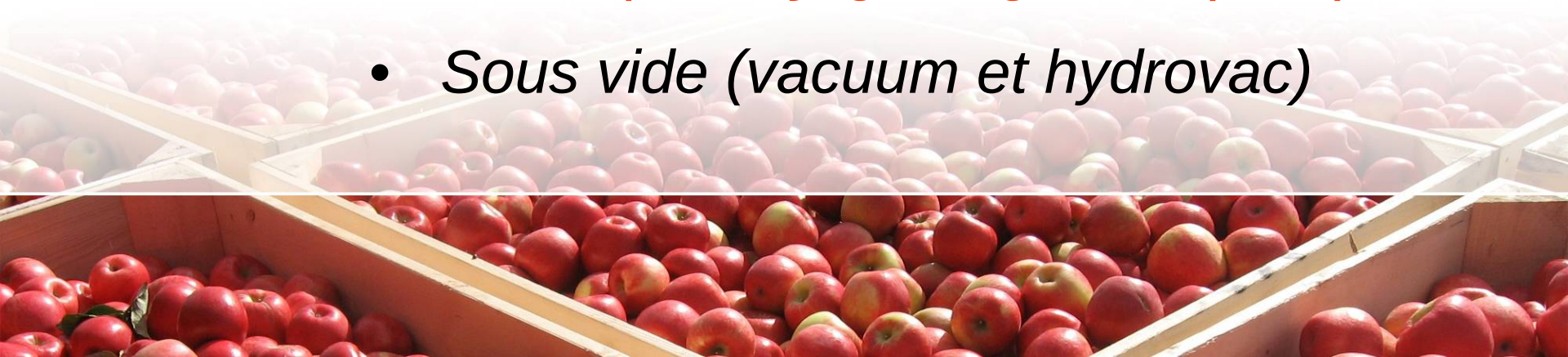


À l'eau, système commercial

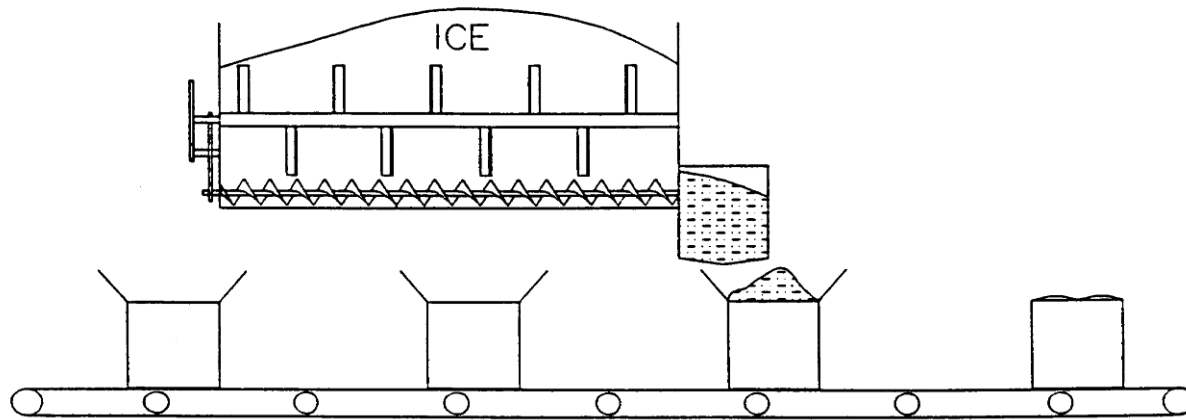


Prérefroidissement

- *Définition*
 - *Taux de refroidissement*
 - *Méthodes*
 - *Air (en chambre, air forcé)*
 - *Eau (hydrocooling)*
 - *Glace (Surfaçage et glace liquide)*
 - *Sous vide (vacuum et hydrovac)*



Glace de surface (petite entreprise)



Glace de surface (petite entreprise)



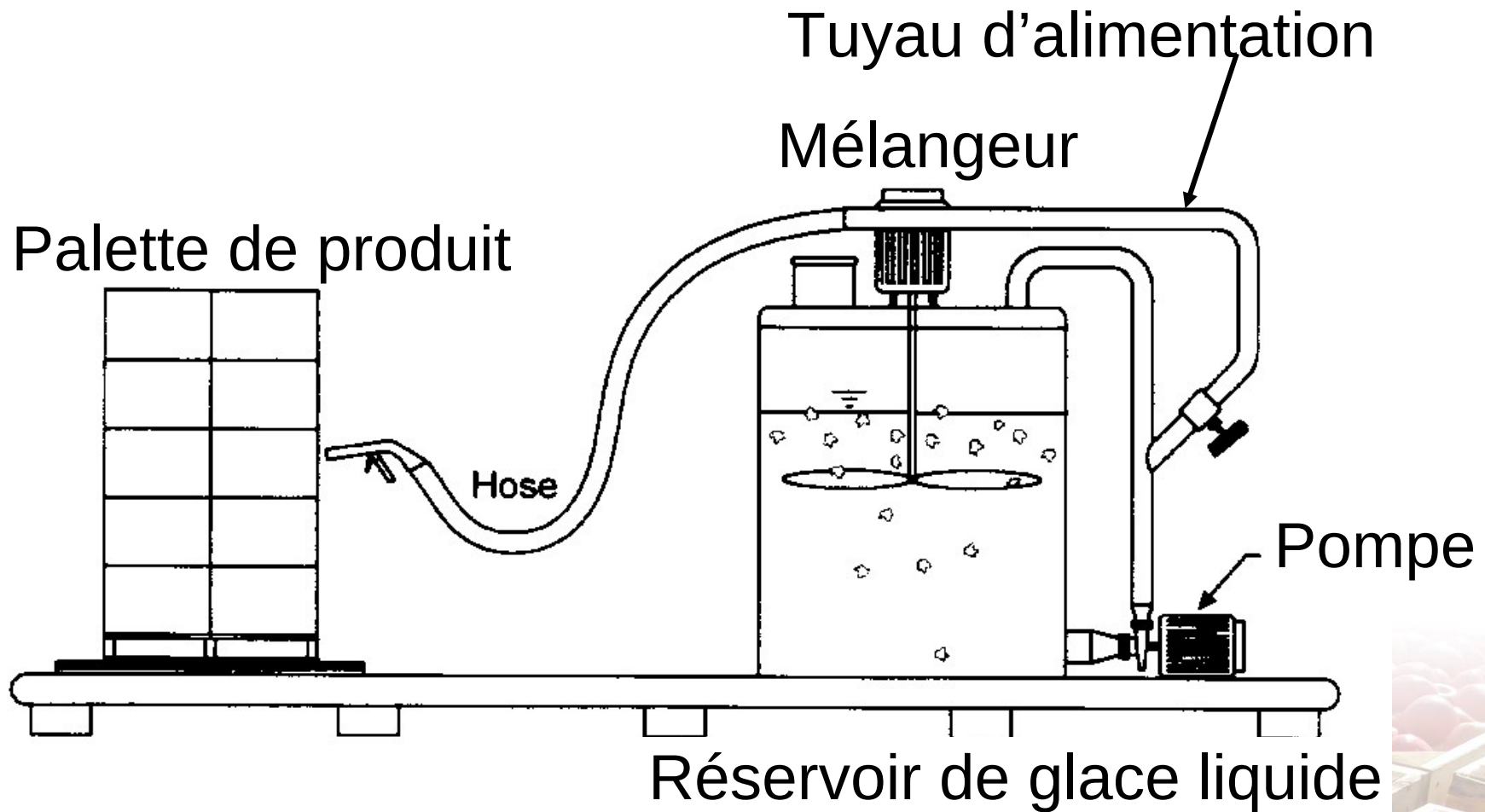
Glace de surface (petite entreprise)



Glace de surface sur des boîtes de bois



Glace liquide (principe de base)



Glace liquide (système commerciale)



Glace liquide (système commerciale)



Glace liquide (système commerciale)



Glace liquide (système commerciale)

3600 boîtes à l'heure

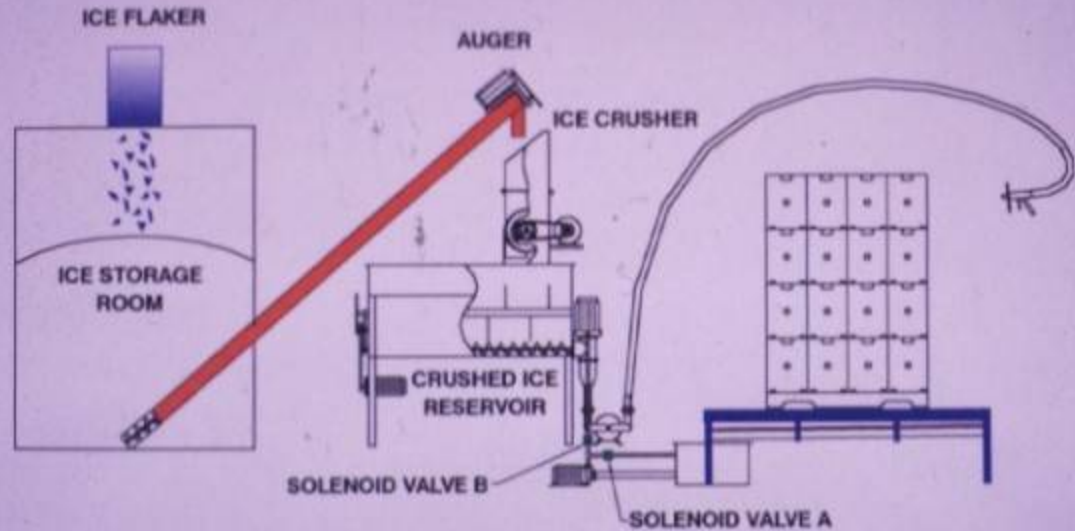




Glace liquide (résultats)



Glace liquide (petite entreprise)



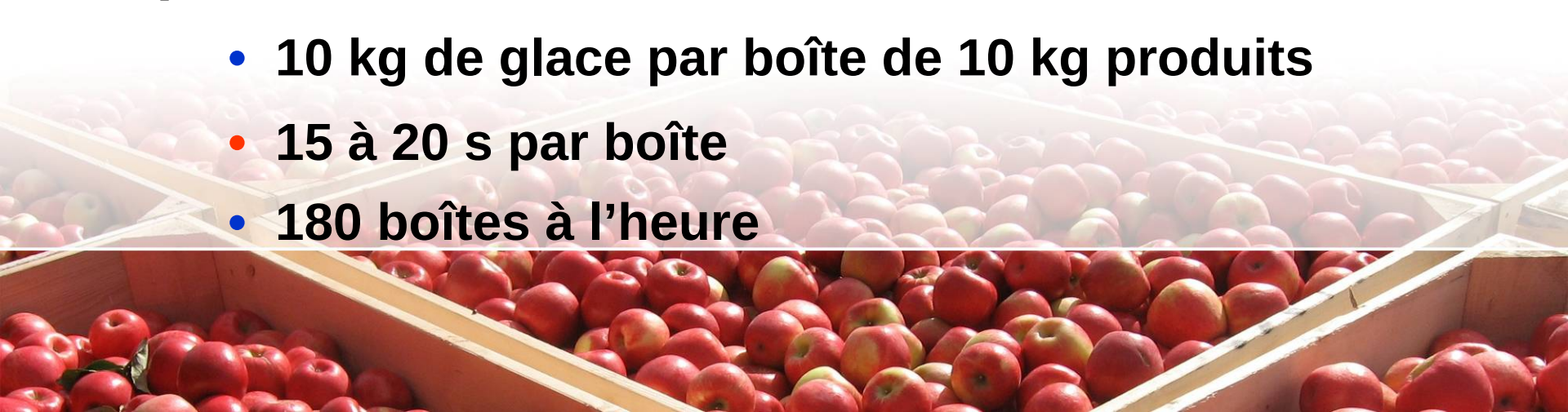
Résultats

Débits

- **Glace**
 - **0.8 kg de glace / s**
- **Taille des particules**
 - **4,7 mm**
- **Débit à la pompe**
 - **3,2 kg de mélange / s**

Capacité

- **10 kg de glace par boîte de 10 kg produits**
- **15 à 20 s par boîte**
- **180 boîtes à l'heure**



Résultats

Puissance requise

- ***2.25 kW pour 180 boîtes / h (nouveau)***
- ***11.25 kW pour 200 boîtes / h (standard)***
- ***80% réduction de puissance requise***

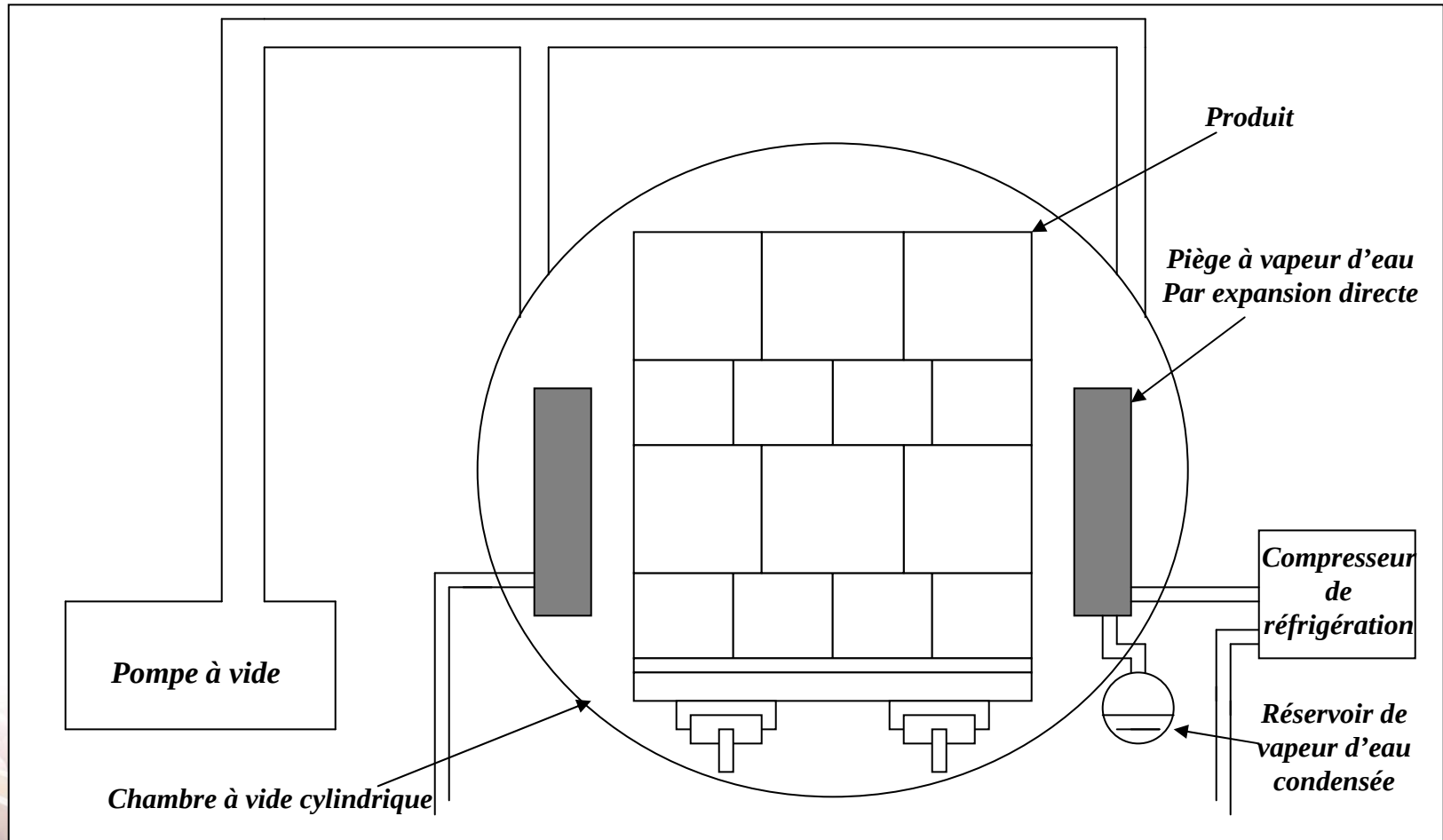


Prérefroidissement

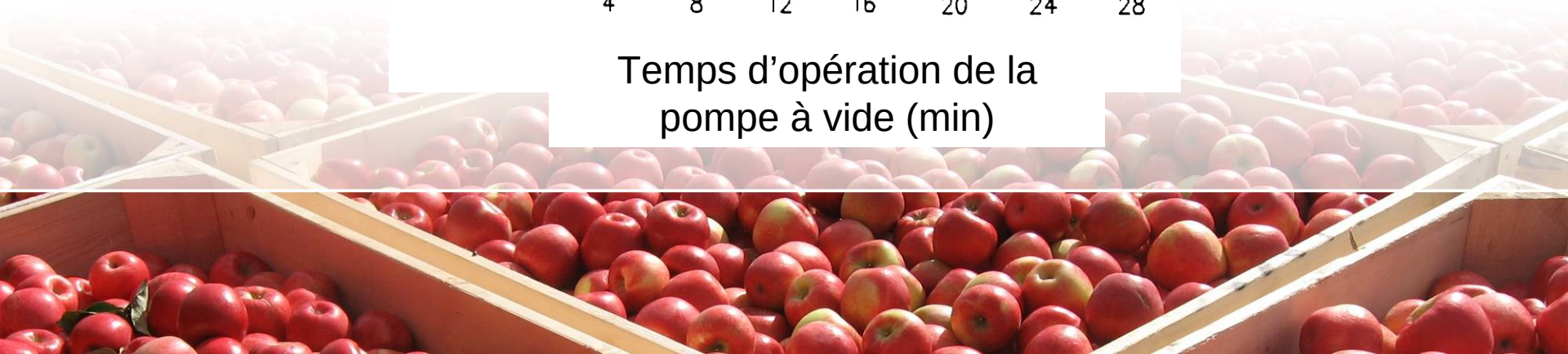
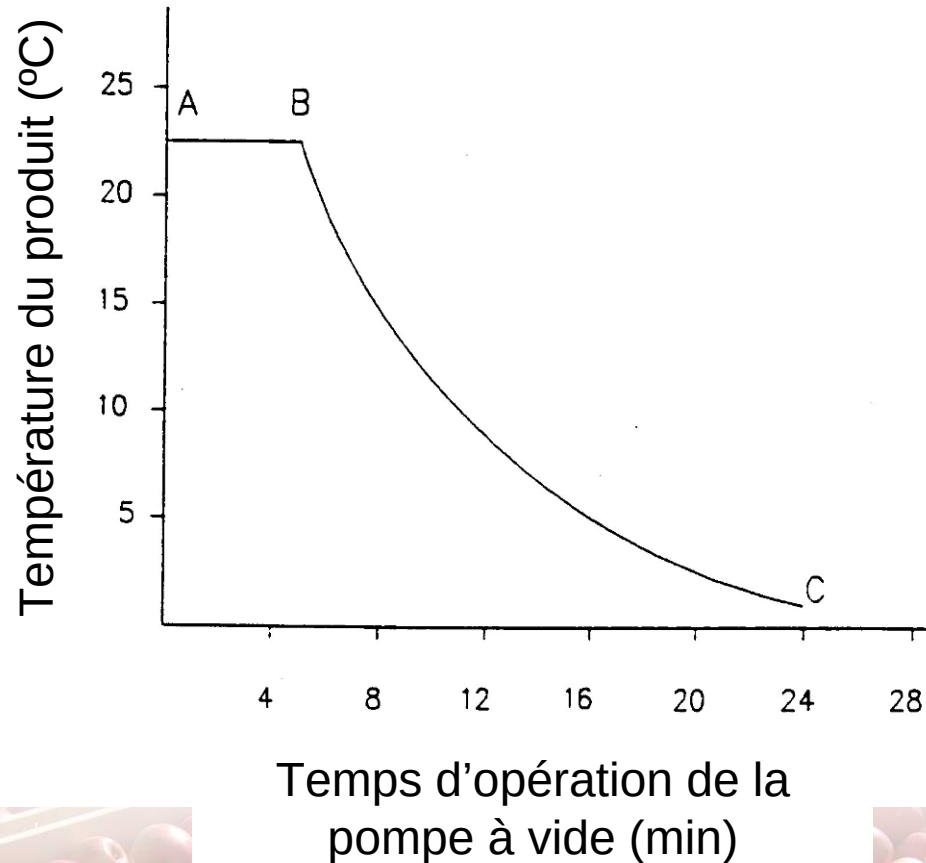
- *Définition*
 - *Taux de refroidissement*
 - *Méthodes*
 - *Air (en chambre, air forcé)*
 - *Eau (hydrocooling)*
 - *Glace (Surfaçage et glace liquide)*
 - *Sous vide (vacuum et hydrovac)*



Systeme sous vide (vacuum)



Température moyenne typique du produit pendant le procédé



Systeme sous vide



Systeme sous vide (commerciale)



Sélection d'une méthode de refroidissement

- *Propriétés du produit(s)*
- *Économie*
- *Taille des produits*
- *Durée de la production (louer ou acheter)*
- *Coûts relatifs des différents systèmes*
- *Efficacité énergétique des systèmes*
- *Disponibilité des systèmes et des sources d'énergie*
- *Formation de groupe de coopération*



Application de ces connaissances en postrécolte des produits horticoles

- *Précaution à la récolte*
- *Emballage*
- *Entreposage*
- *Transport*



Conditions de récolte

- Température élevée à la récolte = ↓ temps avant le refroidissement
- Poste d'emballage ↓ l'effet des conditions climatiques



Mitcham, E. UC Davis



Mitcham, E. UC Davis



Poste d'emballage

Penser à commercialiser les produits de très bonne qualité seulement, les autres ne pouvant se rendre à destination éloignée

