

# INTRODUCTION A LA TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

---

Formation ONSSA  
Décembre 2012

Prof. A. TANTAOUI ELARAKI

# Objectifs

---

- acquérir des notions de base en Technologie Alimentaire ;
  - appréhender l'importance des Bonnes Pratiques de Fabrication ;
  - saisir le lien entre les pratiques technologiques et la qualité des produits alimentaires transformés, notamment sous l'angle de la sécurité sanitaire.
-

# L'animateur

---

- Professeur de l'Enseignement Supérieur (grade C)
  - Spécialité: Microbiologie et Hygiène Alimentaires et Biotechnologie
  - Ex. professeur à l'IAV Hassan II (Rabat)
  - Professeur et directeur de SUP'AGRO (Ecole Supérieure de l'Agroalimentaire), Casablanca
  - Ex. Directeur du CETIA (Centre Technique de l'Industrie Alimentaire), Casablanca
  - Président de la Société Marocaine de Mycotoxicologie (créée en 2011)
-

## Démarche pédagogique:

---

- Exposés de l'animateur avec Data Show
  - Support papier distribué
  - Discussion (**privilégiée**)
  - Évaluation à chaud de l'animateur
  - Évaluation des participants
-

# Plan général de la formation

---

1. Chapitre introductif
  2. Les intrants des IAA
  3. Technologies de Stabilisation et de Conservation
  4. Technologies de Biosynthèse et de Fermentation
  5. Technologies d'Extraction et de Séparation
-

# 1- CHAPITRE INTRODUCTIF

---

1.1- Définitions

1.2- Délimitation du domaine d'intérêt de la Technologie Alimentaire

1.3- Classification des IAA

1.4- Intrants et produits des IAA

1.5- Organisation générale d'une unité IAA

---

# 1.1- Définitions

---

- Technologie
  - Procédés de fabrication (diagramme de fabrication; chaîne de fabrication)
  - Opérations Unitaires
  - Notion de transformation
  - Notion de processus
-

## ❖ Technologie

---

« science des arts et métiers en général »  
(Larousse)

Plus généralement:

- procédés de fabrication et leur étude;
  - moyens techniques basés sur un savoir-faire
-

## **Procédé de fabrication**

---

succession d'opérations (traitements) appliqués à une ou plusieurs matières (premières) pour l'obtention d'un ou plusieurs produits (finis)

### **Selon les quantités traitées:**

- **Procédé industriel**
- **Procédé semi-industriel**
- **Procédé artisanal**
- **Procédé domestique**

### **Selon le degré de mécanisation:**

- **Procédé automatique**
- **Procédé semi-automatique**
- **Procédé manuel**

## ❖ Diagramme de fabrication

---

représentation schématique du procédé de fabrication avec, le plus précisément possible:

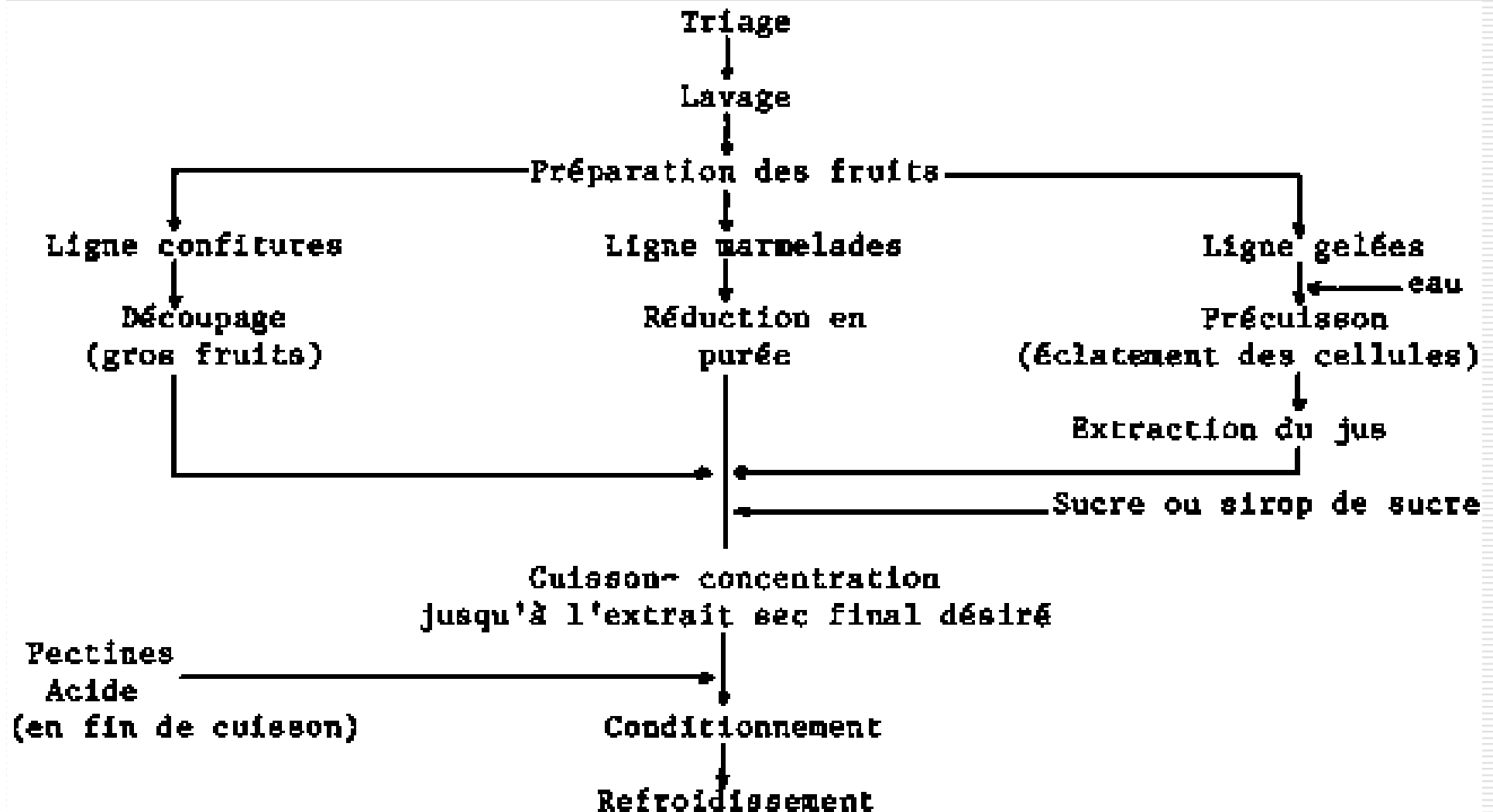
- la nature des produits: matières premières, produits intermédiaires, produits finis;
  - la nature des opérations (traitements) à chaque étape;
-

## ❖ Diagramme de fabrication (suite)

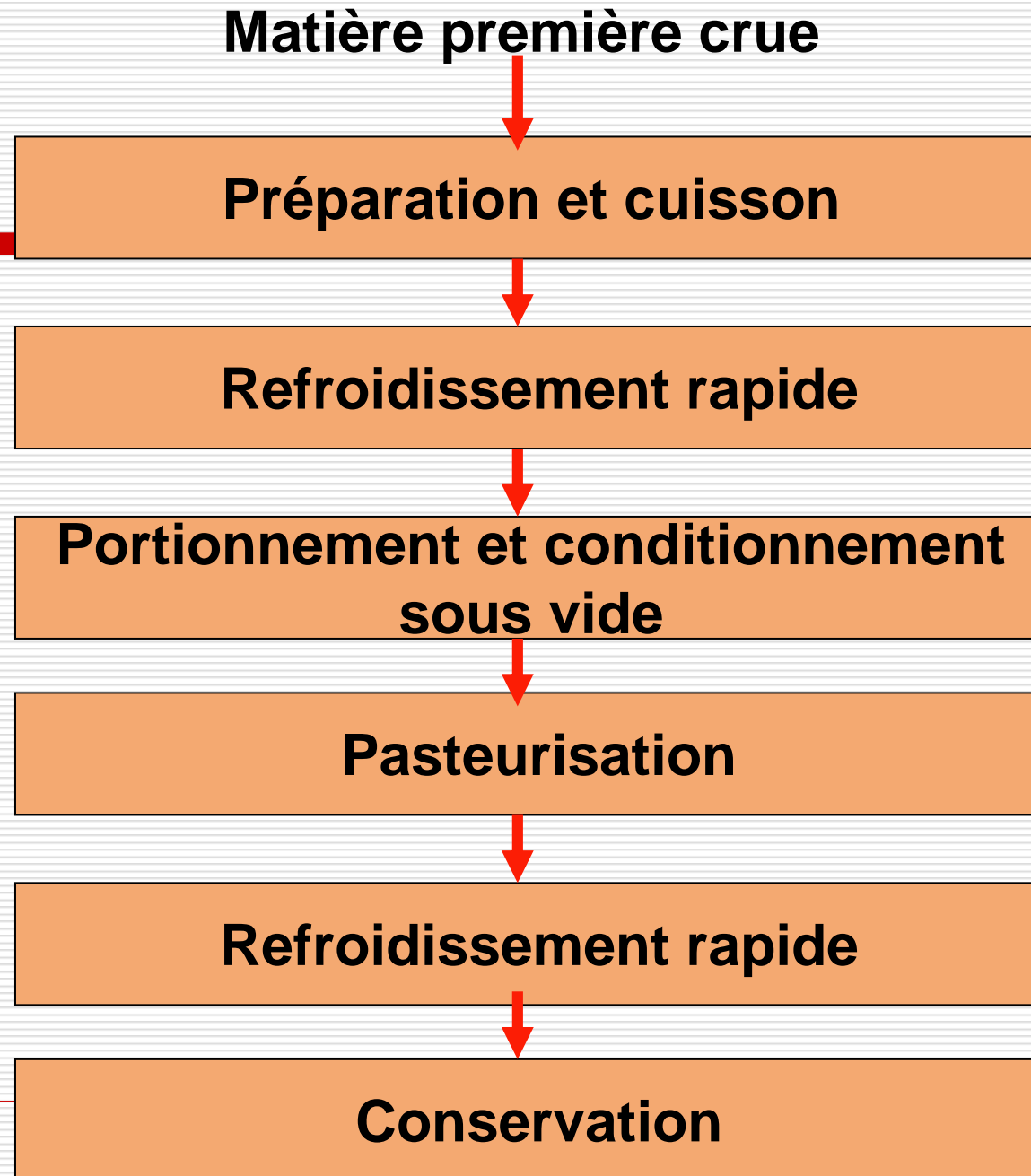
---

- *si possible*, les conditions de réalisation des opérations;
  - *si possible*, les contrôles effectués à chaque étape
-

## Exemple 1: diagramme de fabrication de confitures, de marmelades et de gelées des fruits



**Exemple 2:  
diagramme  
de  
fabrication  
de plats  
cuits et  
emballés  
sous vide**



**Matière première crue**

**Préparation et cuisson**  
(selon recette)

**Refroidissement rapide**  
(température Interne +4°C en moins de 120 min)

**Portionnement et conditionnement sous vide**  
(machine à vide, emballage sachet ou barquette)

**Pasteurisation**  
(85°C, 10 min)

**Refroidissement rapide**  
(air ou eau)

**Conservation**  
(température maximale: +4°C)

**Exemple 2':**  
le même  
diagramme  
avec  
précision de  
quelques  
données

## ❖ Chaîne de fabrication:

---

succession des machines et des équipements nécessaires à la réalisation des étapes successives d'un procédé de fabrication