Éviter le soleil

Éviter que ça traîne au champ

Trop remplir = problème de compaction

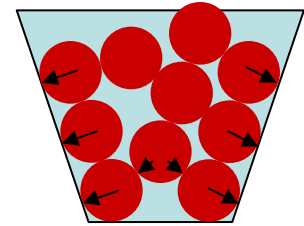


Former des piles solides

Contentants

- ◆ Profondeur des contenants

(3 rangs max)



- ◆ Angle des parois

- ◆ Forme et résistance des cartons (Flat)

- ◆ Ouvertures (forme et position) des cartons et des contenants individuels

- ◆ Ajuster les dimensions des flats et des contenants



Application de ces connaissances en postrécolte des produits horticoles

- *Précaution à la récolte*
- *Emballage*
- *Entreposage*
- *Transport*



Emballage

- *Situation actuel*
- *Problèmes principaux*



Produits qui supportent la charge



Problèmes de structure :

***Mauvais
alignement des
coins***



Mauvaise palettisation de boîtes non-standards et mauvais alignement des coins



*Système de coins renforcis pour aider à régler des problème de **surcharge***



Film plastique stabilisateur raffermi la charge mais empêche la *circulation de l'air* à travers les produits



***Surcharge,
vibration et
humidité peuvent
détruire n'importe
quelle boîte de
carton avec le
temps
(problème de
gestion)***



Stabilité durant le transport ***(Problème de glissement)***



Sur-remplissage est un problème
commun en horticulture ...
un bonne gestion est très importante



***Effet de
l'humidité
(Risque pour
les travailleurs)***



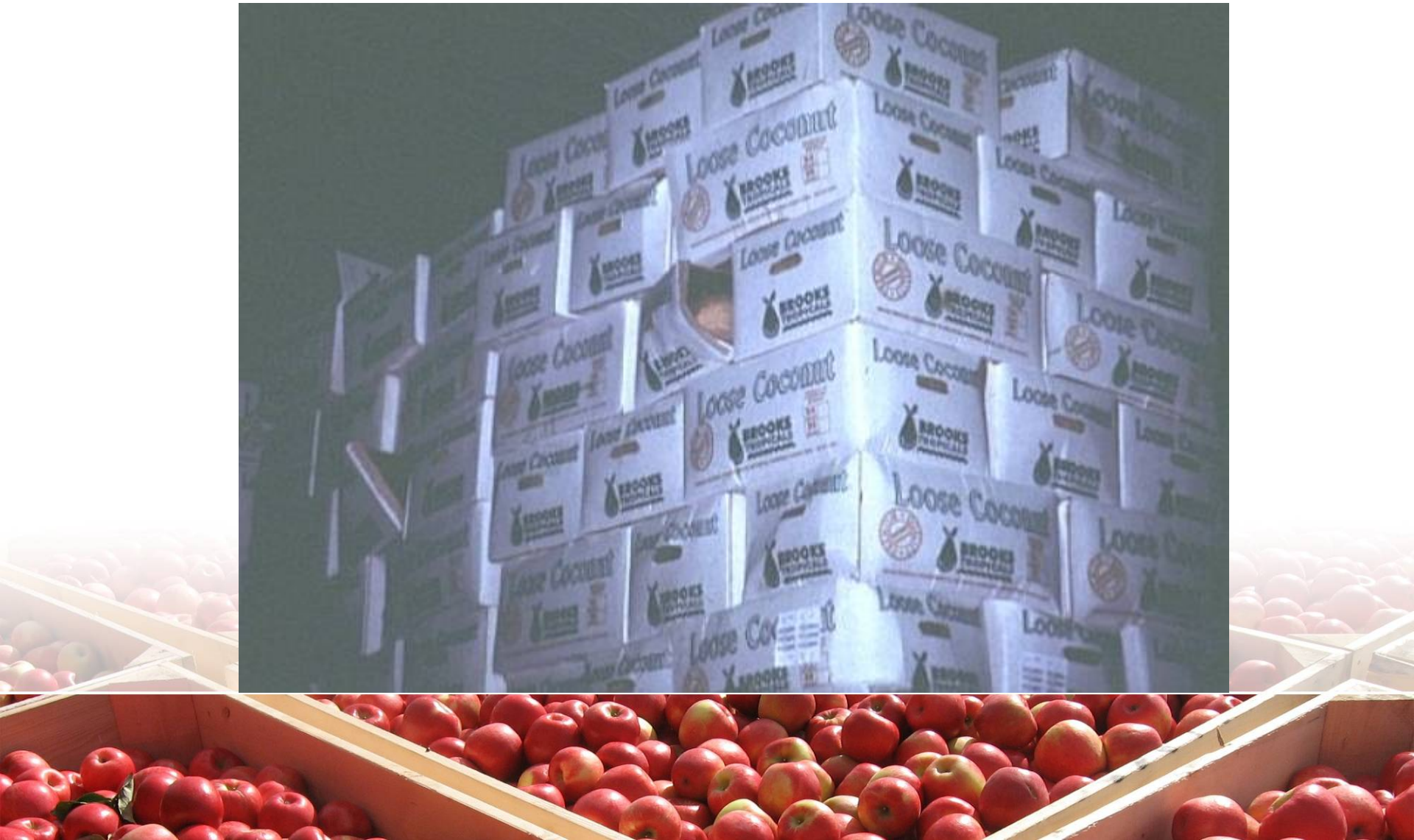
***Mauvais
alignement***

=

***Domages aux
produits et
risques pour la
vie des
travailleurs***



Surcharge, humidité et vibration détruisent les boîtes avec le temps



***Protection individuel est importante
pour les produits fragiles ...***



**et doit être
efficace tout au
long de la
chaîne de froid :
un problème
d'humidité
important peut
annuler son effet
bénéfique**



L'emballage individuel apporte une très bonne protection mécanique mais est dispendieux, et requière temps, espace et matériel



Coupures



Sur-remplissage

***Formation de
condensation***



***Problème
d'écoulement de
jus***



Palette de bois (*très peu de support latéral et de protection*)



***Les boîtes de
bois mal
entretenues
sont un risque
de perte de
qualité pour
les produits
(coupures et
perforations)***



Charges mixées : sources de problèmes avec des contenants non-standard



Épaisseur maximale de fruit



*Mauvaise orientation des
contenants*



***Larges volumes avec peu d'ouverture =
refroidissement très difficiles***



***Hygiène est très
importante lors
de la
réutilisation de
contenants***



Matelassage des produits protège bien si ...



utilisé correctement



Les deux principales considérations

- ***Conservation de la qualité***
- ***Économie***



Solutions

- *Force du matériel utilisé*
- *Standardisation de taille*
- *Méthode d'empilement*
- *Murs verticaux*
- *Méthode de remplissage*
- *Matériel inerte à l'humidité*



Solutions

- ***Taille et distribution des ouvertures***
- ***Perte de pression minimale à travers les parois des contenants***
- ***Matériel stable dans le temps***
- ***Configuration des surfaces internes***
- ***Propriétés du matériel utilisé, technique de lavage et de salubrité***
- ***Louer ou acheter le contenant***



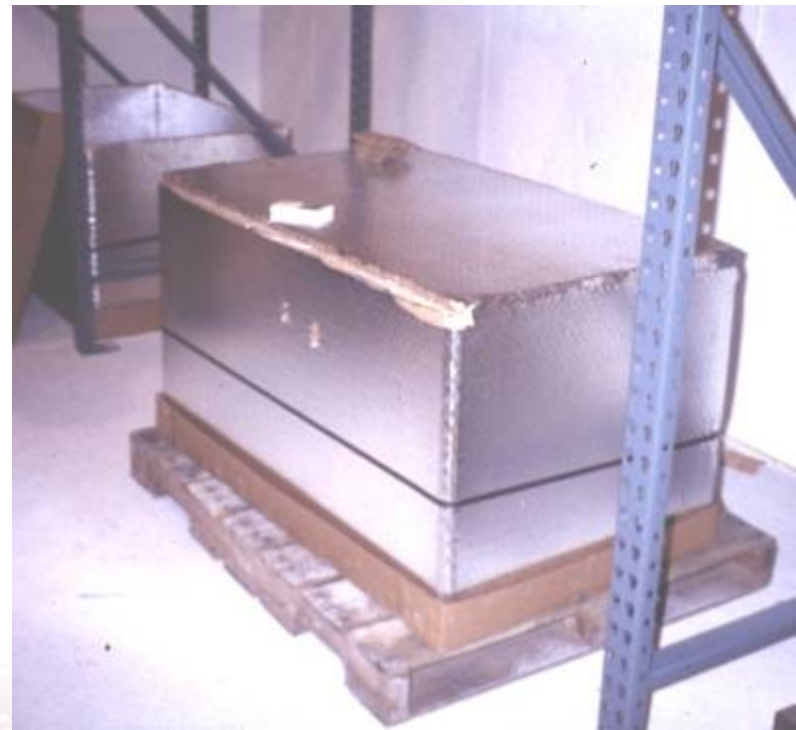
La méthode d'empilement peut apporter une solution



***Uniformité
du produit
aide au
placement***



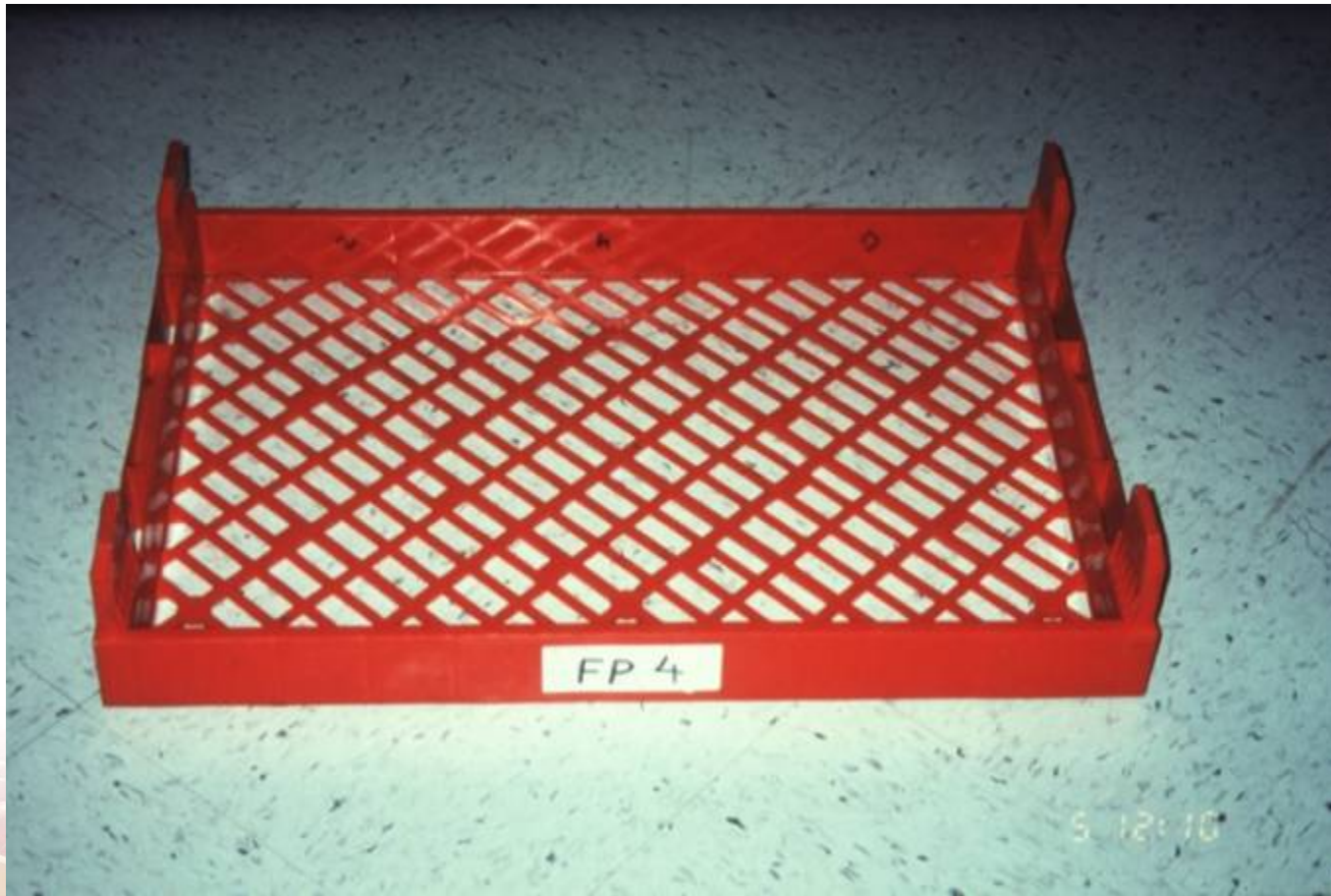
Emballage carton léger pour transport aérien



***Mais ce n'est pas parce que c'est du plastique
que c'est bon: Accumulation éventuelle de
l'eau au fond du contenant
(aucun ouverture au fond)***



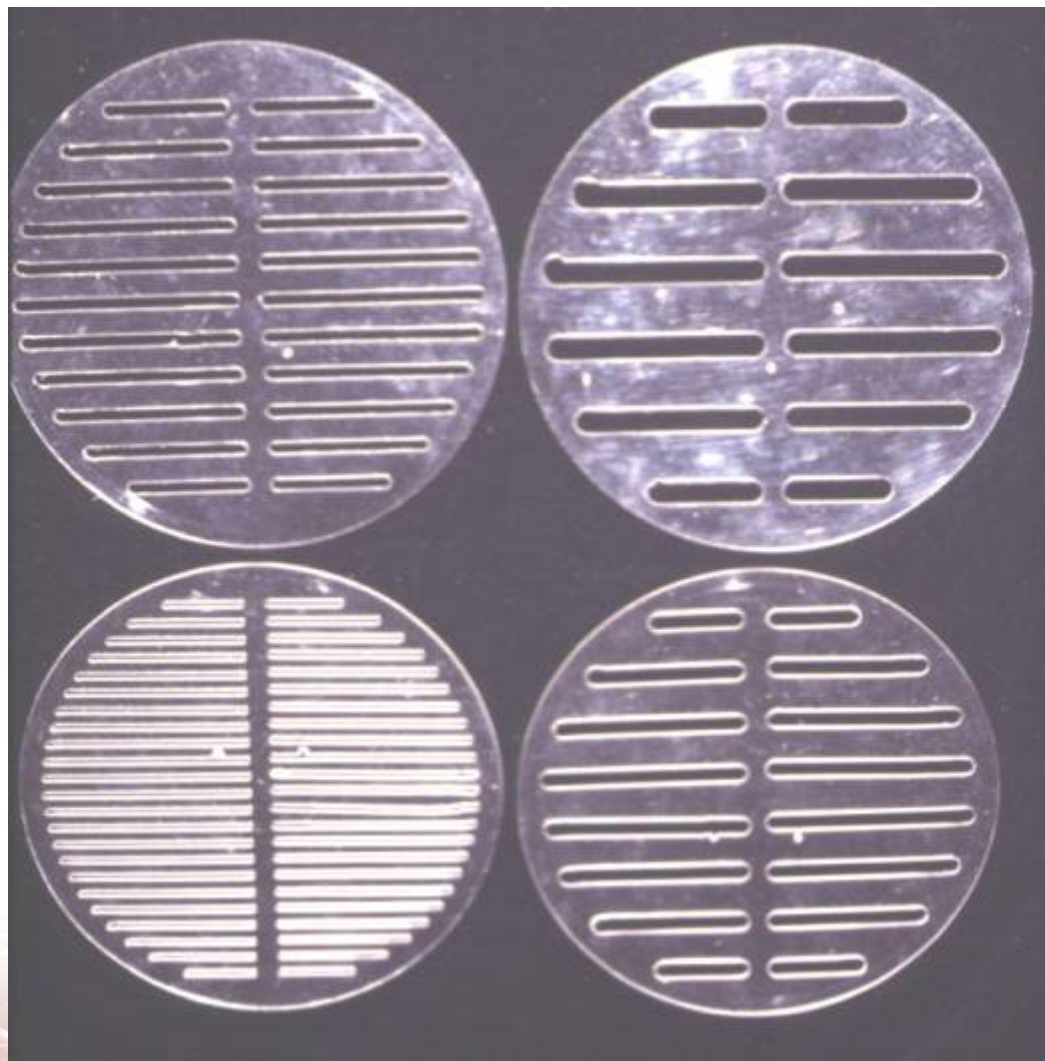
Support insuffisant



***Voyons certains chiffres
importants pour la
conception d'un
contenant***



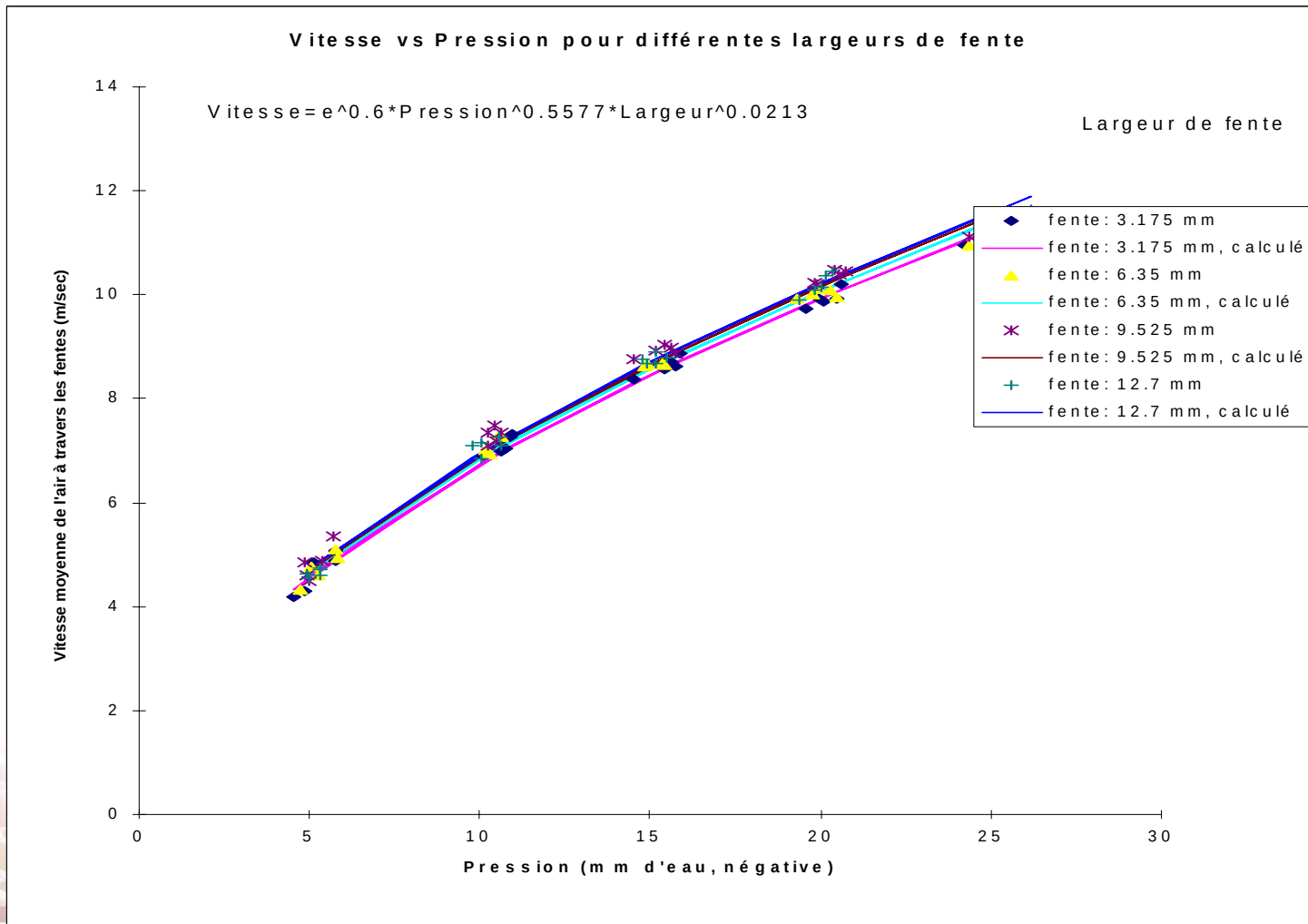
***Développement
d'un nouveau
contenant
(largeur des
ouvertures,
circulation de
l'air et glace
liquide)***



***Développement
d'un nouveau
contenant (perte
de pression d'air à
travers les
ouvertures)***



Vitesse moyenne de l'air f(perte de pression et largeur d'ouverture)