Une chaîne de fabrication peut être automatique, semi-automatique ou manuelle

---

## ❖ Chaîne de fabrication:

---

Exemples:

- chaîne de fabrication de conserves de petits pois;
  - chaîne de raffinage des huiles de table;
  - chaîne de séchage de la tomate;
  - chaîne de surgélation de la fraise.
-

## ❖ Poste de fabrication

---

Chaque étape de la chaîne de fabrication correspond à un poste de fabrication

Un poste occupe un espace bien déterminé (séparé ou non physiquement des autres postes) et emploie un équipement spécifique

Exemples:

- ✓ poste de réception des olives
  - ✓ poste de neutralisation des huiles
-

## ❖ **Notion de transformation**

---

- Transformation: ensemble des modifications appliquées à une (ou plusieurs) matière(s) première(s) pour déboucher sur un (ou plusieurs) produit(s) fini(s) ou semi-fini(s)
  
  - Une même transformation peut être réalisée par différents procédés
-

## ❖ Notion de transformation (suite)

---

- Une transformation est plus ou moins profonde selon le degré de similitude entre la matière première et le produit fini

## Morceaux de sucre

---



**Betterave sucrière**



---

## **Orange brute**



**Orange après passage  
par une station  
d'emballage et de  
conditionnement**

# Chaque transformation exige une ou plusieurs opérations unitaires

---

## ❖ Opération unitaire

opération correspondant généralement à un poste de fabrication où il est réalisé:

- un traitement bien déterminé visant
  - un objectif précis et aboutissant à
  - un résultat mesurable
-

## □ Exemples d 'opérations unitaires

---

### 1 Traitement thermique d'un aliment

- objectif: destruction des micro-organismes;
- résultat: diminution du nombre de micro-organismes vivants par ml ou par g de produit

### 2 Extraction de l 'huile à partir de graines oléagineuses

- objectif: obtention d 'huile brute;
- résultat: rendement (%) d 'extraction

### 3 Séchage d 'un produit

- objectif: élimination de l 'eau;
  - résultat: taux d 'humidité finale du produit
-

## ❖ Notion de processus

---

la notion de processus suppose:

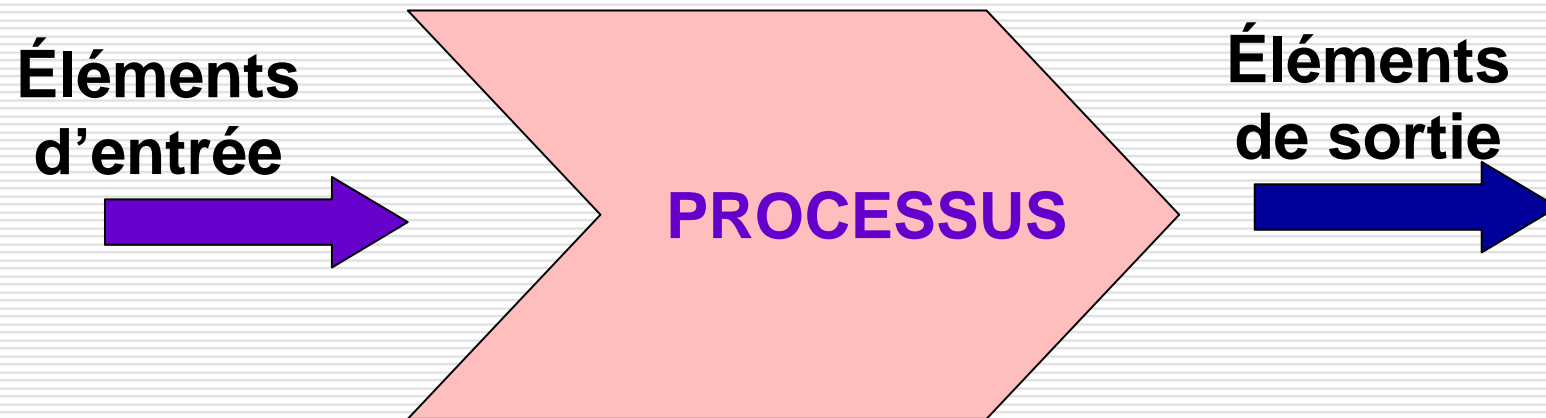
- des éléments d'entrée mesurables
- des éléments de sortie mesurables
- une valeur ajoutée
- un caractère reproductible

**Processus:**

**ensemble  
d'activités  
corrélées  
transformant  
des éléments  
d'entrée en  
éléments de  
sortie**

## représentation schématique d'un processus

---



## Notion de processus (suite)

---

- Un processus peut être simple (élémentaire) ou complexe
  
- Un processus complexe se décompose en une succession de processus simples, les éléments de sortie de l'un servant totalement ou partiellement d'éléments d'entrée pour l'autre

Notion  
de  
**client  
interne**

## 1.2- Délimitation du domaine d'intérêt de la technologie alimentaire

---

- ❖ Conception ancienne
- ❖ Conception moderne

## Conception ancienne

---

➤ **Début:** obtention de la matière première destinée à la transformation (récolte, abattage, traite, capture, etc.)

*Toute opération ultérieure, même très simple, est considérée comme un traitement technologique (exemples: entreposage, conditionnement ou emballage, etc.)*

➤ **Fin:** expédition des produits finis (sortie unité)

---

## Conception moderne

---

les nouveaux concepts de Management de la Qualité obligent à étendre le domaine d'intérêt de l'agro-alimentaire:

- **en amont:** aux conditions de production à la ferme des produits végétaux ou animaux, aux techniques de pêche, etc.
  - **en aval:** à la distribution, à l'entreposage, à la manutention, etc. et jusqu'à la consommation
-

## 1.3- Classification des industries agro-alimentaires

---

- ❖ Classification sectorielle
- ❖ Classification par type dominant de technologie
- ❖ Classification juridique

---

## ❖ Classification sectorielle:

- par type de produit transformé (industrie laitière)
- par type de produit fabriqué (industrie sucrière)
- Subdivisions possibles:

Exemple: dans l'industrie sucrière: sucrerie et raffinerie.

---

## ❖ Classification juridique (selon nomenclature douanière)

---

## ❖ Classification selon le type dominant de technologie:

- Industries de Stabilisation et de Conservation (ISC)
  - Industries d'Extraction et de Séparation (IES)
  - Industries de Biosynthèse et de Fermentation (IBF)
-

---

## ➤ **Industries de Stabilisation et de Conservation (ISC)**

produits plus stables pour une meilleure distribution dans le temps et dans l'espace (conserves, produits séchés, etc.)

---

## ➤ **Industries d 'Extraction et de Séparation (IES):**

obtention de produits ayant des propriétés spécifiques par extraction ou séparation à partir d 'une matière première (huilerie, sucrerie, minoterie, etc.)

---

## ➤ **Industries de Biosynthèse et de Fermentation (IBF)**

rôle essentiel des micro-organismes  
(produits fermentés en général, panification,  
brasserie, etc.)

## 1.4- Définition des Intrants et produits des IAA

---

- ❖ Intrants alimentaires (éléments d'entrée)
- ❖ Intrants non alimentaires (éléments d'entrée)
- ❖ Produits de la transformation (éléments de sortie)

## ❖ Intrants alimentaires (éléments d'entrée)

---

- Matière première
- Ingrédient
- Additif alimentaire

## ❖ Intrants alimentaires

---

o **Matière première**: matière unique ou principale soumise à la transformation

- **Unique**: blé en minoterie, betterave ou canne en sucrerie
  - **Principale en volume**: farine pour la pain, eau pour les boissons gazeuses
  - **Principale en valeur**: sucre pour les boissons gazeuses
-

- 
- o **Ingrédient**: nécessaire, mais en quantité et en valeur moindres que la matière première (levure pour le pain)
  - o **Additif**: non indispensable, utilisé pour une fonction donnée (conservateur, colorant, aromatisant, épaississant, etc.)

Remarque:  
le mot  
**ingrédient**  
a parfois  
(dans le  
commerce)  
un sens plus  
large

## ❖ Intrants non alimentaires

---

Matières non destinées à être consommées, bien qu'utiles, voire indispensables.

Exemple:

- Matériaux d'emballage: papier, carton, verre, plastique, métal, bois, tissu, etc.

---

## ❖ Produits de la transformation (éléments de sortie)

---

- Produits finis
- Sous-produits
- Déchets

---

o **Produits finis**: produits commercialement les plus importants (un ou plusieurs produits d'une même matière première)

o **Sous-produits**: ont une valeur commerciale, mais moindre que celle des produits finis

---

---

o **Déchets**: valeur commerciale nulle ou négative (taxe de pollution, frais d'évacuation, etc.); ce sont des rejets solides, liquides ou gazeux.

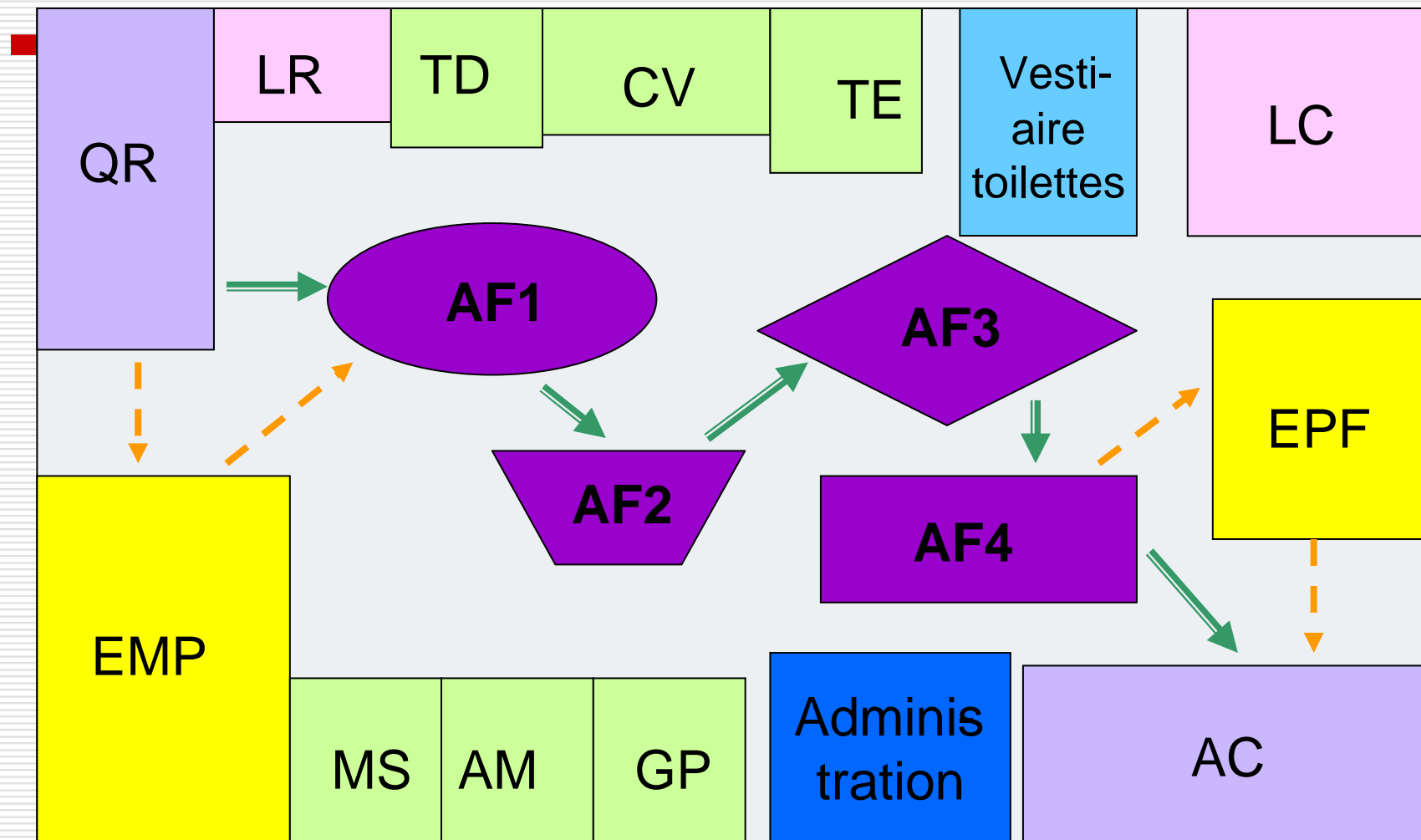
**Remarque**: un déchet peut être valorisé et un sous-produit revalorisé