Développement d'un nouveau contenant

Taille des particules vs largeur des ouvertures



Développement d'un nouveau contenant

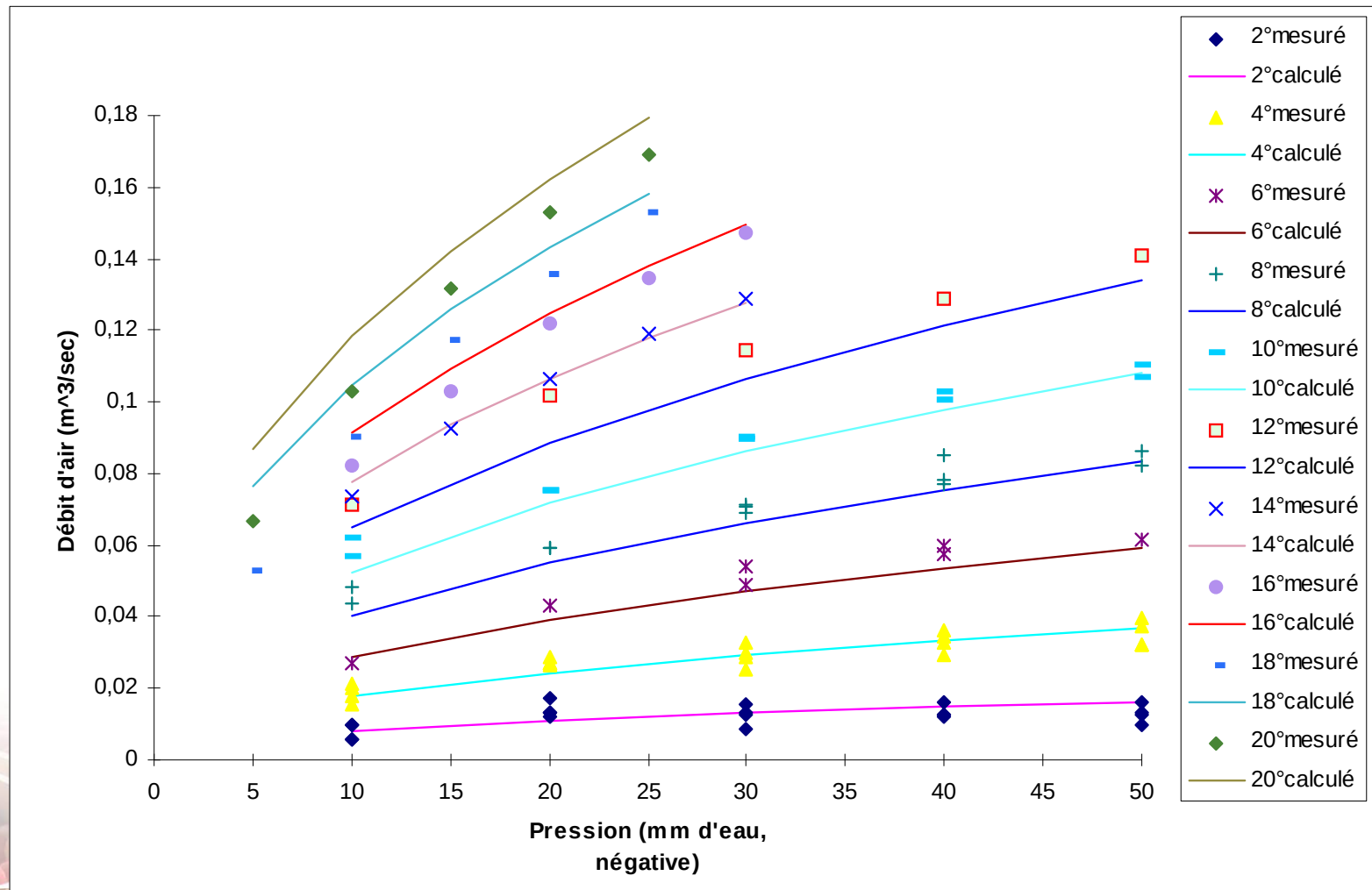
Uniformité de la distribution de la glace



***Développement d'un
nouveau contenant
(murs verticaux)***



Débit d'air en fonction de la forme du canal $f(\text{pression statique})$



$$Q = 812.4 P^{0.45} \cdot \alpha^{1.18}$$

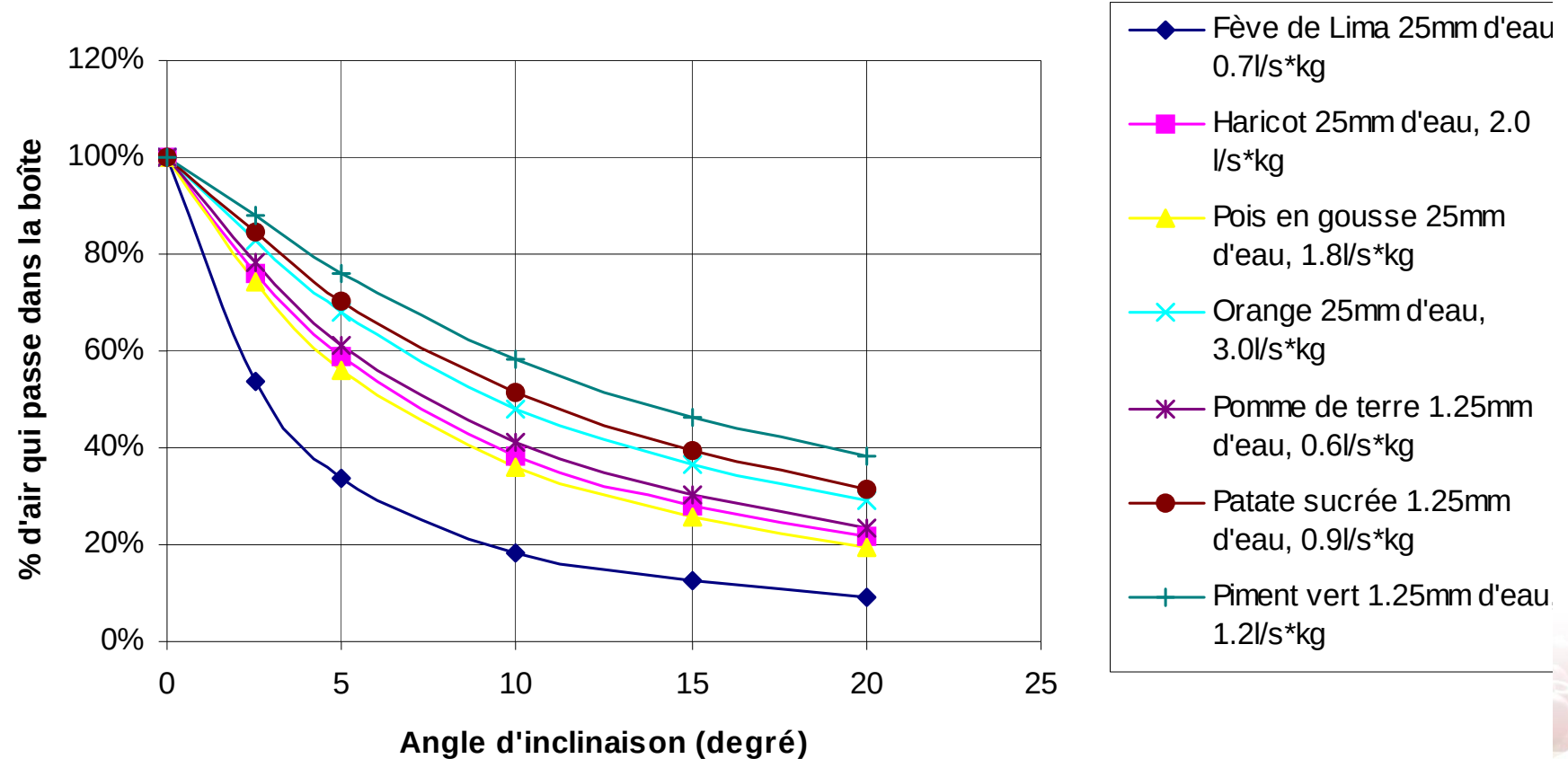
Q = débit d'air, $m^3 \text{ sec}^{-1}$

P = différence de pression dans le canal

α = ouverture de l'angle du canal

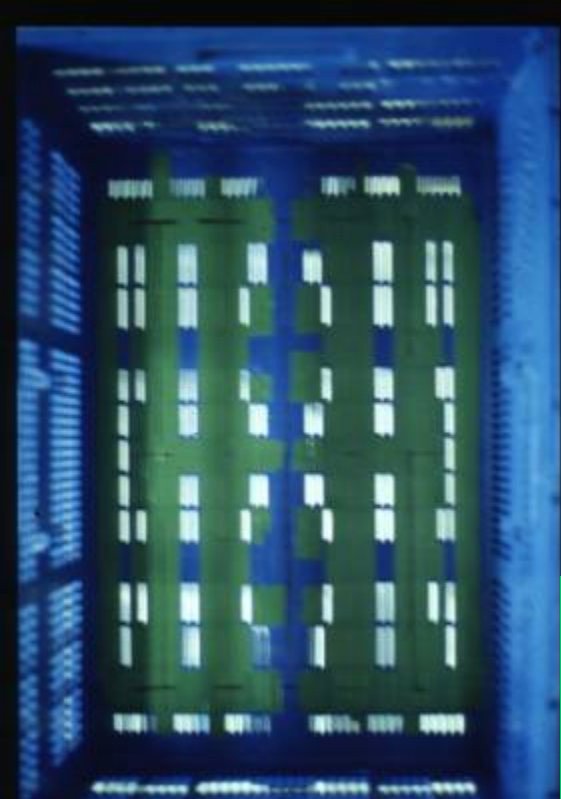


Pourcentage de l'air passant à travers le produit en fonction de l'angle du canal



***Développement
d'un nouveau
contenant
(effet % des
ouvertures sur la
Distribution de
l'eau)***





***Circulation
de l'eau à
travers des
ouvertures***



Développement d'un nouveau contenant (essais commerciaux)

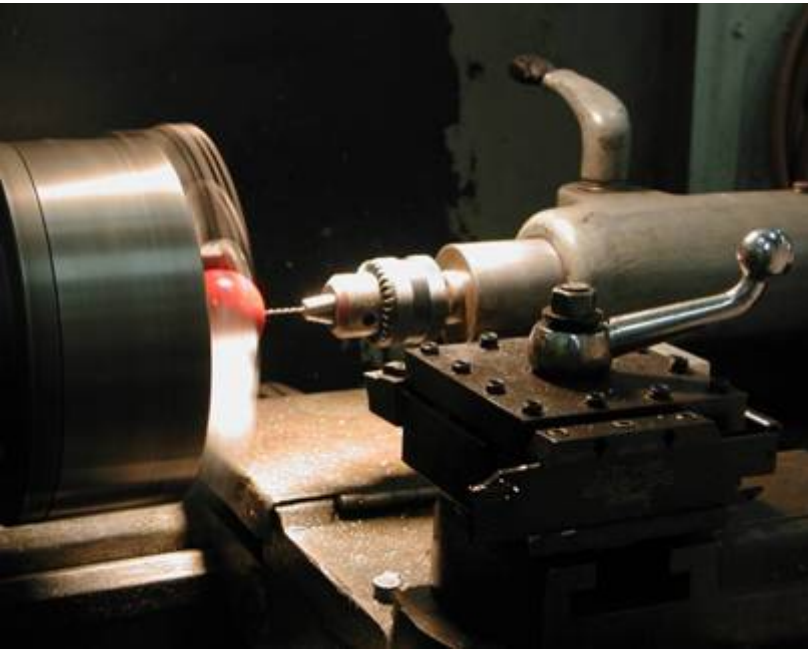
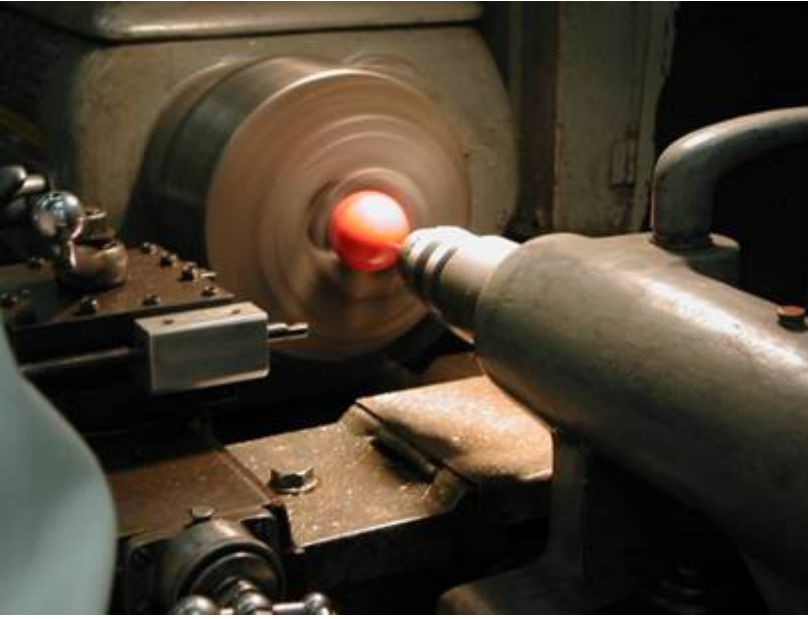


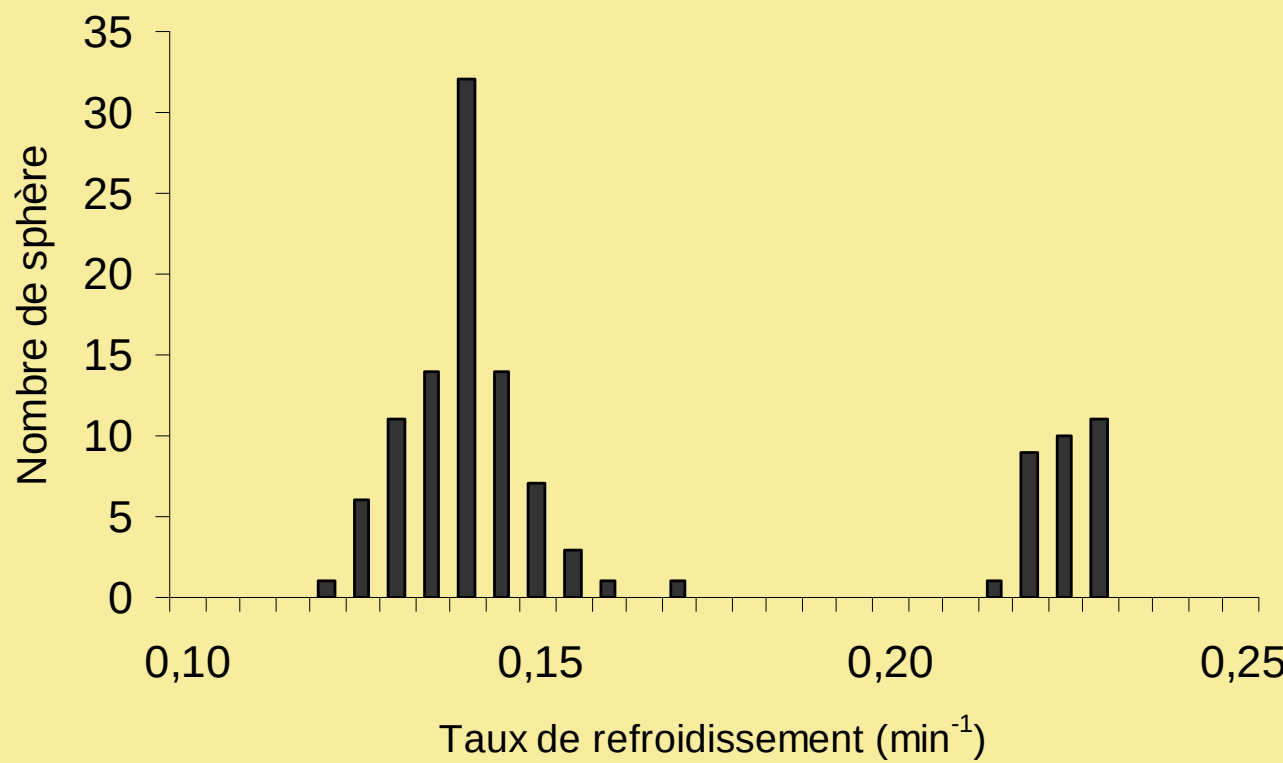
Description du projet pour l'étude d'écoulement de l'air en milieu poreux

- Recherche d'un produit stable et universel
- Choix des composantes et montage
- Étalonnage du système
- Réduction de la variabilité du matériel
- Évaluation de la précision
- Construction d'un système de mesure
- Automatisation et contrôle
- Standardisation de la méthode de mesure

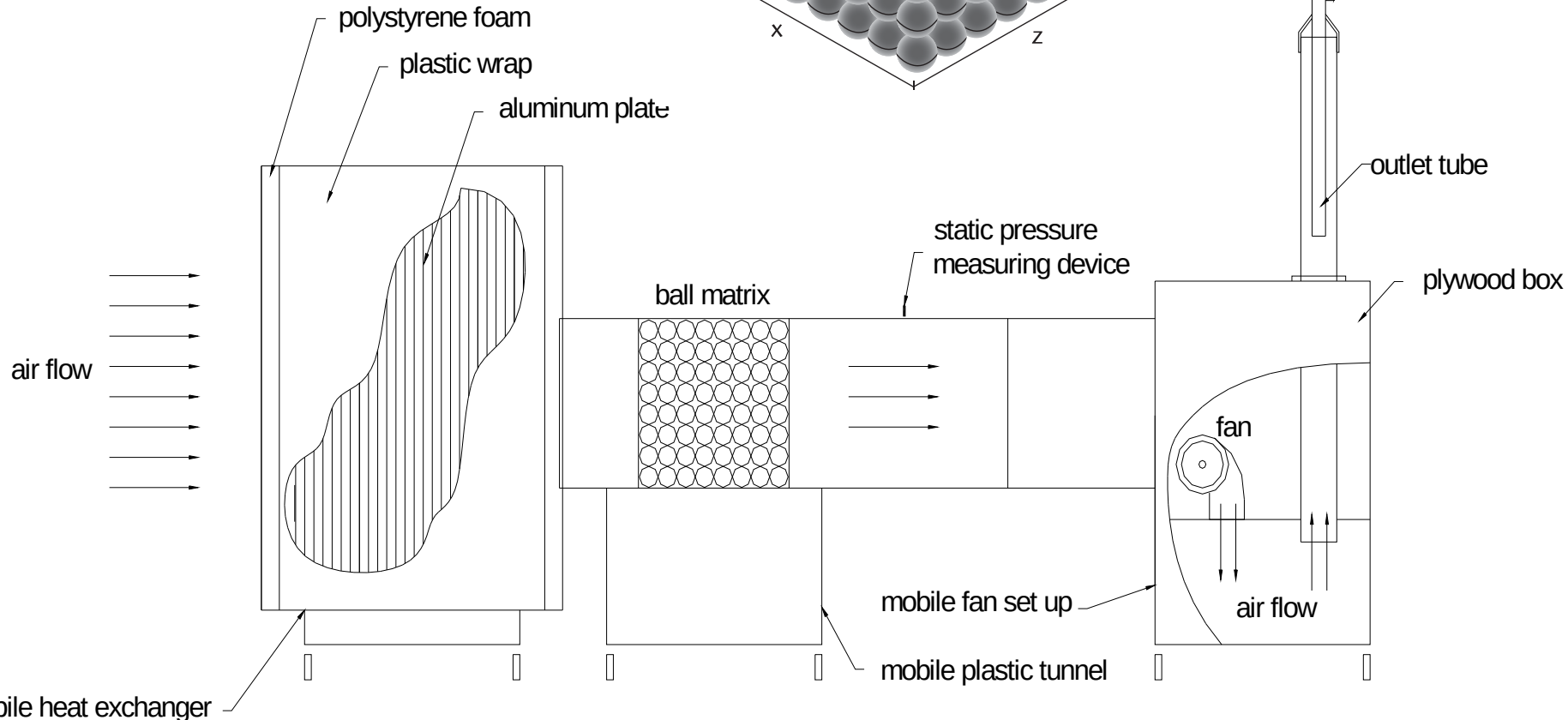
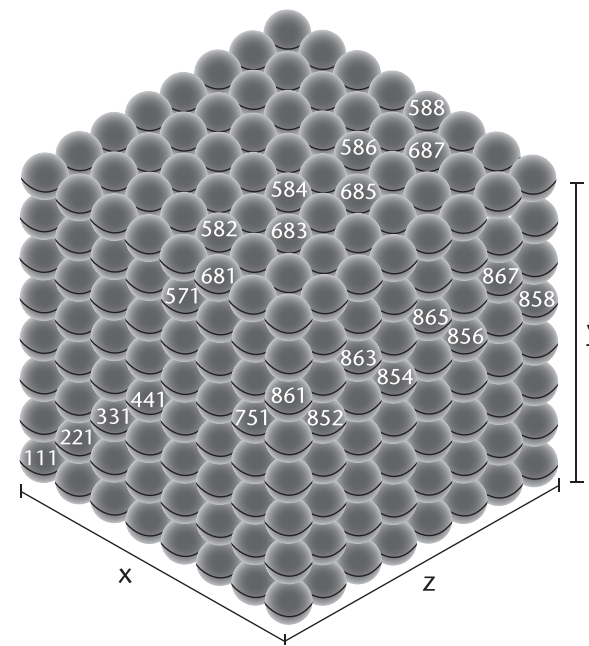


Construction de la sphère





Établir une relation entre le débit d'air et le taux de refroidissement de chaque balle