---

---

## **1.5- Organisation générale d'une unité IAA**

## Représentation schématique d'une unité IAA



## Légende de la figure « Représentation schématique » d'une unité IAA

---

- AC: Aire (quai) de chargement ou d'expédition (des produits finis)
  - AF: Atelier(s) de transformation:
  - AM: Atelier de maintenance
  - CV: Chaufferie (chaudières pour production de vapeur)
  - EMP: Entreposage éventuel des matières premières
  - EPF: Entreposage éventuel des produits finis
  - GP: Garage et Parc auto
-

## Légende (suite)

---

- LC : labo central
  - LR : labo réception
  - MS: Magasin
  - QR: Quai (aire ou poste) de réception (des matières premières)
  - TD: Traitement des déchets
  - TE: Traitement de l'eau
-

## CHAPITRE 2: LES INTRANTS DES IAA

---

- 2.1- Nature des matières premières
  - 2.2- Réception des matières premières
  - 2.3- Entreposage des matières premières
  - 2.4- Les autres intrants des IAA
-

## 2.1- Nature des matières premières

---

- 2.1.1- Produits agricoles végétaux
  - 2.1.2- Produits agricoles d'origine animale (d'élevage)
  - 2.1.3- Produits aquatiques
  - 2.1.4- Produits industriels bruts ou semi-finis
  - 2.1.5- Produits finis industriels
  - 2.1.6- Sous-produits d'autres industries
  - 2.1.7- Eau
-

## 2.1.1- Produits agricoles végétaux

---

- ❖ Céréales et légumineuses;
  - ❖ Fruits et légumes (variétés industrielles, variétés mixtes);
  - ❖ Plantes « industrielles » : sucrières, oléagineuses; etc.;
  - ❖ Autres: champignons, etc.
-

## 2.1.2- Produits agricoles d'élevage

---

- ❖ Viandes (rouges et blanches) et abats (différentes espèces)
  - ❖ Graisses
  - ❖ Lait (vache, chèvre, brebis, etc.)
  - ❖ Œufs (ovo-produits)
  - ❖ Miel
  - ❖ Autres: escargots, etc.
-

## 2.1.3- Produits aquatiques

---

- ❖ Produits marins (halieutiques): poissons, mollusques (dont Céphalopodes), crustacés, etc.
  - ❖ Produits animaux des eaux douces (lacs, rivières)
  - ❖ Produits végétaux: algues  
Remarque: les produits aquatiques proviennent de la pêche ou de l'élevage: pisciculture, conchyliculture (mytiliculture, ostréiculture, etc.)
-

## 2.1.4- Produits industriels bruts ou semi-finis

---

- ❖ Sucre brut pour la raffinerie de sucre
- ❖ Huiles brutes pour la raffinerie d 'huile

## 2.1.5- Produits industriels finis

---

- ❖ Farine pour biscuiterie
- ❖ Sucre pour la confiture, la confiserie, les boissons gazeuses, etc.
- ❖ Huile pour les conserves de poissons

## 2.1.6- Sous-produits d 'autres industries

---

- ❖ Mélasses de sucrerie pour l'industrie de la levure boulangère ;
- ❖ Mélasses de sucrerie pour la provende (industrie des aliments du bétail)

## 2.1.7- L'eau

---

- ❖ Boissons gazeuses
- ❖ Bière
- ❖ Nectars de fruits

## 2.2- Réception des matières premières

---

- 2.2.1- Poste (ou quai) de réception
- 2.2.2- Contrôle quantitatif à la réception
- 2.2.3- Contrôle qualitatif
  - Objectifs
  - Méthodologie
  - Décision

## 2.2.1- Le poste de réception

---

- ❖ C'est l'interface entre l'amont (origine des matières premières) et le reste de l'usine
- ❖ Deux fonctions essentielles:
  - contrôle quantitatif
  - contrôle qualitatif

## 2.2.2- Contrôle quantitatif

---

### ❖ Contrôle du poids

- pesée par pont-bascule (transport en vrac)
- comptage de sacs de poids connu

### ❖ Contrôle du volume

- compteurs volumétriques
  - comptage de bidons pleins de volume connu
  - jauge pour bidons partiellement pleins
-



## 2.2.3- Contrôle qualitatif

---

### ❖ Objectifs

- Identification de la matière première
  - Détermination du taux d'impuretés (ex: agréage des céréales)
  - Détermination des propriétés technologiques
-

---

## ❖ Objectifs (suite)

- Détermination du degré de fraîcheur (produits périssables)
  - Détermination du calibre (peut se faire au-delà)
  - Détection des fraudes (ex: mouillage du lait)
-

---

## ❖ Méthodologie

- Prise d'échantillon (représentativité)
- Contrôle rapide (pour matières périssables): laboratoire du quai de réception (résultat: souvent refus ou acceptation)
- Contrôle plus approfondi: laboratoire central (résultat: pas forcément d'effet sur acceptation ou refus)

---

## ❖ Décision

- Acceptation de la matière première
  - Acceptation de la matière, mais avec une pénalisation (réfaction sur le prix)
  - Acceptation de la matière première, mais pour un usage de seconde gamme
  - Rejet de la matière première (fraude, altération visible, mauvaise qualité hygiénique)
-

## 2.3- Entreposage des matières premières

---

- 2.3.1- Justification de l'entreposage
  - 2.3.2- Conditions de l'entreposage
  - 2.3.3- Contrôles nécessaires
-

## 2.3.1- Justification de l'entreposage

---

- Conditions favorables de prix et de disponibilité (céréales et légumineuses)
  - Nature saisonnière de la disponibilité (fruits, mélasses de sucrerie)
  - Faible capacité de l'unité de transformation par rapport à la disponibilité de la matière première (olives dans les *maâsras*)
  - Horaires de travail de l'unité (lait du soir)
-

## 2.3.2- Conditions de l'entreposage

---

- Température ambiante pour produits non périssables (céréales et légumineuses): nécessité d'aérer
  
- Température ambiante avec traitement chimique (abricot dans solution de sulfite de sodium)

- 
- Réfrigération et durée limitée pour produits périssables (viande, poisson, fruits et légumes)
  - Parfois léger traitement thermique avant réfrigération (thermisation du lait)
  - Congélation pour des durées plus longues (viande, produits de la mer, fruits et légumes)
-

## 2.3.3- Contrôles nécessaires

---

- A l 'entrée de l 'entreposage
- Pendant l 'entreposage prolongé
- A la sortie de l 'entreposage

# CHAPITRE 3

## TECHNOLOGIES DE STABILISATION ET DE CONSERVATION

---

- 3.1- Généralités
  - 3.2- Conservation par traitement thermique
  - 3.3- Stabilisation par le froid
  - 3.4- Utilisation de conservateurs antimicrobiens
  - 3.5- Conservation par abaissement de l'activité de l'eau
-

## 3.1-Généralités

---

- Objectifs de ces technologies
  - Altération des aliments
  - Conservation
  - Causes d 'altération
  - Conditions de l 'altération microbienne
  - Prévention de l 'altération microbienne
-

## Objectifs de ces technologies

---

Stopper l'altération

---

# Altération

---

❖ Altération : Aliment altéré = avarié

■ Qualité organoleptique

■ Qualité hygiénique

■ Valeur commerciale:

**Impropres à la  
consommation**

**Impropres à la  
vente**

# Conservation

---

- ❖ Protéger la santé du consommateur
- ❖ Préserver la valeur nutritionnelle et la qualité organoleptique
- ❖ Augmenter le shelf-life: améliorer la distribution dans le temps et dans l'espace