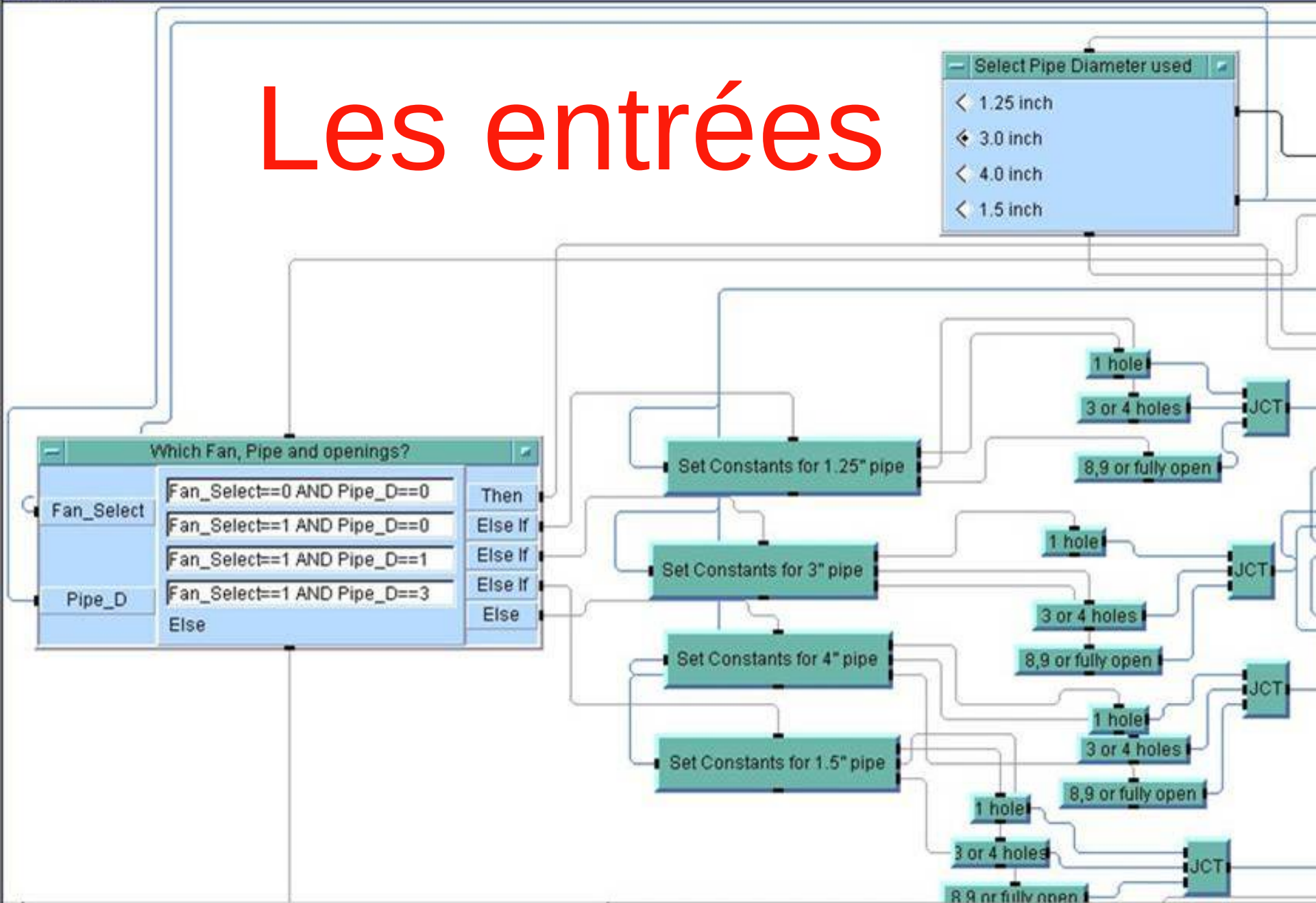
Construction de l'outil

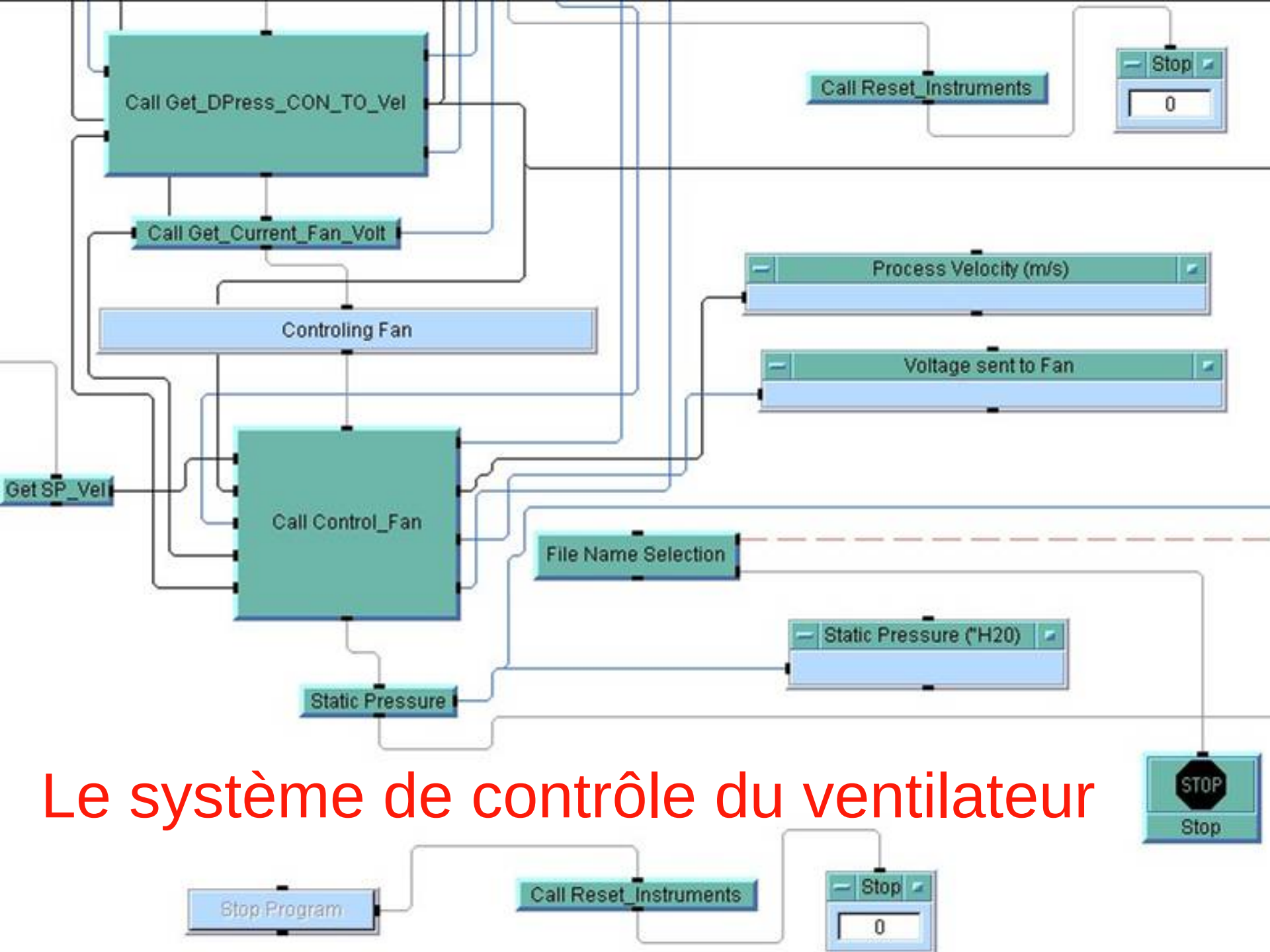


Le système

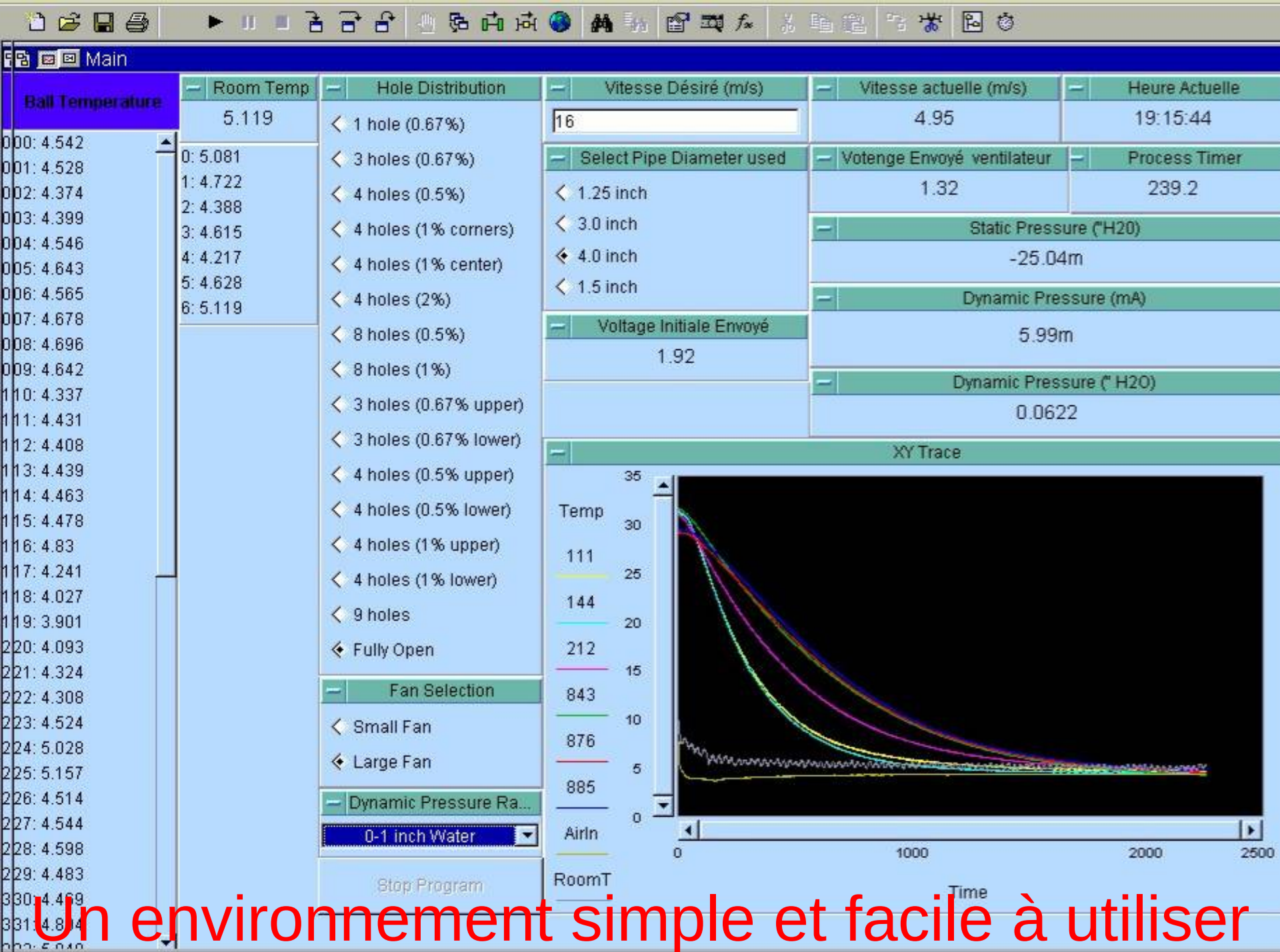


Les entrées

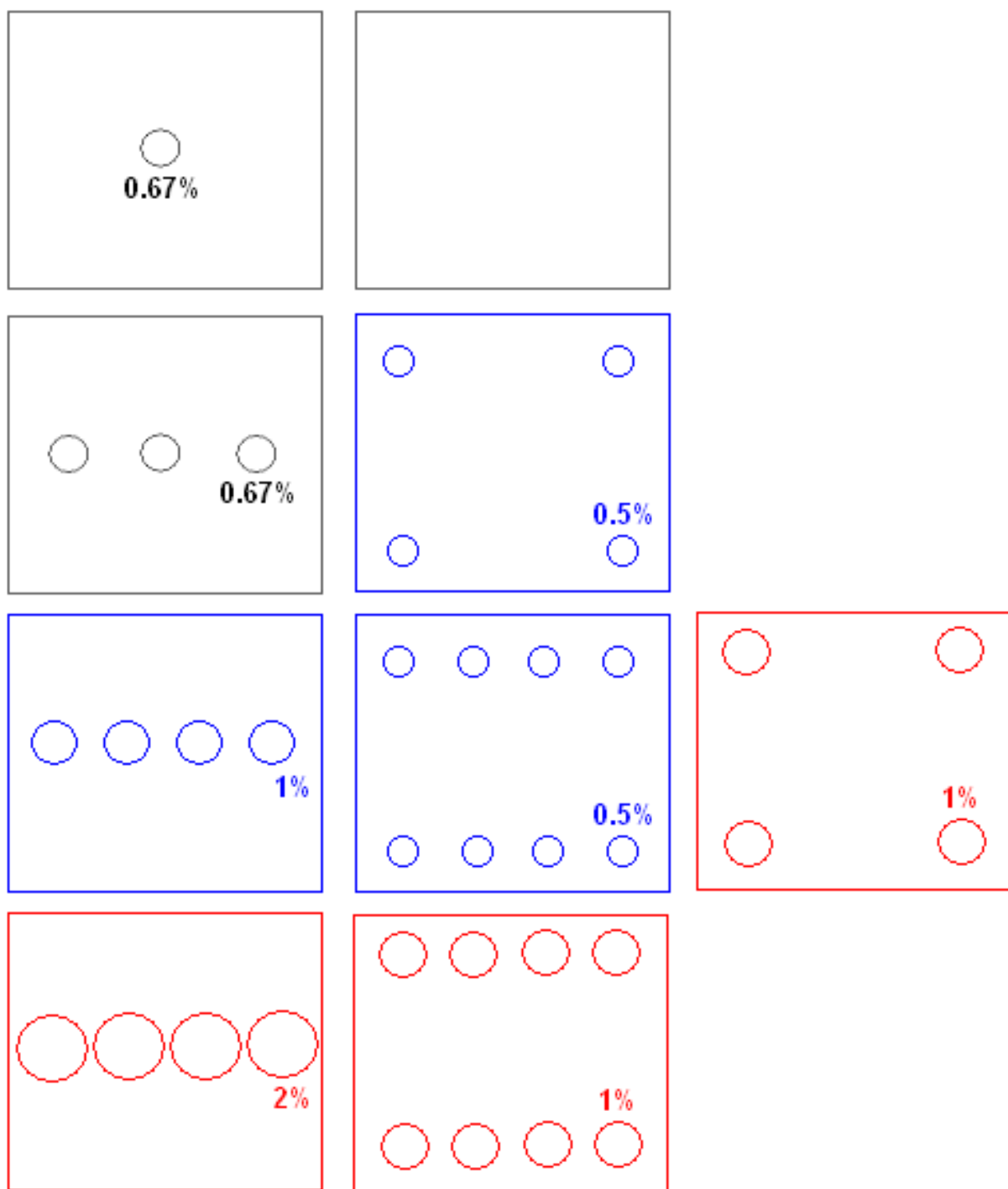




Le système de contrôle du ventilateur



Exemples d'ouvertures évaluées

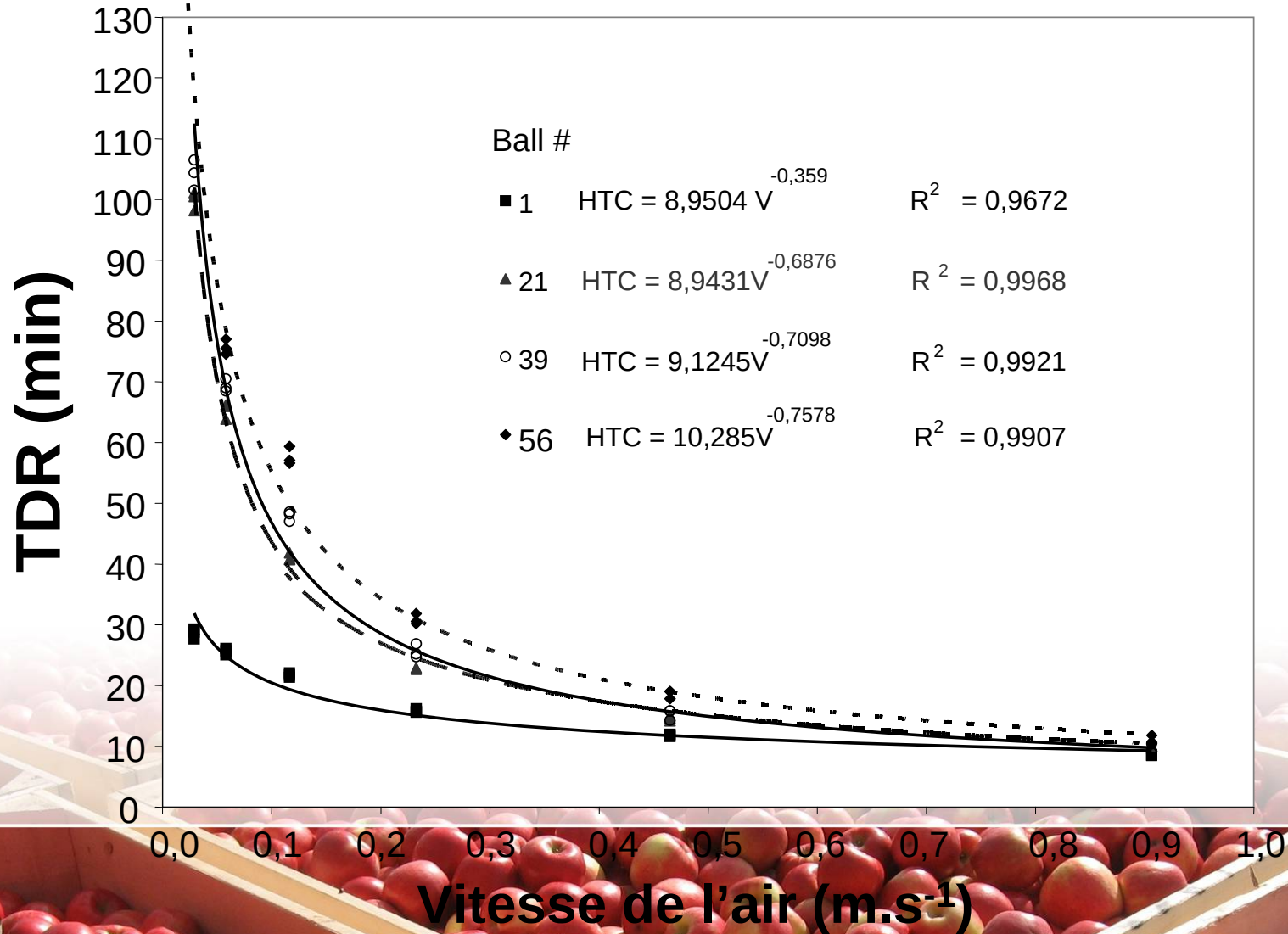


Procédure

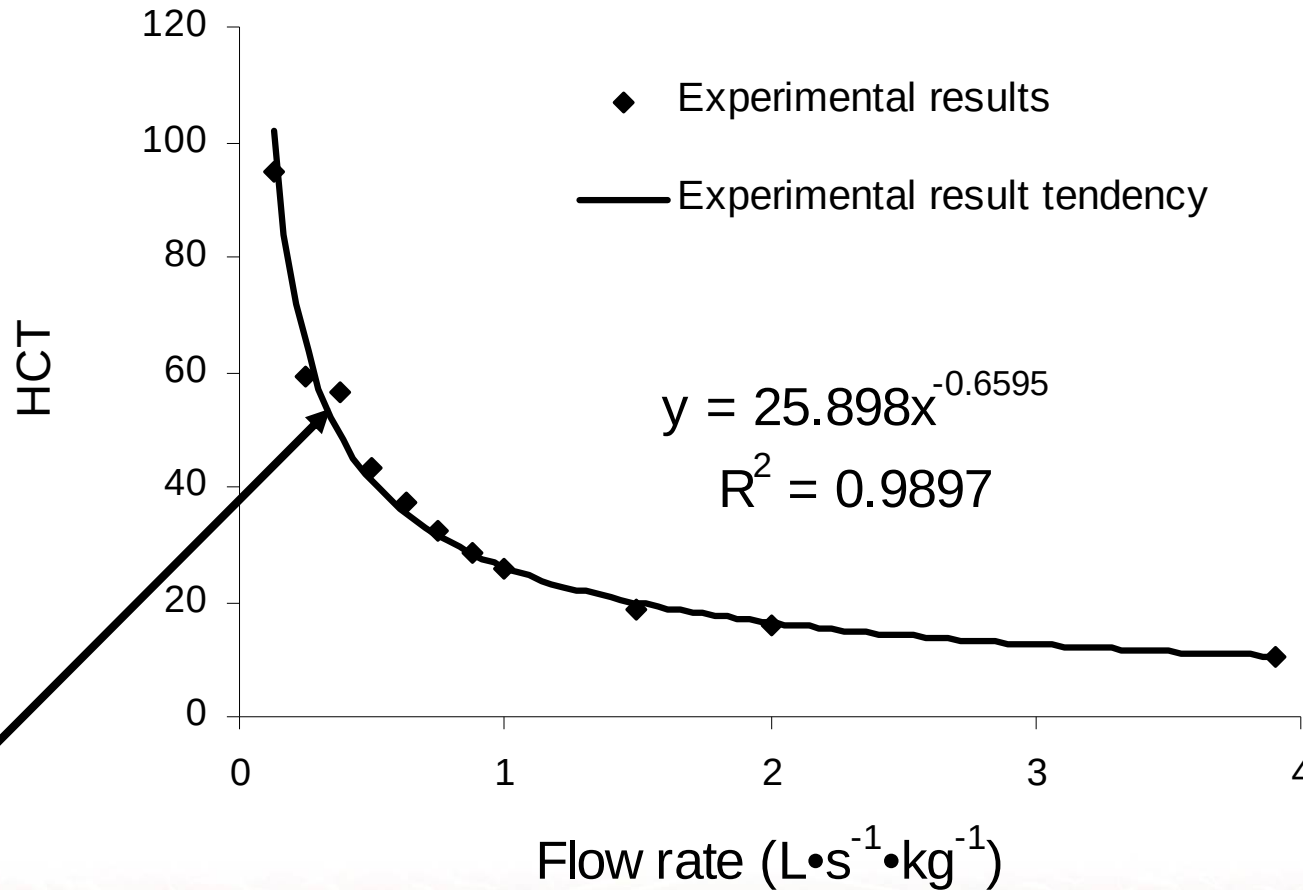
- Réchauffement de la matrice de balles
- Installation des plaques perforées
- Refroidissement de la matrice et prise de données
- Arrêt du système



Temps demi de refroidissement f (Débit d'air pour chaque sphère à sa position dans la matrice)

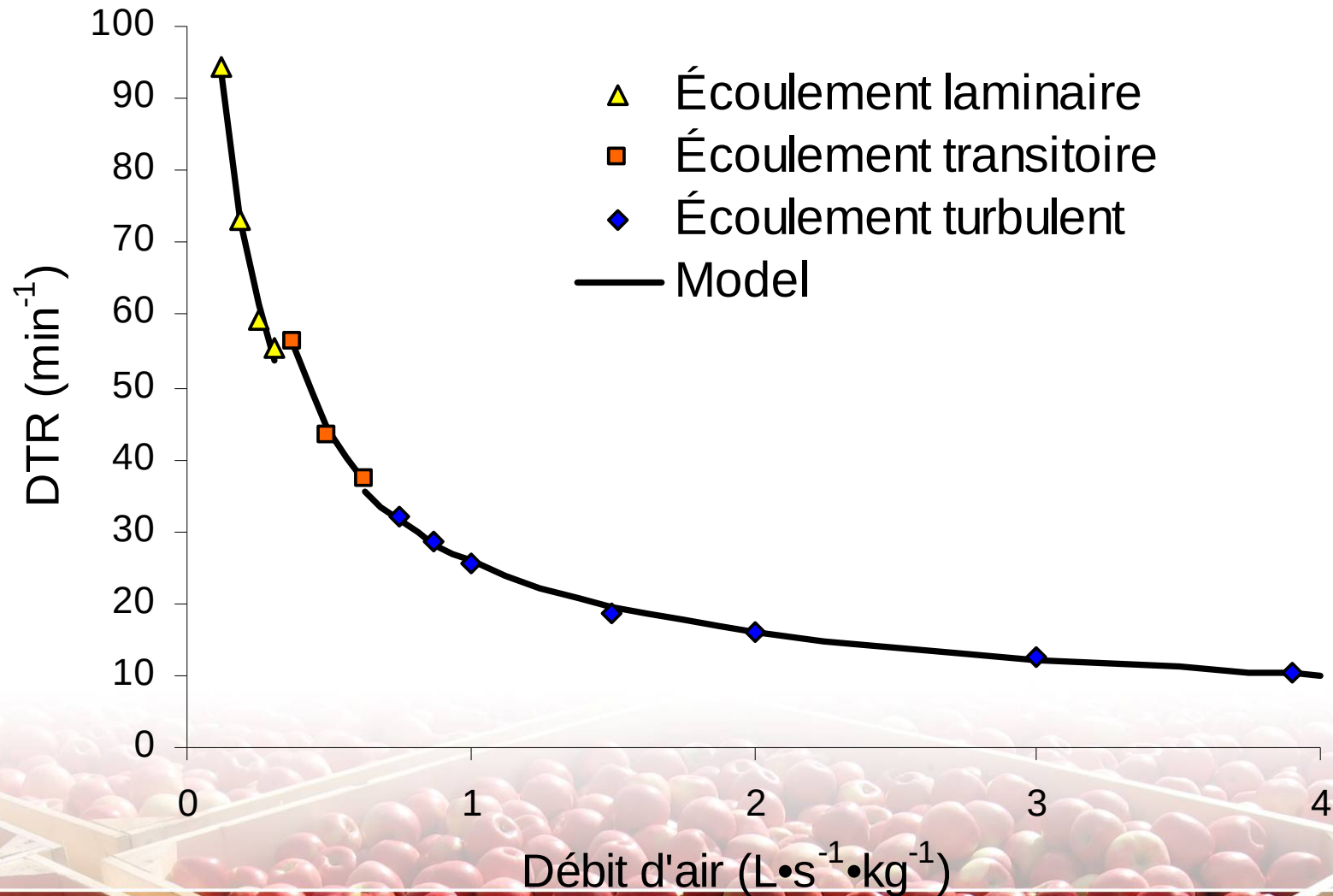


TDR global en fonction du débit d'air



Cette erreur semble petite mais elle produit une erreur de 15%
Elle correspond à la zone transitoire (laminaire - turbulent)

Division du phénomène en 3 parties



Conclusion

- Le TDR peut être utilisé pour mesurer la vitesse de l'air
- L'outil de recherche produit de meilleurs résultats que ce qu'on retrouve dans la littérature.
- L'outil permet d'évaluer les effets des différentes configurations des ouvertures en fonction des débits d'air utilisés.
- Ouverture optimal est de 10% de la surface
- Plus la distribution des ouvertures est uniforme plus le refroidissement est rapide
- Écoulement optimal est turbulent
- La surface total des ouvertures au fond des contenants devrait être de 5%
- 15% d'énergie peut être sauvée si on fait passer les ouvertures de 2% à 10%



**1997 = première
utilisation
commerciale des
boîtes de
plastique (RPC)**

**2010 = 34% des
produits
horticoles nord
américains sont
transigés dans
les RPC**



RPC pour les produits horticoles:

30 millions de contenants en circulation en A.N.

2400 000 t_m de carton de moins dans les sites
d'enfouissement/a en A.N.;

15% de moins de pertes de qualité

Manutention de 34% des P.H. en A.N.

Baisse 15 à 80% des \$ manutention = f (système)

Réduction de 15 % de l'énergie de refroidissement

Ça devient le standard ailleurs: USA, Inde



et presque rien au Québec...
c'est quoi le problème?

Application de ces connaissances en postrécolte des produits horticoles

- *Précaution à la récolte*
- *Emballage*
- *Entreposage*
- *Transport*



Conditions d'entreposage recommandées pour différents fruits (Kader 1985)

<i>Fruit</i>	<i>Température (°C)</i>	<i>Concentration d'O₂ (%)</i>	<i>Concentration de CO₂ (%)</i>
Pomme	0-5	2-3	1-2
Abricot	0-5	2-3	1-2
Avocat	5-13	2-5	3-10
Banane	12-15	2-5	2-5
Mures	0-5	5-10	15-20
Bleuet	0-5	5-10	15-20
Cerise	0-5	3-10	10-12
Canneberge	2-5	1-2	0-5
Figue	0-5	5-10	15-20
Raisin	0-5	2-5	1-3
Pamplemousse	10-15	3-10	5-10
Kiwi	0-5	2	5



Conditions d'entreposage recommandées pour différents fruits (Kader 1985)

<i>Fruit</i>	<i>Température (°C)</i>	<i>O₂ Concentration (%)</i>	<i>CO₂ Concentration (%)</i>
Citron et lime	10-15	5-10	0-10
Mangue	10-15	5	5
Nectarine	0-5	1-2	3-5
Olive	5-10	2-5	5-10
Orange	5-10	5-10	0-5
Papaye	10-15	5	10
Pêche	0-5	1-2	5
Poire	0-5	2-3	0-1
Ananas	10-15	5	10
Prune	0-5	1-2	0-5
Framboise	0-5	5-10	15-20
Fraise	0-5	10	15-20



Conditions d'entreposage et propriétés des produits périssables

Produit	Temp. d'entreposage (°C)	Humidité relative (%)	Vie tablette	Teneur en eau (%)	Temp. de congélation (°C)	Chaleur spécifique (kj/kg. °C)
Asperge	0 à 2	95 à 100	2 à 3 semaines	93	-0.6	3.95
Fève	4 à 7	90 à 95	7 à 10 semaines	89	-0.7	3.82
Brocoli	0	95 à 100	10 à 14 jours	90	-0.6	3.85
Carotte	0	98 à 100	7 à 9 jours	88	-1.4	3.78
Maïs	0	95 à 98	4 à 8 jours	74	-0.6	3.31
Concombre	7 à 13	95	10 à 14 jours	96	-0.5	4.05



Point à respecter pour améliorer les conditions d'entreposage des produits horticoles

- Maintenir les température de l'entrepôts avec une précision de $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Se maintenir le plus près de la température limite du produit (sans entrer dans la zone de maladie du froid ou de congélation)
- Utiliser des évaporateurs de grande surface pour y diminuer les écarts de températures et maintenir un HR élevé.



Points à respecter pour améliorer les conditions d'entreposage des produits horticoles

- Garder un large espace libre autour de l'évaporateur (mélange de l'air froid et sec avant d'entrer en contact avec les produits)
- Utiliser 45 à 52 L $\text{tonne}^{-1} \text{s}^{-1}$ (85 à 100 CFM tonne^{-1}) de produit (charge maximale) pour pouvoir refroidir les produits.
- Réduire le débit entre 10 et 20 L $\text{tonne}^{-1} \text{s}^{-1}$ (20 à 40 CFM tonne^{-1}) lorsque les produits sont froids à l'aide de moteur à variable



Points à respecter pour améliorer les conditions d'entreposage des produits horticoles

- Former des rangées de palettes parallèles à l'écoulement de l'air dans l'entrepôt
- Distancer les rangées de palettes (10-15 cm)
- Garder une distance libre le long des murs (10-15 cm)
- De grands espaces vides nuisent à l'uniformité de la distribution de l'air
- Ne laisser pas les ventilateurs fonctionner inutilement
- Placer les thermostats à 1,3 m du sol, loin des murs, des sources de chaleur et de froid



Points à respecter pour améliorer les conditions d'entreposage des produits horticoles

- Contrôler l'humidité en fonction des produits
- Plus de 95% HR = endommagement certains produits
- Certains produits demandent de basse humidité (oignon 65-75%)
- Trop bas provoque des pertes d'eau
- Les évaporateurs ne devraient pas réduire la température de plus de 3°C
- Attention les systèmes d'humidification augmentent le besoin en dégivrage et la condensation)



Accès direct entre la chambre froide à l'extérieur



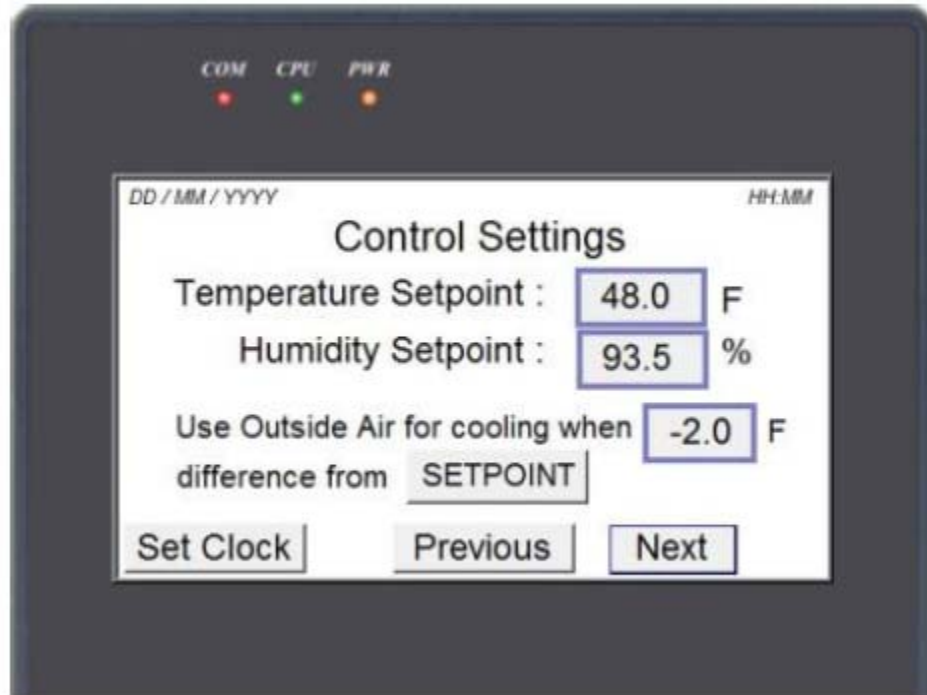
*Porte à jet ou à rideau
pour décroître l'entrée
d'air chaud*



Entretien périodique



Un système de contrôle adéquat



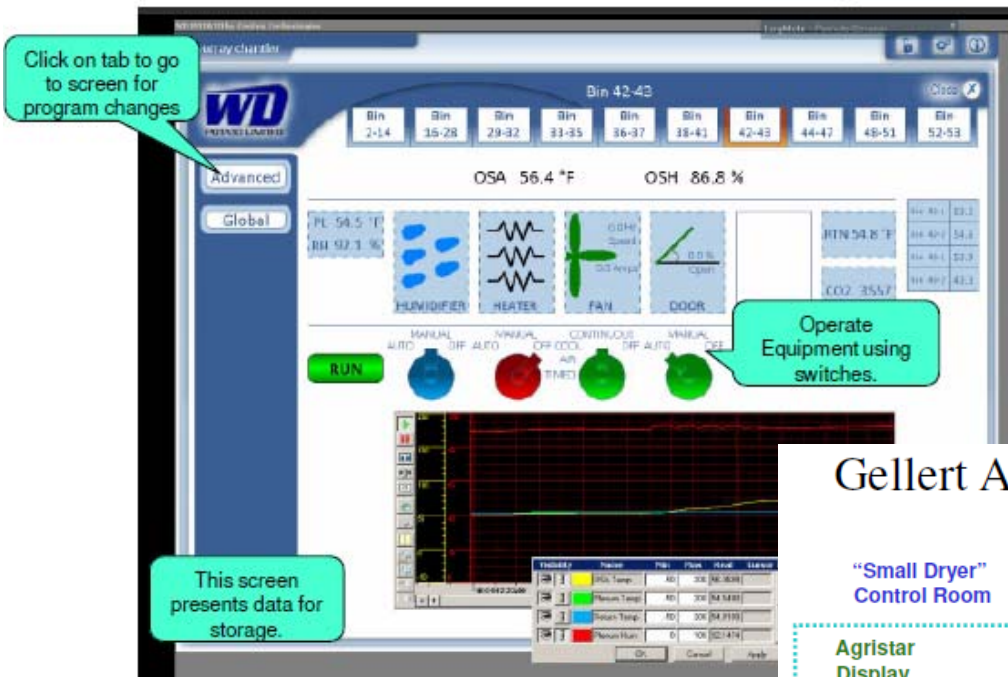
DAYSON AGRICULTURAL VENTILATION LTD.

10520 Yonge Street, Unit 35B, Suite 240, Richmond Hill, Ontario L4C 3C7

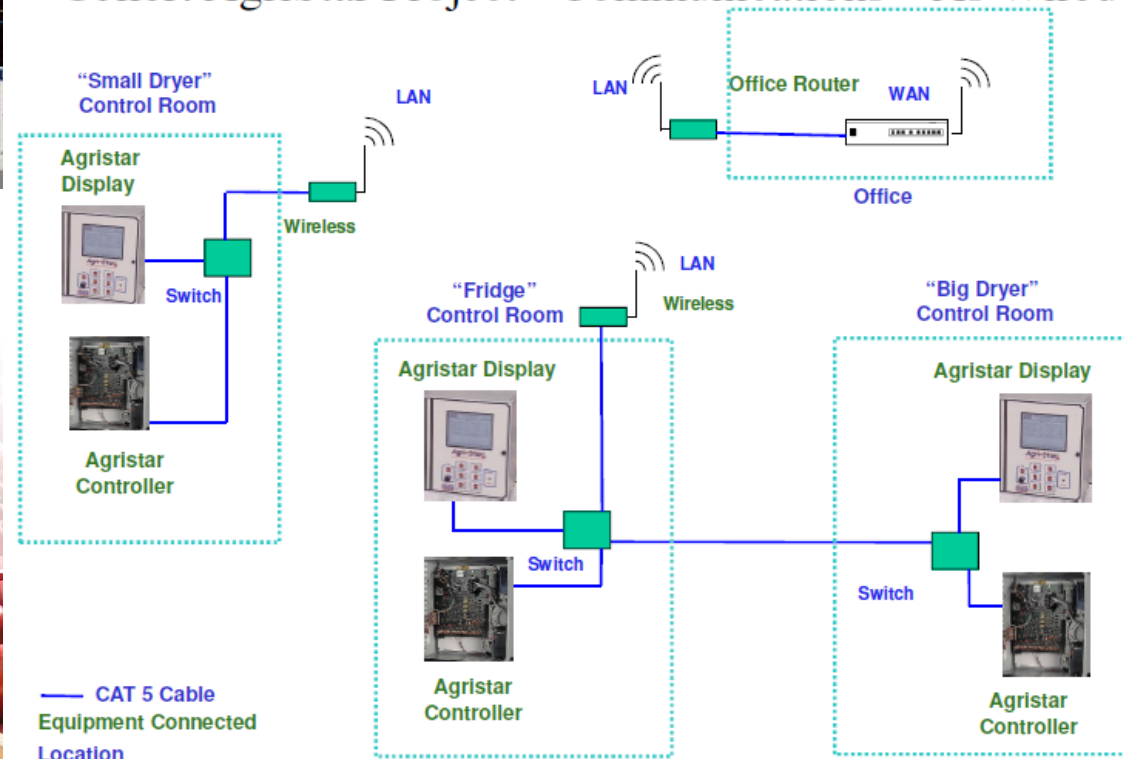
(905) 770-6662

Fax:(905) 770-3383

Capacité de contrôle à distance



Gellert AgriStar Project - Communications – As Wired



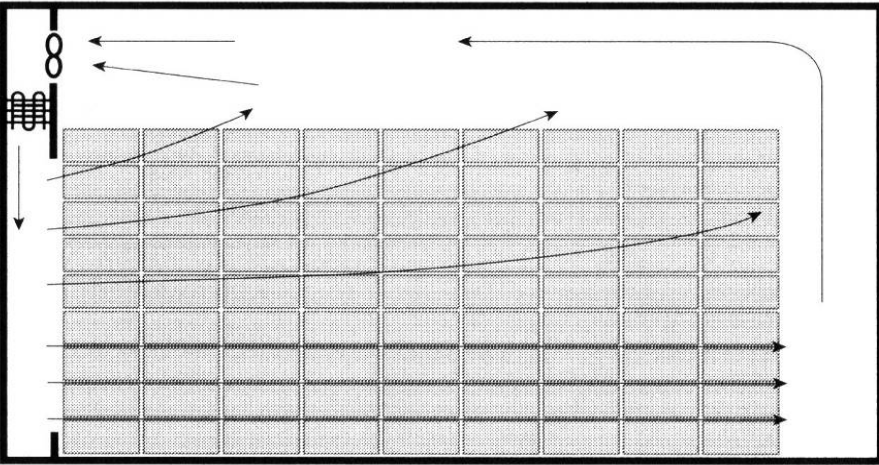
***L'hygiène, c'est
important***



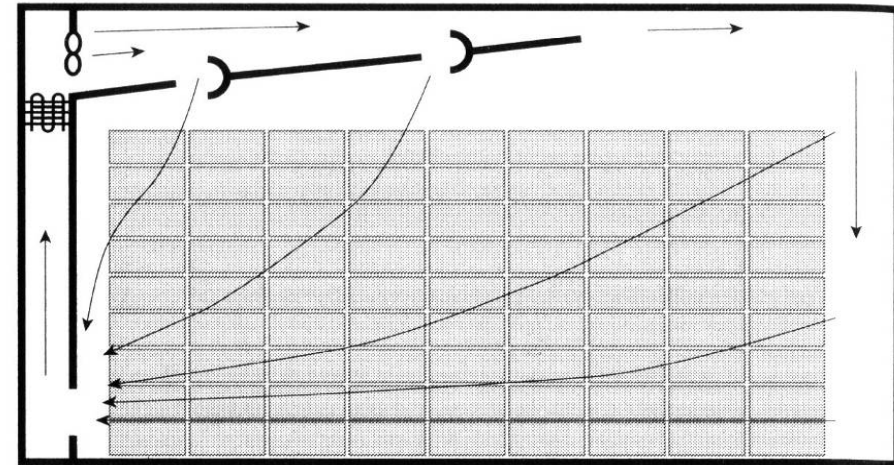
***L'humidité et les
débris organiques
(feuilles, sol...)
forment une soupe
parfaite pour la
croissance des
microorganismes
augmentant la
contamination des
produits et les
risques de
blessures pour les
travailleurs***