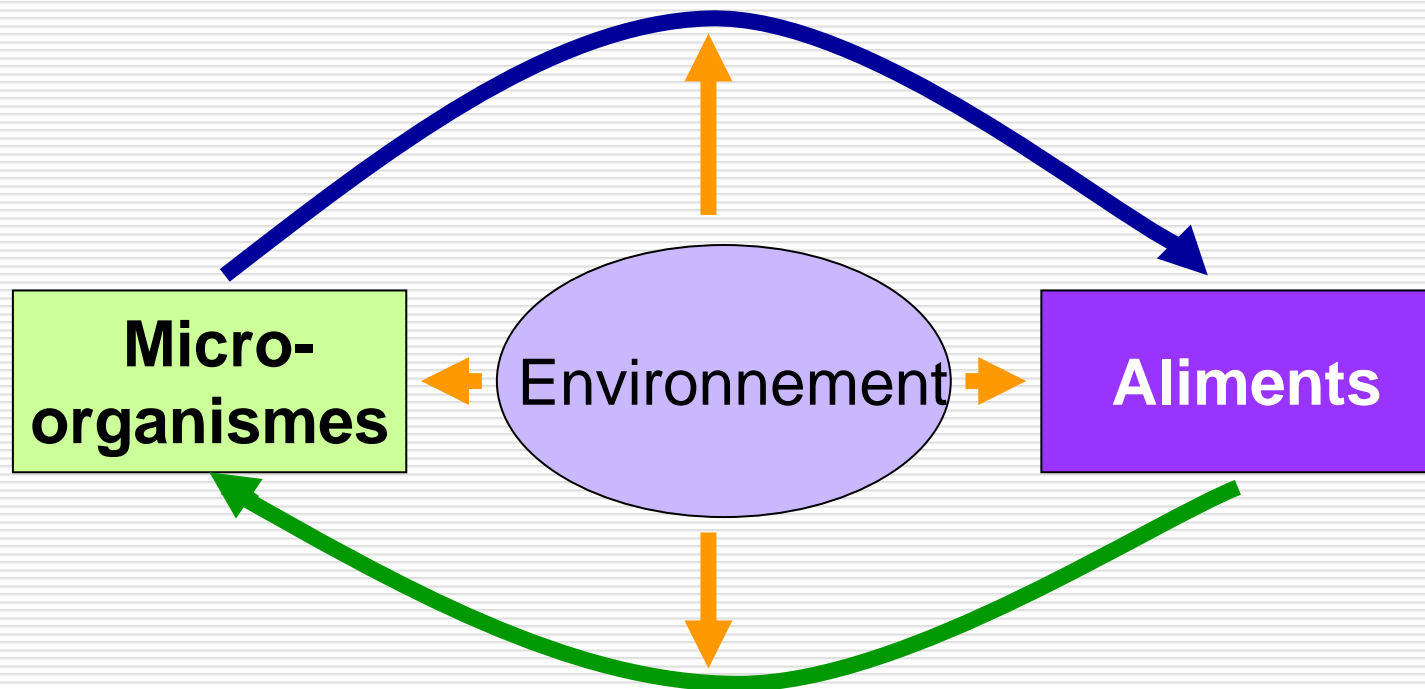
## Causes d'altération

---

- ❖ Enzymes propres à la denrée alimentaire;
  - ❖ Réactions non enzymatiques (oxydation);
  - ❖ Insectes;
  - ❖ Modifications physiques (brûlures, dessiccation, etc.);
  - ❖ Micro-organismes.
-

# Conditions de l'altération microbienne

---



---

**Interactions aliment / micro-organisme**

# Actions de la denrée alimentaire sur le microorganisme

---

Par sa composition et ses caractéristiques, la denrée alimentaire permet ou non:

- ❑ La croissance du microorganisme: germination des spores, multiplication, sporulation;
  - ❑ Son métabolisme: activités biochimiques, synthèse de toxines
-

---

## **Denrée alimentaire = milieu de culture**

Elle agit par:

- Sa composition : eau ( $a_w$ ) et nutriments
  - Ses caractéristiques physicochimiques: pH, potentiel d'oxydoréduction, etc.
  - Sa structure / degré de division
-

# Actions du microorganisme sur la denrée alimentaire

---

- ❖ Dégradations biochimiques
- ❖ Altération des propriétés organoleptiques
- ❖ Dépréciation nutritionnelle
- ❖ Qualité hygiénique (ex.: toxines)

# Rôle des paramètres de l'environnement

---

- ❖ Température
- ❖ Oxygénation
- ❖ Humidité relative de l'air
- ❖ Additifs alimentaires

# Prévention de l'altération microbienne

---

## ❖ Agir sur le micro-organisme:

- éviter la contamination
- écarter les contaminants
- inhiber leur développement
- les tuer

## Prévention de l'altération microbienne (suite)

---

### ❖ **Agir sur l'aliment:**

- le transformer en milieu hostile aux micro-organismes

### ❖ **Agir sur l'environnement :**

- créer des conditions défavorables aux micro-organismes
-

## 3.2- Conservation par traitement thermique

---

- ❖ Objectifs et types de produits
- ❖ Lois de la DTM (Destruction Thermique des Micro-organismes)
- ❖ Applications:
  - Pasteurisation
  - Stérilisation (Appertisation, stérilisation UHT)

# Objectifs et types de produits

---

## ▪ Objectifs :

- Destruction des micro-organismes
- Dénaturation des enzymes
- Élimination de l'oxygène

**Attention!** Qualité nutritionnelle  
Qualité sensorielle

---

# Types de produits traités

---

## -Aliments pasteurisés

Micro-organismes visés:

- . pathogènes (lait, crème, etc.)
- . responsables d'altération (vinaigre)

Survivent : Thermorésistants

---

-

## Types de produits traités (suite)

---

### Aliments stérilisés

Microorganismes visés : tous

"Stérilisation commerciale" :

- . survivants possibles mais
  - . croissance impossible (pH, température, aw)
-

## Lois de la DTM

---

### **Temps de Destruction Thermique (TDT):**

durée nécessaire pour tuer un nombre donné de micro-organismes à une température donnée.

### **Point de Destruction Thermique:**

Température nécessaire pour tuer un nombre donné de micro-organismes pendant une durée donnée (généralement 10min.)