Circulation de l'air entre les palettes

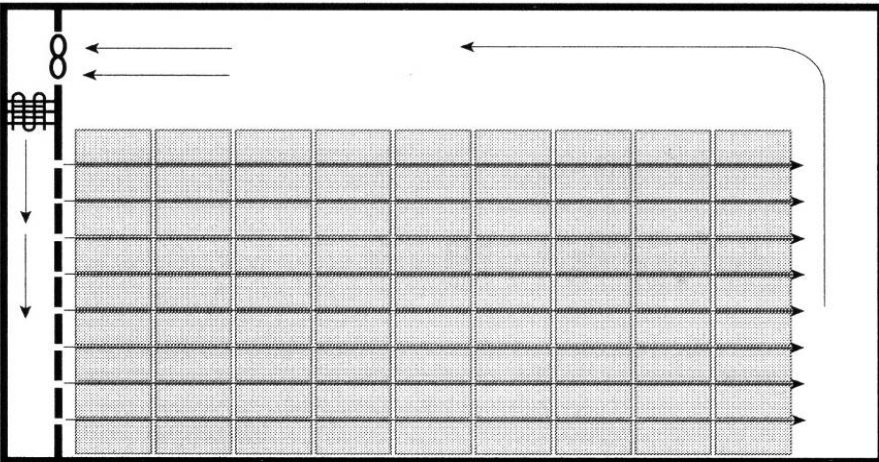


Ouverture verticale dans le plenum entre les rangées de boîtes

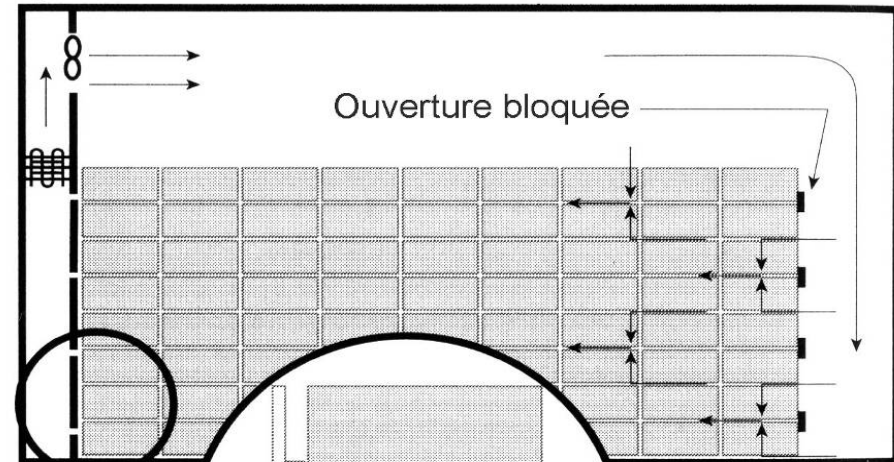


Plenum au plafond avec ouvertures calibrées

Circulation de l'air à travers la ouverture prévu pour les fourches d'un chariot élévateur



Ouverture horizontale dans le plenum entre les rangées de boîtes



Ouverture bloquée

Circulation d'air avec ouvertures en quinconce

Le type d'entreposage



La circulation de l'air à travers la masse de produits

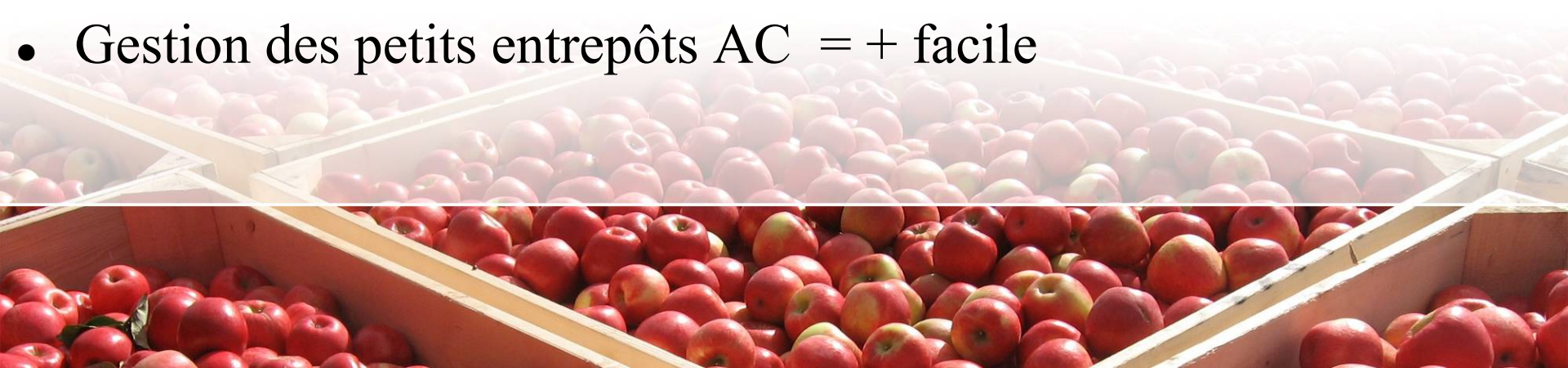


La protection des produits

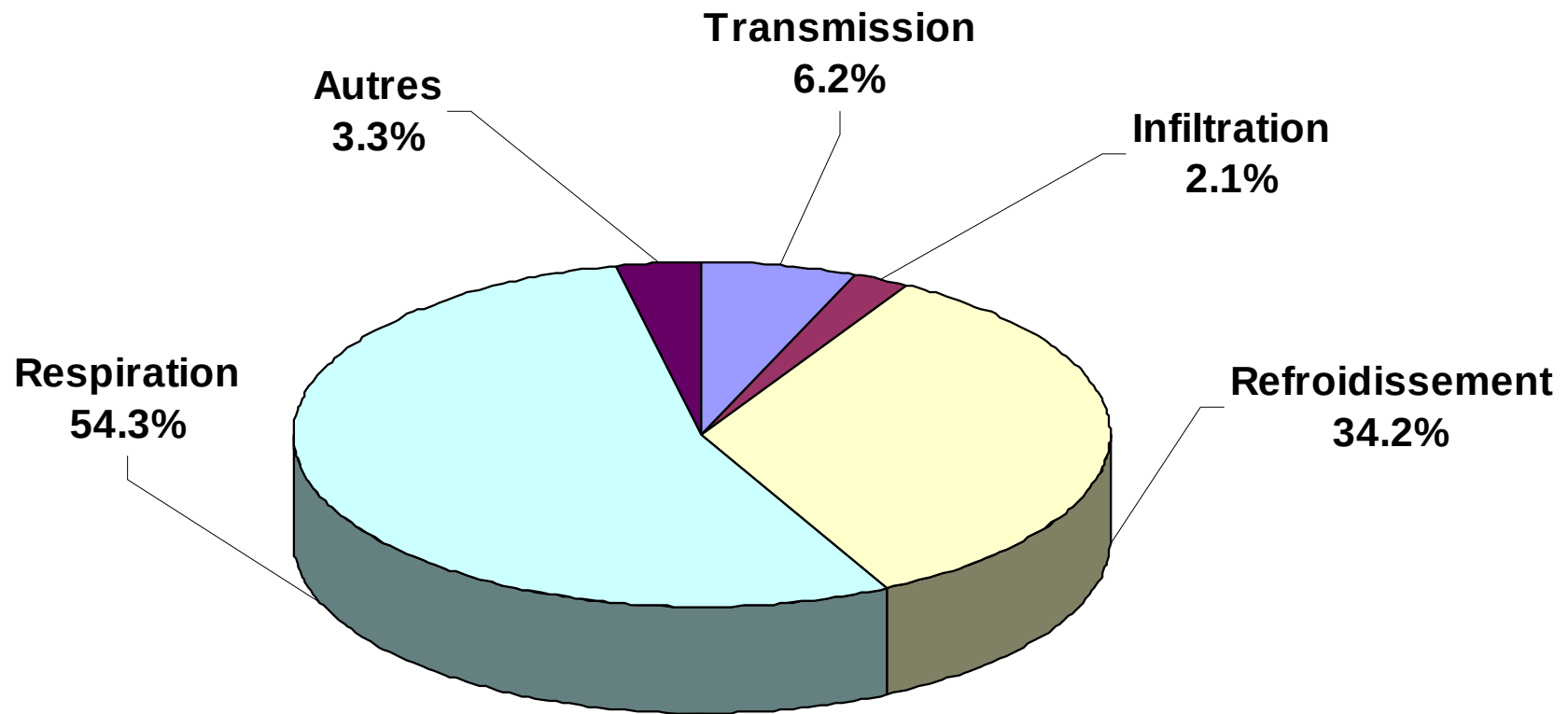


Subdivision des entrepôts

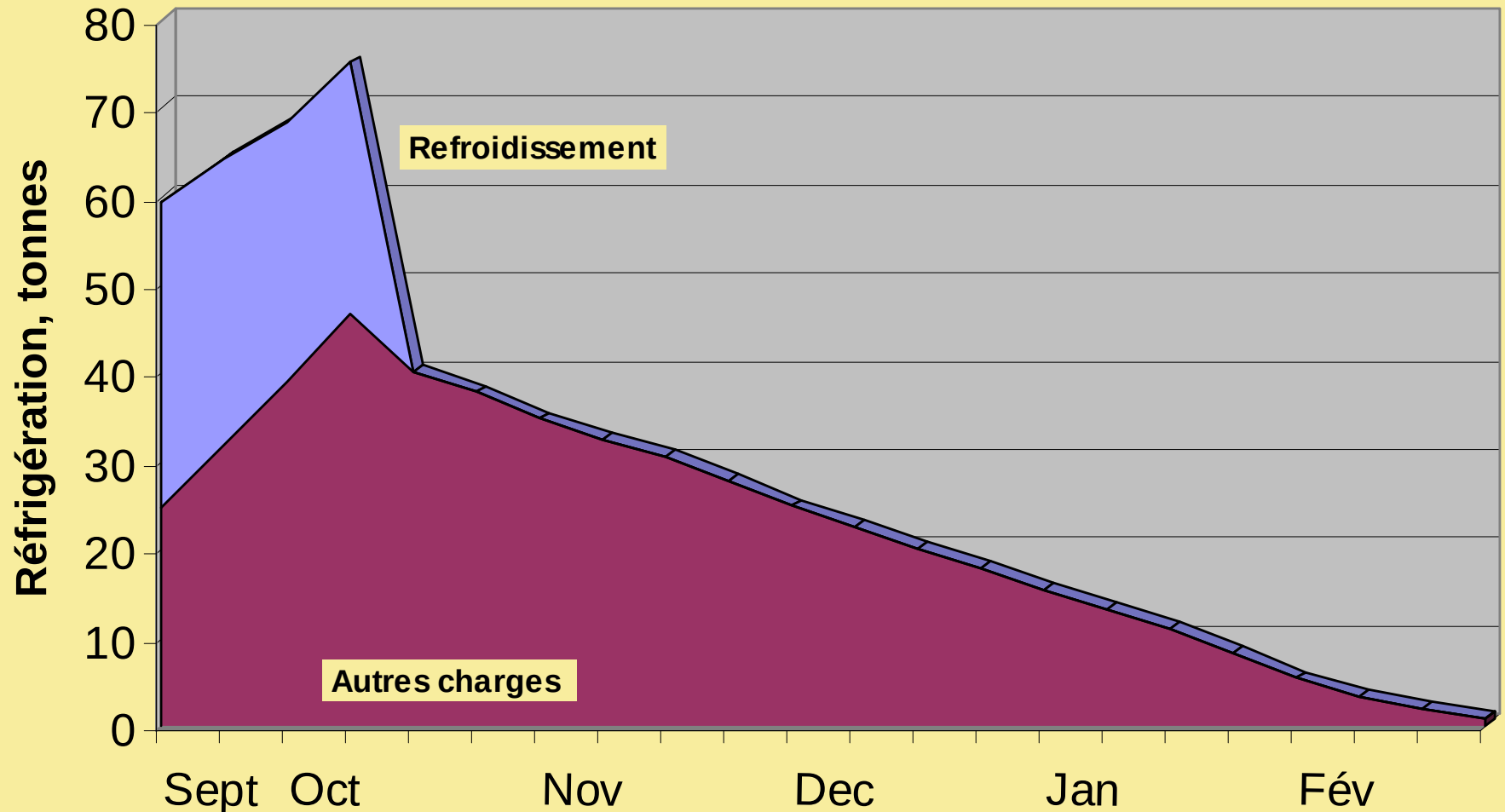
- Hypothèse : Plusieurs petits entrepôt est meilleur qu'un gros
- Programme de simulation
- 2 systèmes : 4 entrepôts de 450 t VS un de 1800 t
- Les 4 petits sauvent 8.3% d'énergie
- 0 énergie est sauvée lors de la mise en entrepôt
- Demande maximale de réfrigération inchangée
- Gestion des petits entrepôts AC = + facile



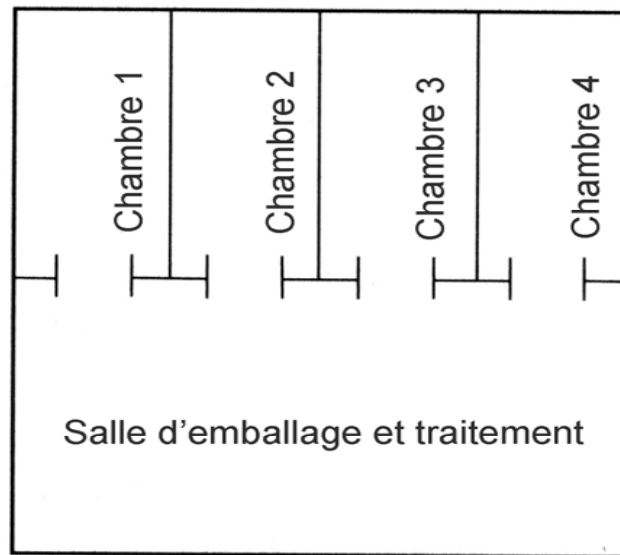
Importance relative des charges sur le système de réfrigération mécanique pour un entrepôt de 1 800 t de carottes. Les calculs de charge ont été effectués lors de l'entrée des derniers chargements de carottes.



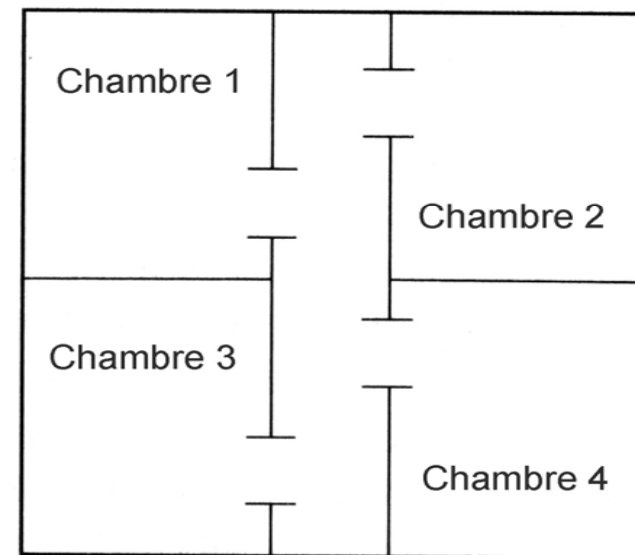
Distribution temporelle de la demande en réfrigération mécanique pour l'entrepôt à carottes de 1 800 t.



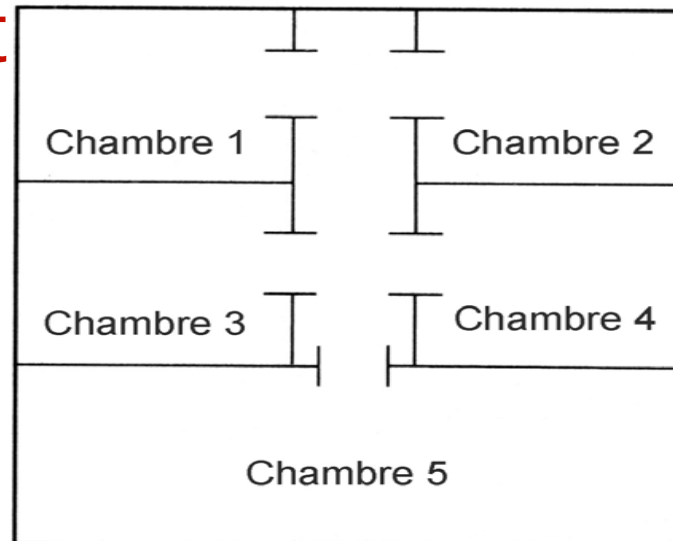
Dispositions possibles pour l'aménagement d'un ensemble de chambres réfrigérées



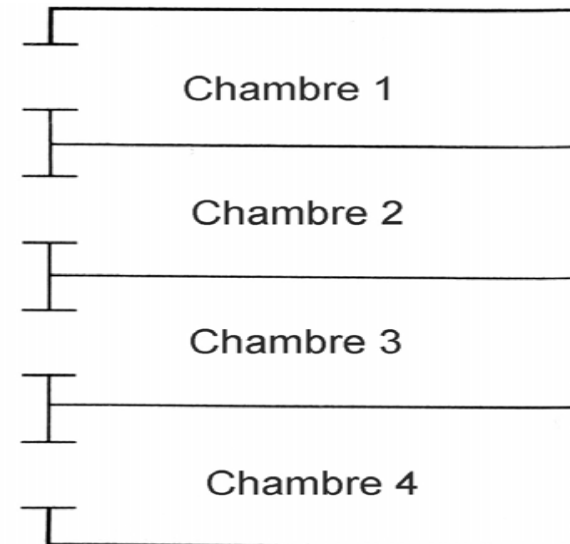
Disposition 1



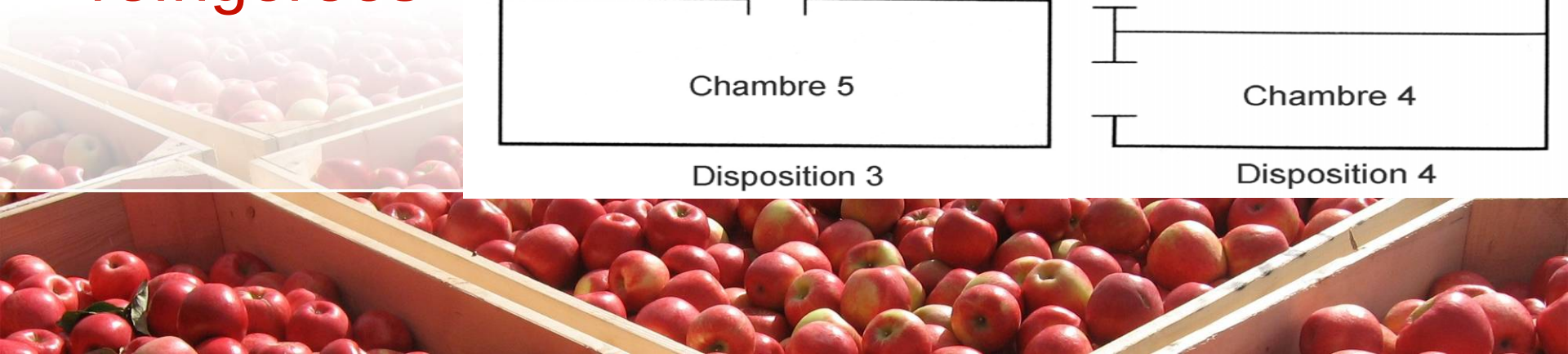
Disposition 2



Disposition 3



Disposition 4



Application de ces connaissances en postrécolte des produits horticoles

- *Précaution à la récolte*
- *Emballage*
- *Entreposage*
- *Transport*



Maintient de la chaîne de froid

- *Durée de vie des produits périssables ↓ :*
 - *Durée de l'exposition à des hautes T ↑*
 - *Dommages ↑*
 - *Exposition aux conditions de stress ↑*

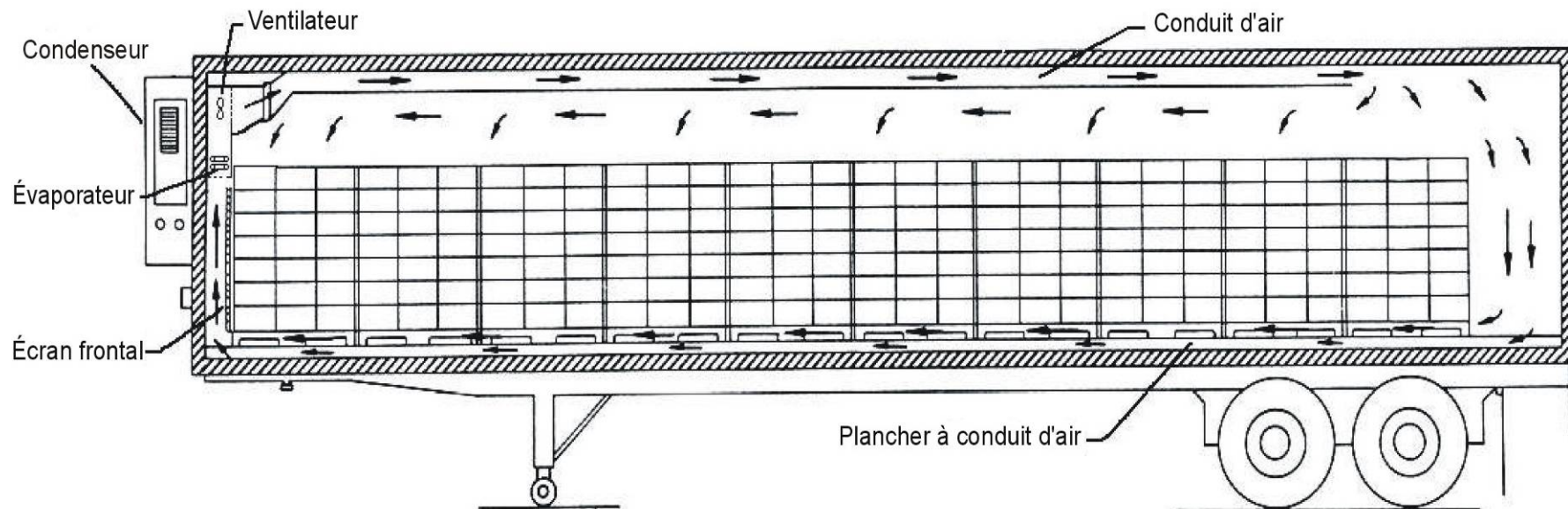




Transport terrestre et maritime



Circulation de l'air à l'intérieur de la charge

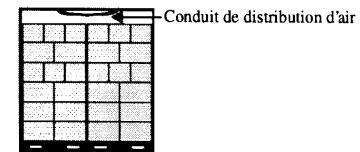
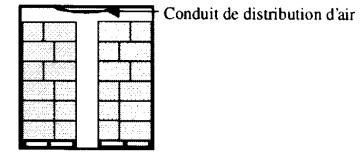
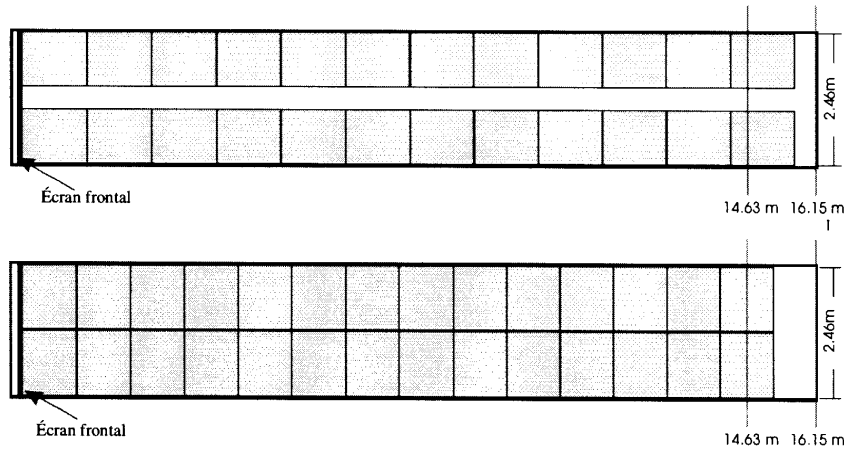


Systeme de réfrigération mécanique installée à l'avant d'un semi-remorque

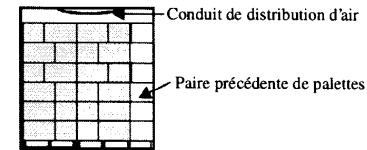
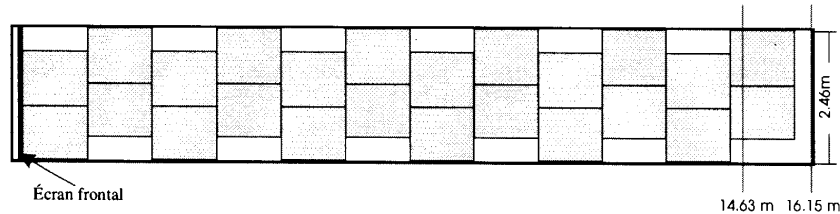


Position d'un chargement pour le transport

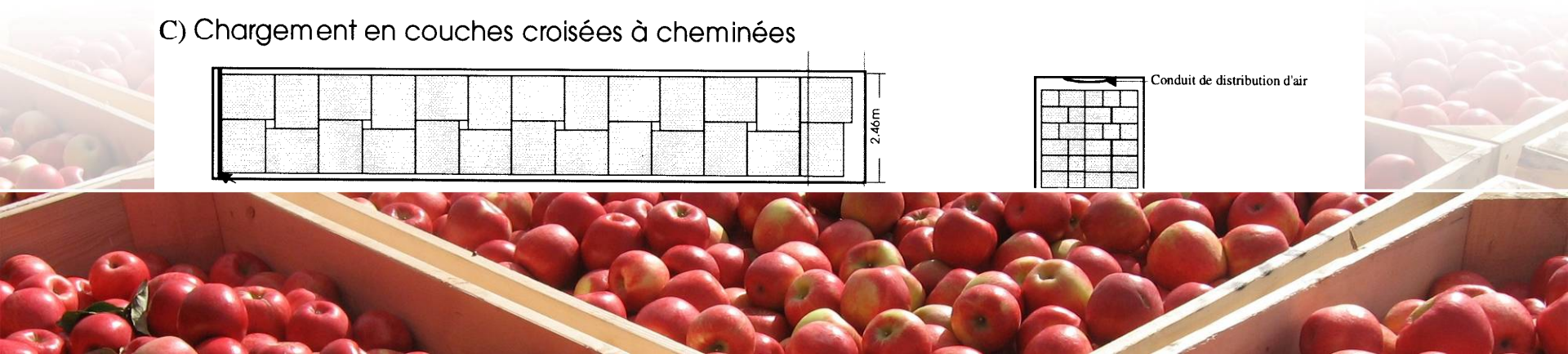
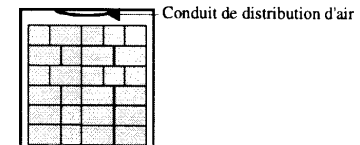
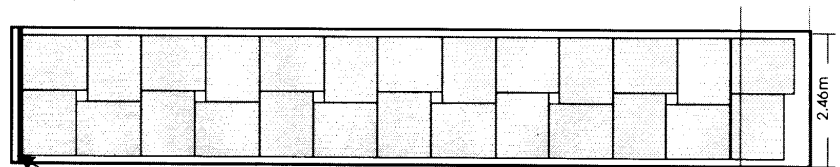
A) Chargement contre les parois latérales



B) Chargement décalé



C) Chargement en couches croisées à cheminées



Intérieur de la semi-remorque



Procédure de chargement d'un camion

- ***Commande d'un camion***
- ***Préparation du chargement***
- ***Préparation du camion***
- ***Chargement***
- ***Après le chargement***



Procédure de chargement d'un camion

- ***Commande d'un camion***

Vérifier que le camion est en bonnes conditions

Camion avec conduit d'air de retour, un écran frontal, et un planché à rainures

Camion avec système de suspension à l'air



Procédure de chargement d'un camion

- ***Préparation du chargement***

S'assurer que le produit est bien refroidi

Garder les produits au froid jusqu'au chargement

Traiter les produits à l'AM immédiatement avant le chargement, si requis



Procédure de chargement d'un camion

- ***Préparation du camion***

Prérefroidir ou préchauffer la remorque au besoin

Arrêter le système de réfrigération et ouvrir les portes

Reculer le camion à la porte du quai de chargement

Nettoyer les rainures du plancher et ouvertures de drainage



Procédure de chargement d'un camion

- **Chargement**

Éviter de secouer les palettes pendant le chargement

Éviter de perforer les sacs à AM

Charger des produits qui sont compatibles

Charger les produits selon un alignement central

*Utiliser des calages entre les produits et les murs de
coté du camion*

*Utiliser des calages pour stabiliser la charge à
l'arrière du camion*



Procédure de chargement d'un camion

- ***Après le chargement***

Éloigner le camion de la porte de chargement

Fermer les portes immédiatement

Remettre en marche le système de réfrigération

Ajuster la température à la valeur recommandée



Refroidissement de la semi-remorque





Chargement du camion



Baie de chargement



Chargement du camion



Transport

***Calage de la
charge sur les côtés
à l'aide de ballons
de stabilisation***



Systeme de gonflage des ballons



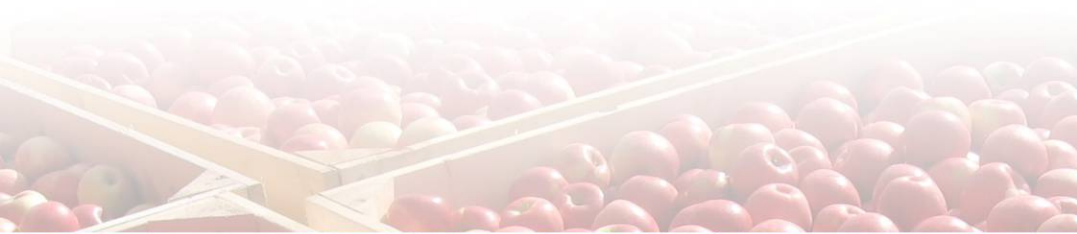
Calage de la charge à l'arrière



Transport sous atmosphère contrôlée



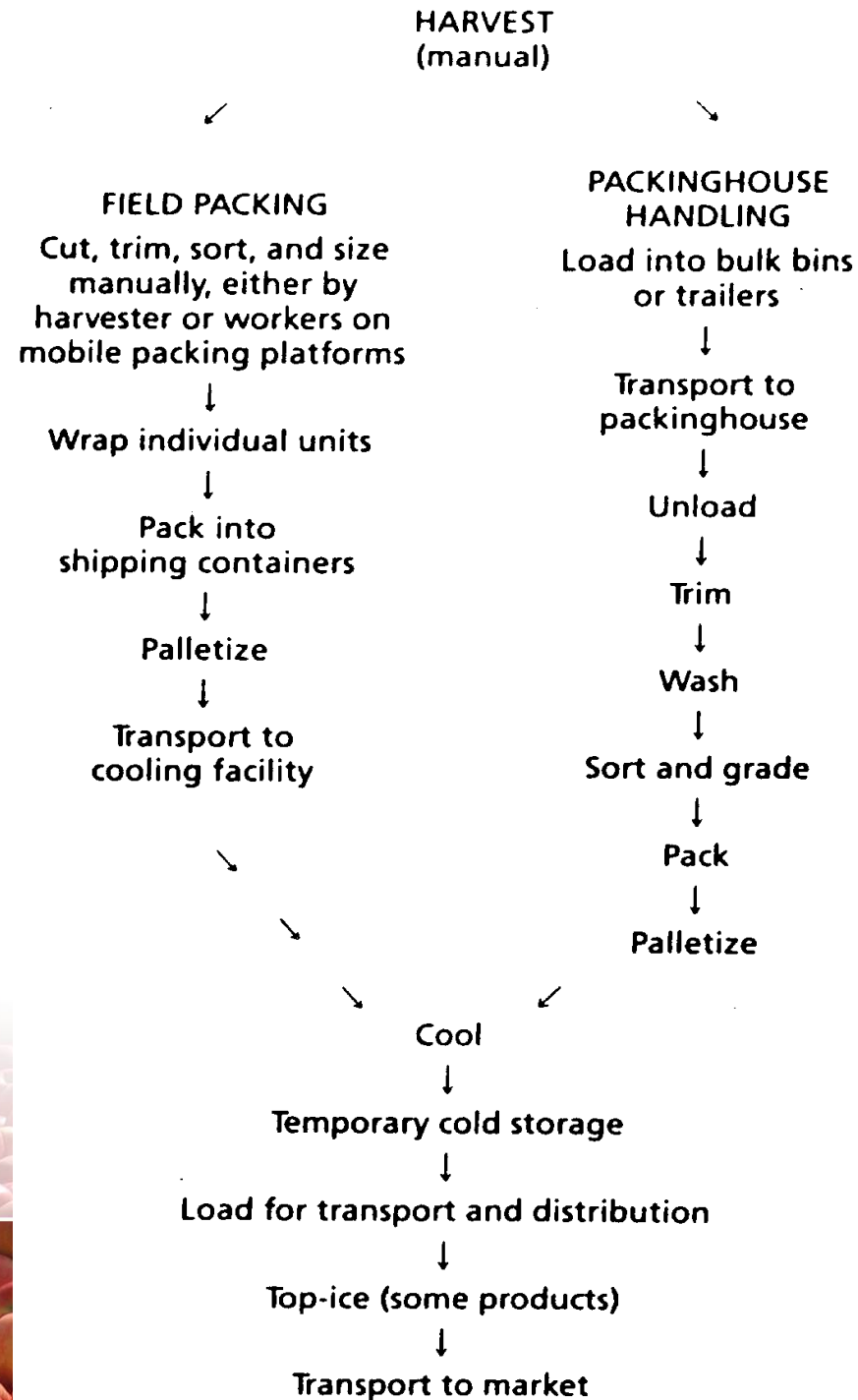
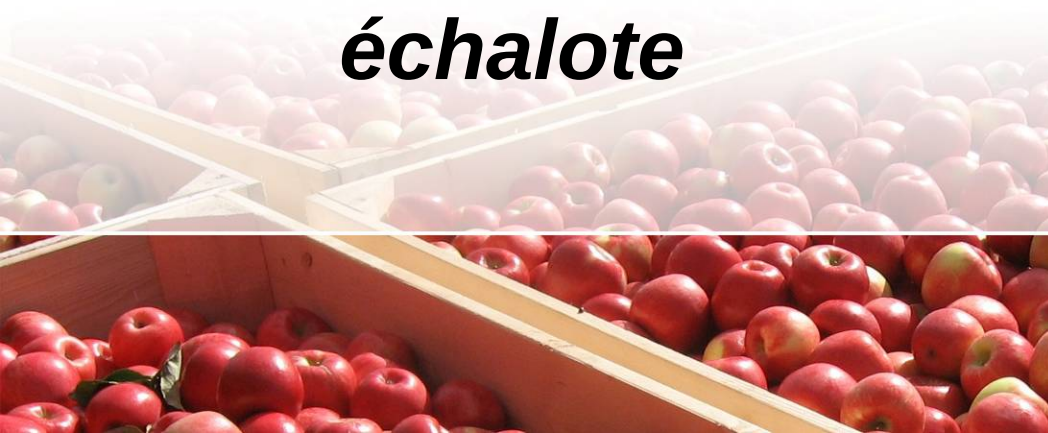
***Systeme unitaire pour le
transport sous atmosphère
modifiée***



***Intégration des
principes à 2 familles de
produits***



***Système de
manutention
postrécolte
pour les
légumes
feuillus tels la
laitue, céleri,
échalote***



***Préparation et
irrigation pour la
production de
laitue***



***Contrôle des
mauvaises
herbes et
application de
fertilisants***



***Récolte,
parage,
classification
et emballage
de la laitue***



Classification de la laitue





*Manutention des
boîtes pour la
laitue*



Besoins des travailleurs





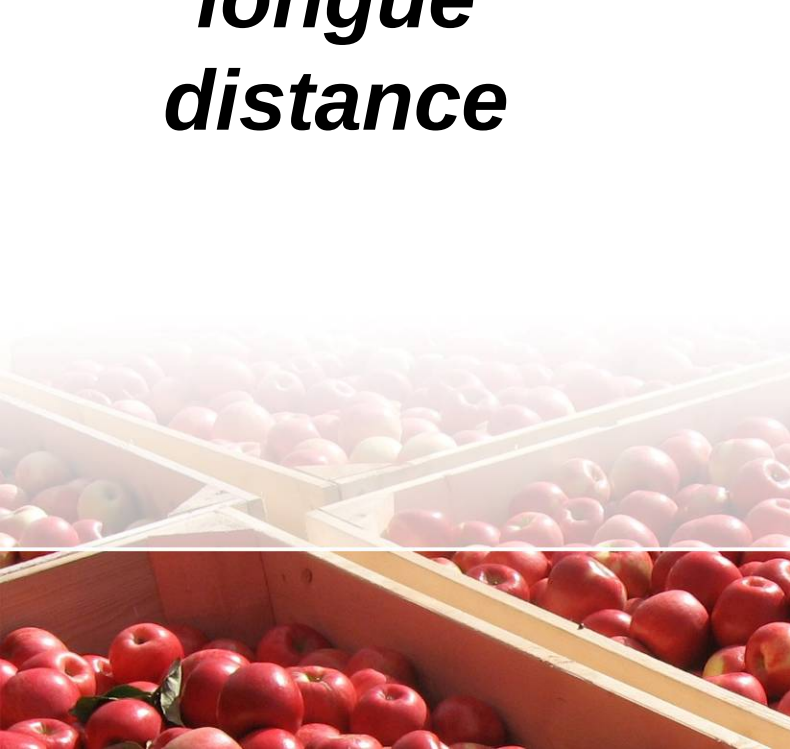
***Transport du
champ au poste
de traitement***



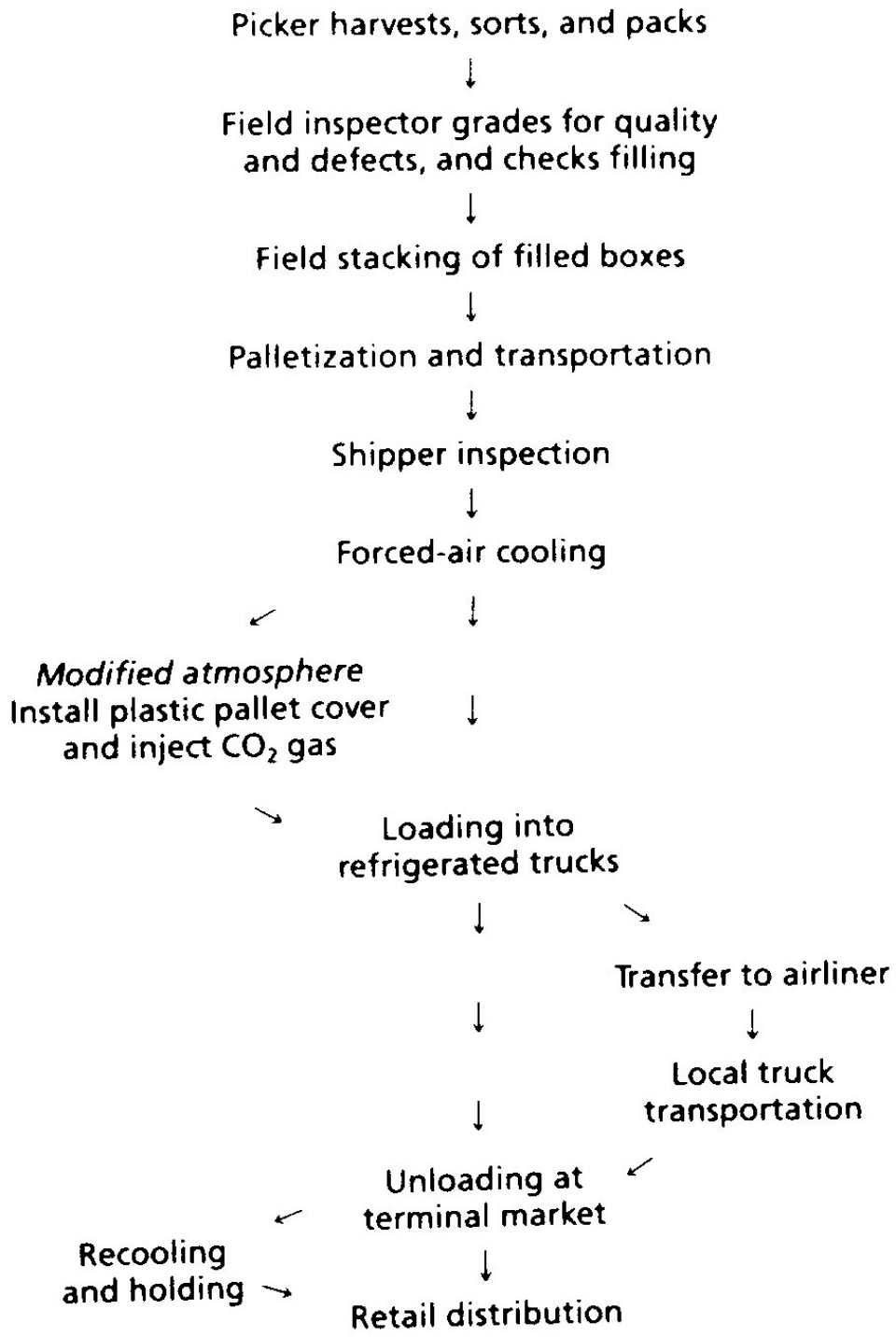
***Prérefroidissement
sous vide
(vacuum)***



***Chargement
d'un camion
pour transport
longue
distance***



Système de manutention postrécolte pour les petits fruits



Irrigation et gestion de l'eau



Préparation pour la récolte des fraises



Récolte des fraises



***Emballage au
champ en
contenant à
double coque
(clamshell)***



***Emballage au
champ en
chopines
ouvertes***



***Systeme de
stabilisation
pour
l'empilement
en colonne***

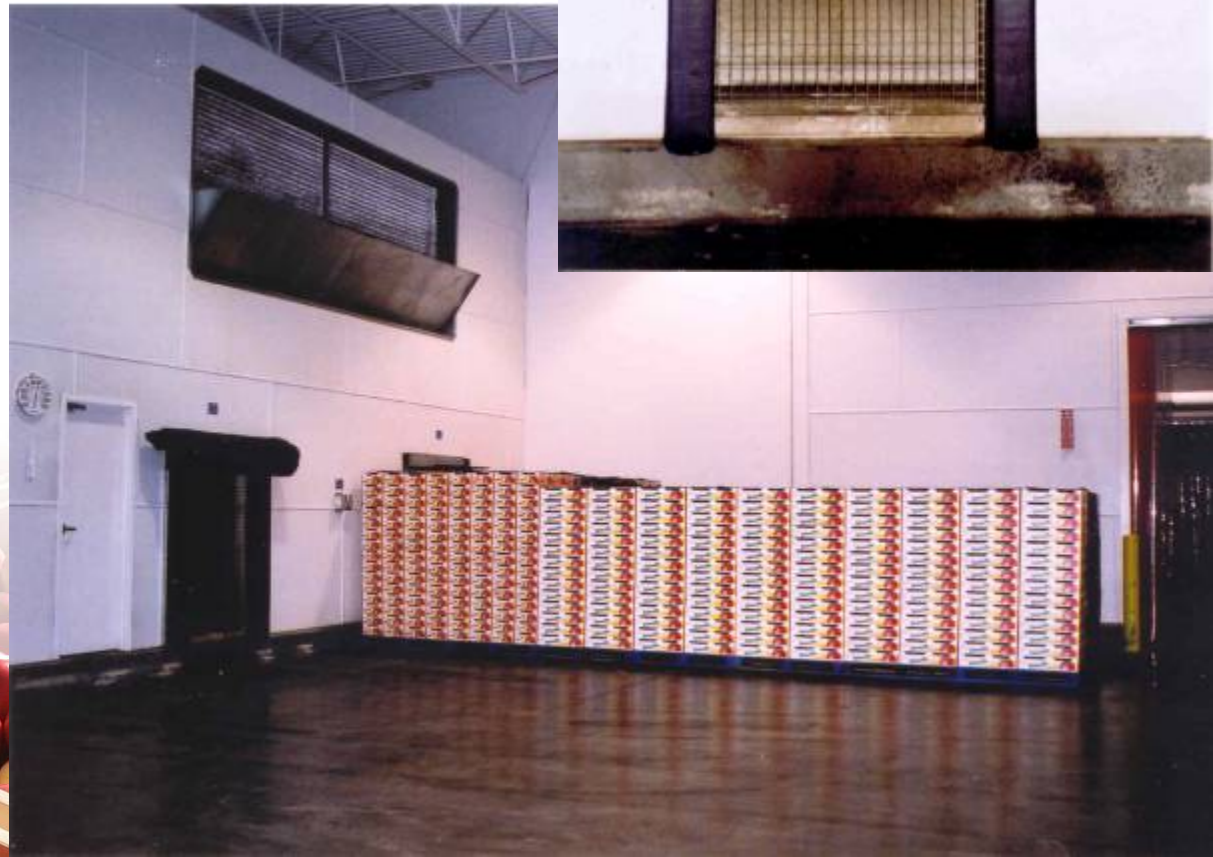
***Évaluation de la
qualité***



Déchargement et refroidissement du produit



Systeme à l'air forcé



Système d'atmosphère modifié pour manutention sur palette



Les systèmes doivent être adaptés pour chaque production, producteur et en fonction de considérations humaines et économiques



Contenu de la présentation

- *Théorie et principes de base*
- *Application de ces connaissances en postrécolte des produits horticoles*
- *Recherches en cours*

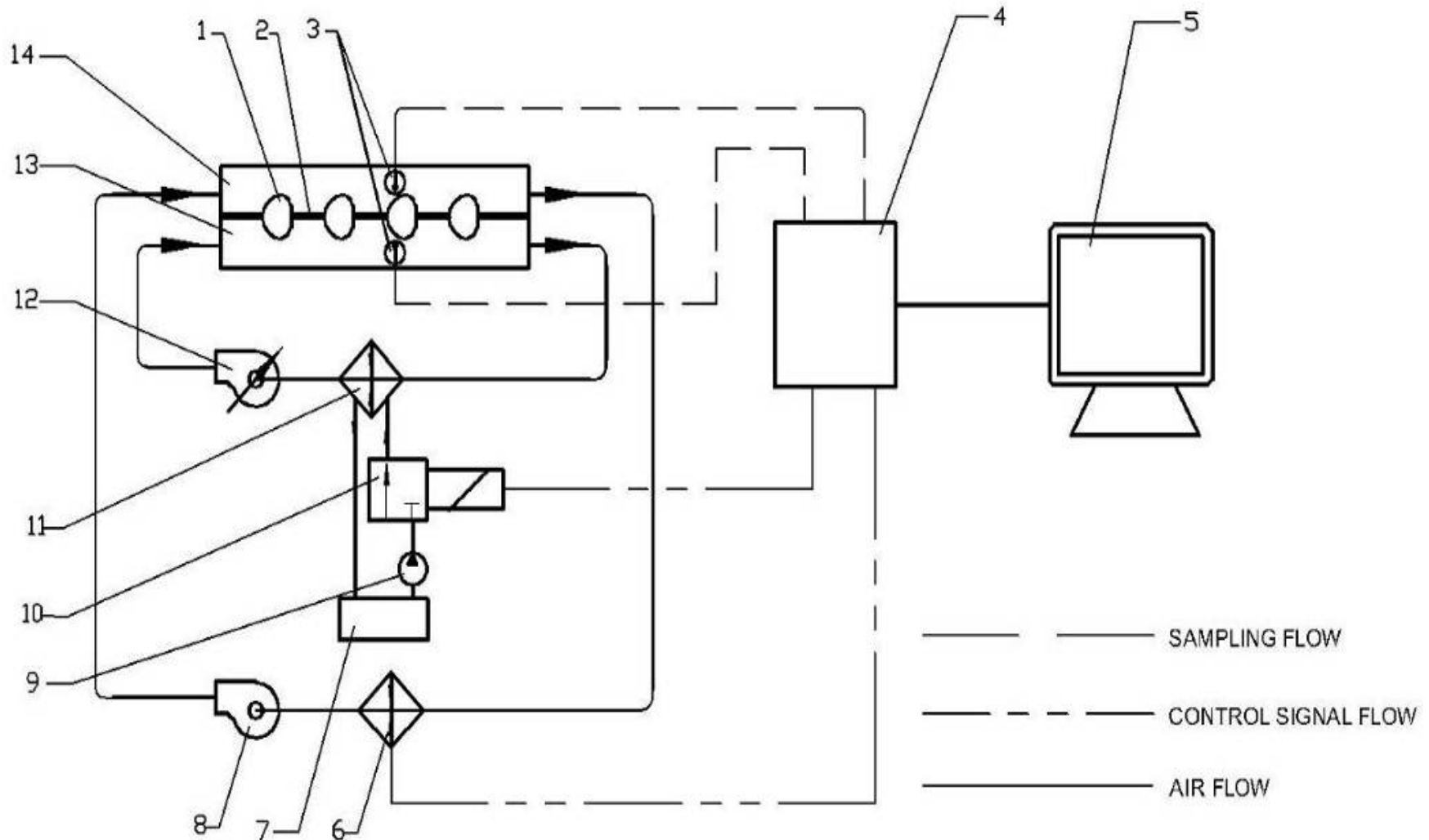


Traitements physiques

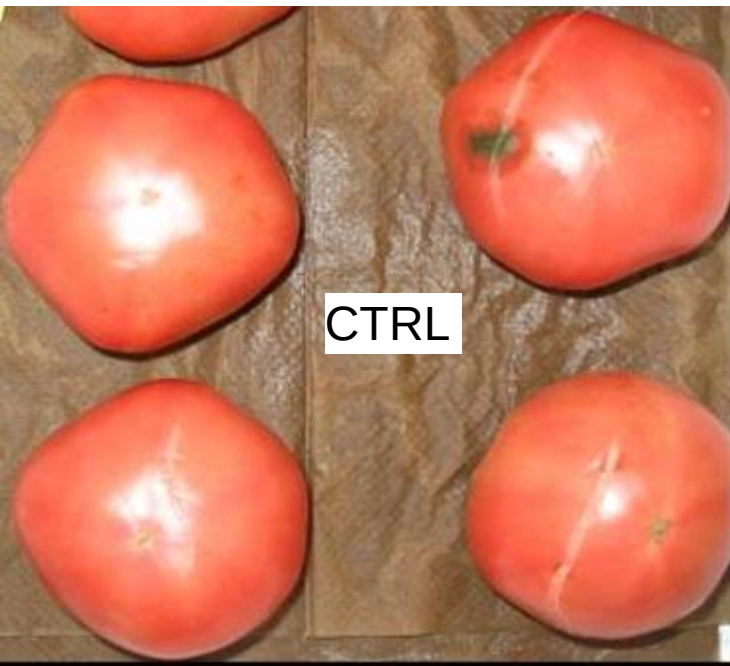
- Charles et al. 2005. Changes in quality of **heat-treated carrot** during long-term storage. Phytoprotection 86 (2): 137.
- Lu et al. 2007. **Heat treatment** application to increase fruit and vegetable quality. Stwrt Postharvest Rvw. 3: 4.1-4.7
- Goyette et al. **Pressure treatment** for increasing fruit and vegetable qualities. Stwrt Postharvest Rvw. 3: 5.1-5.6
- Charles & Arul, J. 2007. **UV treatment** of fresh fruits and vegetables for improved quality: a status report. Stwrt Postharvest Rvw. 3(3): 6.1-6.8
- Lacroix & Vigneault. 2007. **Irradiation treatment** for increasing fruit and vegetable quality. Stwrt Postharvest Rvw. 3: 7.1-7.8
- Vigneault & Hernández. 2007. **Gas treatments** for increasing phytochemical content of fruits and vegetables. Stwrt Postharvest Rvw. 3: 8.1-8.9
- Lu et al. 2009. Effect of **heat treatment uniformity on the control of Botrytis cinerea** on harvested tomato. Transactions of the ASABE. 52(1) :201-211.
- Lu et al. 2008. Design of a forced-air-twin-chamber for investigating the effects of controlled levels of **non uniformity in heat treatment of tomatoes** on product quality. J. Food Engineering. 91: 279-286.
- Lingegowdaru et al. 2009. Influence of **postharvest UV-C hormesis on the bioactive components** of tomato during post-treatment handling. Food and Bioprocess Technology. (on line)



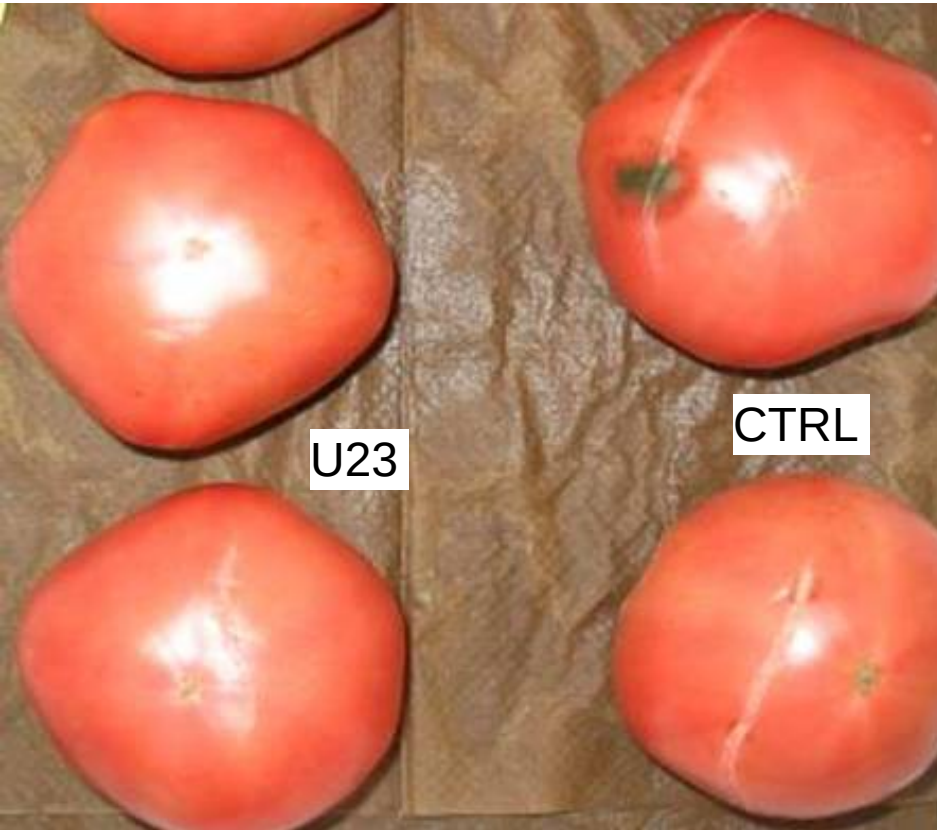
Système permettant de traiter seulement une moitié des tomates



Diminution de la sensibilité à la maladie du froid



Contrôle de Botrytis à l'aide d'un traitement thermique



La même tomate

Coté traité



Coté non traité



Remarques

- La postrécolte est encore plus importante en agriculture biologique
- Des traitements physiques existent pour maintenir et même améliorer la qualité des produits horticoles après la récolte
- Il existe encore bien des avenues à explorer tout en restant bio et en protégeant l'environnement
- On a besoin de vous pour nous aider à répondre à vos besoins ...



Nouveau traitement physique prometteur

La pression et l'augmentation de la valeur nutritive

Contrôle

2 atm

4 atm

6 atm

8 atm



Problème à la décompression

Nouveau traitement physique prometteur

La pression et la conservation de la qualité



1 atm 4 °C



1 atm 20 °C



9 atm 20 °C

La pression:
une folie ou une idée géniale, qui sait?

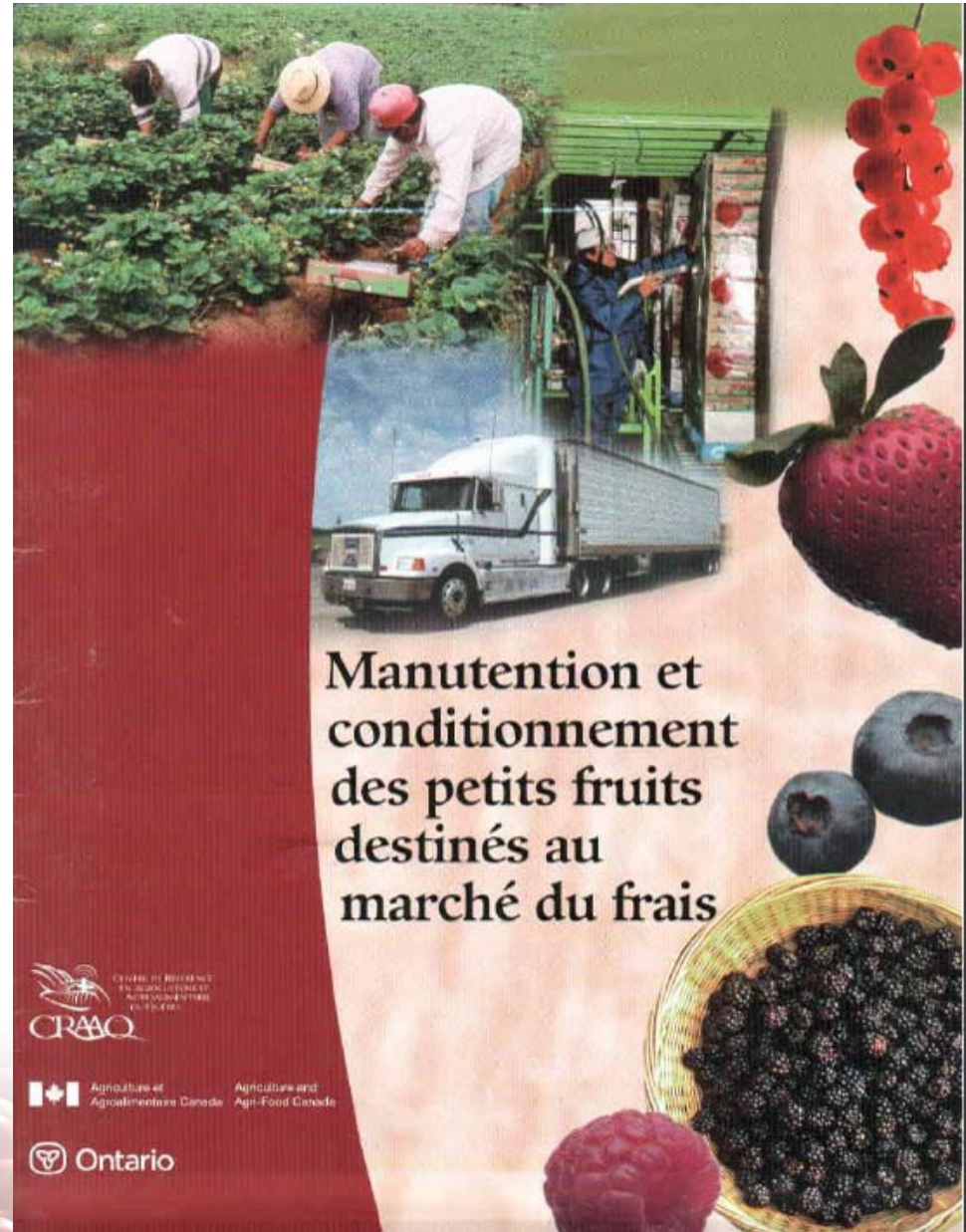
TENNIS BALL CHARGER

TENNIS BALL CHARGERS
are pressurized containers that hold
tennis balls to maintain pressure in the
balls after play and extend the playing
life of the ball.



Sources d'information

Hui, K.P.C., C.F. Forney,
J.R. DeEll, N.R.
Markarian, C. Vigneault.
2002. Manutention et
conditionnement des petits fruits
destinés au marché
du frais. CRAAQ. 36pp.



Sources d'information

Toussaint, V., A. Ouimet, O. Carisse, J. DeEll, C. Vigneault. 1999.

Mesure d'hygiène dans les entrepôts à fruits et légumes.

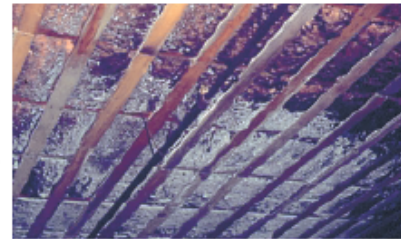
Bulletin technique bilingue.

AAC. 4 pp.

[www.fichier-pdf.com/telecharger-ebook-entrepot+fruit+et+legume-gratuit-convertir-pdf.htm]

Mesure d'hygiène dans les entrepôts à fruits et légumes

Vicky Toussaint, M. Sc., Annie Ouimet, M. Sc., Odile Carisse, Ph. D., Jennifer DeEll, Ph. D. et Clément Vigneault, Ph. D., ing.



Plafond d'entrepôt réfrigéré contaminé à cause d'une accumulation de poussière et de condensation.

Les sources de contamination en entrepôt sont nombreuses ; les produits frais peuvent être contaminés par des champignons et des bactéries pendant la saison de croissance, ainsi que tout au long du processus, de la récolte jusqu'à l'entreposage. Les contenants utilisés lors de la récolte et de l'entreposage, les appareils de traitement et de conditionnement ainsi que l'air et les parois des entrepôts sont aussi des sources de contamination (Moras, 1983).

De plus, la présence de débris végétaux dans les entrepôts permet aux microorganismes de se multiplier en grand nombre et de devenir une importante source de contamination pour les produits entreposés. L'accumulation de substances volatiles provenant des produits frais est une source suffisante de carbone pour supporter la croissance de moisissures et possiblement de certaines bactéries. Enfin, l'eau utilisée dans les traitements post-récoltes ou pour le nettoyage des entrepôts peut être également une source de contamination.

LES MICROORGANISMES RESPONSABLES

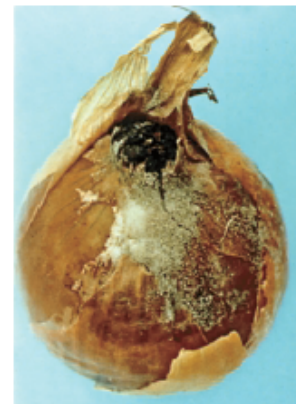
Il existe différents types de microorganismes qui peuvent être à l'origine de la dégradation des produits en entrepôt. Cependant, les bactéries causant des pourritures et les champignons causant des moisissures sont les plus communs.

Les bactéries

Responsables des pourritures, les bactéries sont des microorganismes unicellulaires qui se reproduisent par division. Si les conditions environnementales sont optimales, la population bactérienne peut doubler en 20 à 30 minutes. Les bactéries sont généralement propagées par contact direct entre les produits frais ou avec des surfaces contaminées, ou encore par l'eau utilisée lors de traitements avant ou après l'entreposage. Certaines de ces bactéries peuvent être pathogènes pour l'homme comme par exemple *Listeria monocytogenes* qui peut parfois se retrouver sur certains légumes.

Les champignons

Responsables des moisissures, les champignons peuvent se développer sur un substrat très pauvre en éléments nutritifs; contrairement aux bactéries, les champignons sont visibles à l'œil nu. Ils se reproduisent habituellement par la formation de nombreuses spores qui sont facilement disséminées par les canaux de lavage, par contact direct et particulièrement par l'air. Les spores des champignons peuvent se fixer aux murs des chambres d'entreposage et sur le matériel utilisé en entrepôt (Moras, 1983). Le développement des moisissures sur les murs ou plafonds peut être un indice d'une isolation insuffisante ou d'un coupe-vapeur perforé ou mal installé. Dans ce cas, même si une désinfection chimique parvient à détruire la majorité de ces champignons, la solution à long terme demeure de remplacer ou de réparer l'élément défectueux.



Moisissure grise sur l'oignon, causée par *Botrytis cinerea*

Beaucoup de ces organismes se nourrissent des produits frais et de la matière organique. En l'absence de sources nutritives, ils peuvent survivre sur d'autres matériaux tels le bois et le plastique. En s'attaquant à la matière organique, les bactéries et les champignons peuvent dégager des odeurs nauséabondes (éthylène et autres produits volatils) pouvant altérer le goût ou accélérer la maturation des fruits et des légumes entreposés. Même s'il est difficile d'éliminer complètement ces microorganismes, des mesures préventives et un plan d'assainissement adéquats permettent de contrôler leur prolifération et de réduire de beaucoup le taux d'infection des produits frais en entrepôt.

L'ASSAINISSEMENT DE L'ENTRÊPÔT

Lorsqu'ils sont présents dans l'entrepôt, les microorganismes causant des pourritures et des moisissures sur les fruits ou légumes (Tableau 1) peuvent être éliminés par un plan d'assainissement adéquat. La présence de la moindre source de matériel végétal peut permettre aux spores de champignons et aux bactéries de survivre entre deux périodes d'entreposage. Les microorganismes peuvent ensuite se développer et engendrer des pertes importantes lorsque les produits frais seront entreposés. Il est donc important de respecter et d'appliquer les normes d'hygiène appropriées pour diminuer les pertes.

Pour qu'un plan d'assainissement soit efficace, il doit respecter certaines étapes dans un ordre précis. Ces étapes sont : le nettoyage, la désinfection, le rinçage et le séchage. Les techniques et les produits

Sources d'information

Vigneault C., M.T. Charles, V.
Toussaint, G. Trépanier. 2008.
Qualité et conservation
postrécolte de la carotte.
CRAAQ. 59pp.
Pub : VC 023





Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Gros merci pour l'intérêt
que vous portez au postrécolte

Clément Vigneault
450-515-2106
clement.vigneault@agr.gc.ca

Canada 