---

## Lois de la DTM (suite)

---

### **Valeur F**

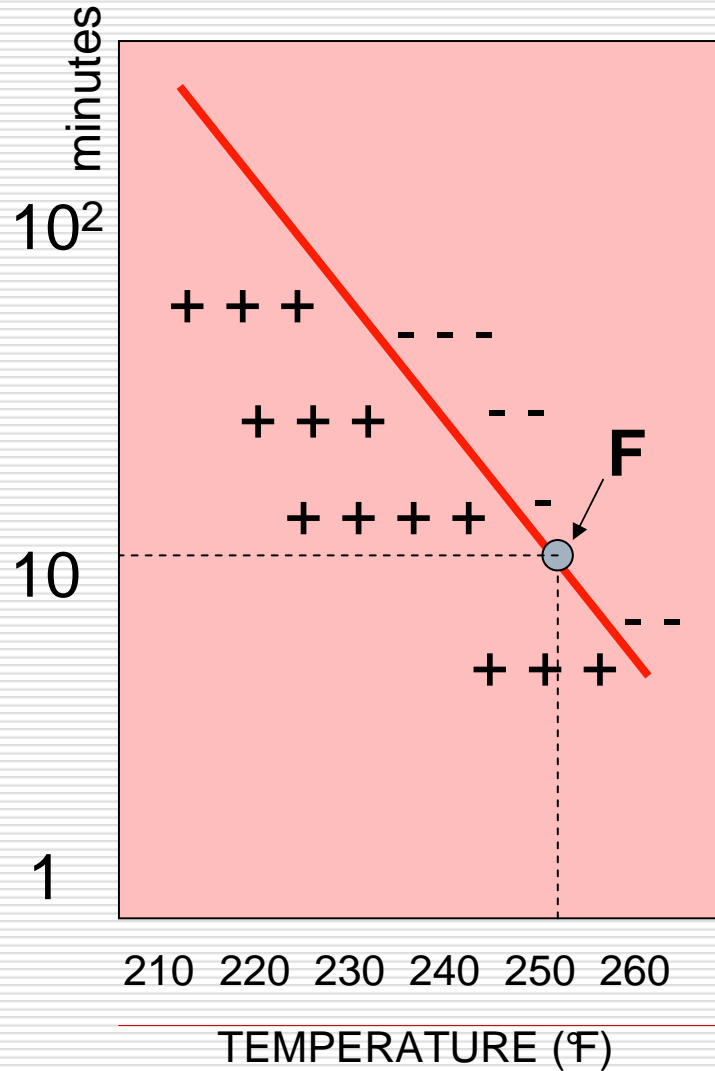
durée (en min.) à 250°F pour tuer un nombre donné de cellules d'une espèce donnée

### **Valeur D (Temps de Réduction Décimale)**

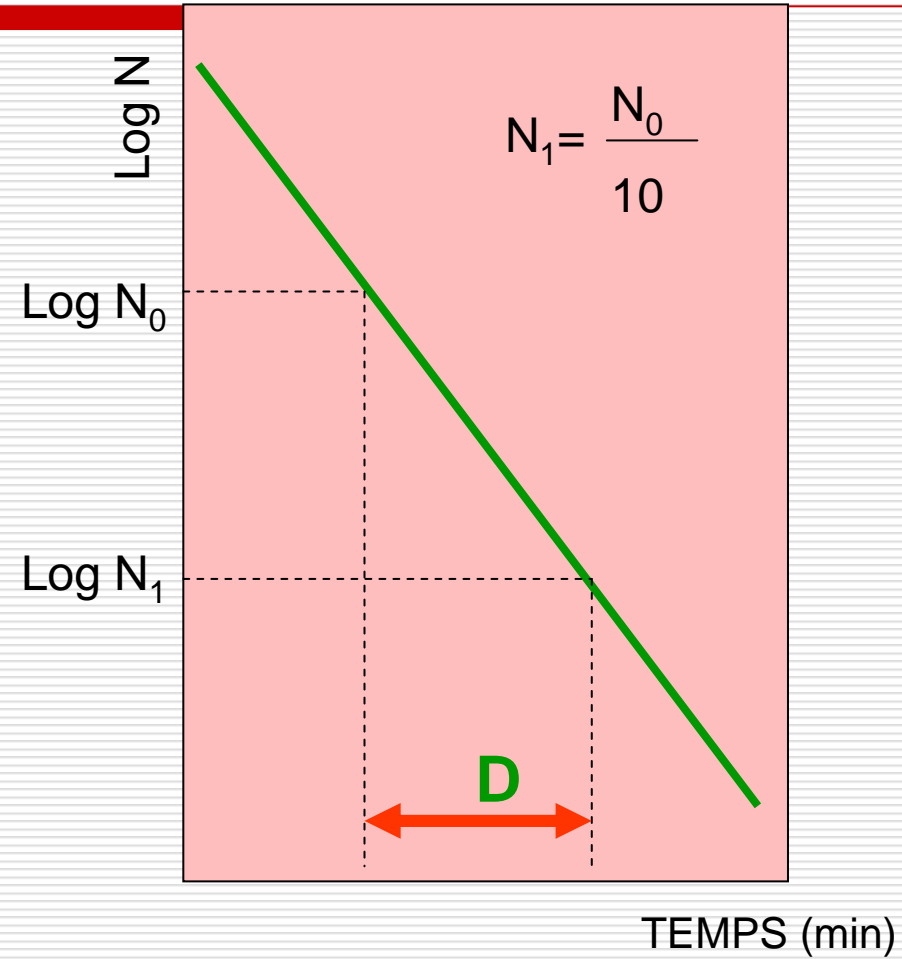
durée nécessaire pour tuer 90% des cellules ou des spores dans une population microbienne à une température donnée.

---

**Courbe des temps de destruction thermique**



**Evolution du nombre de micro-organismes vivants en fonction du temps à température constante**



## Lois de la DTM (suite)

---

**Dr (D de référence): D à 250°F (121°C) (en minutes);**  
varie avec le pH

---

<i>Bacillus coagulans</i>	0,01 - 0,07
<i>Clostridium sporogenes</i>	0,10 - 1,50
<i>Clostridium botulinum</i> (A et B)	0,10 - 0,21
<i>Clostridium nigrificans</i>	2,00 - 3,00
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3,00 - 4,00
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4,00 - 5,00

---

## Lois de la DTM (suite)

---

Soit  $N_0$  : Nombre initial de cellules

$N_1$  : Nombre final de cellules

A une température donnée,  $t = D \log \frac{N_0}{N_1}$

Par définition :  $D = t$  lorsque  $N_1 = \frac{N_0}{10}$

Stérilisation totale impossible :

Pour que  $N_1 = 0$  il faudrait que  $t \rightarrow \infty$

---

## Lois de la DTM (suite)

---

### □ **Concept 12 – D**

- Tolérance *Clostridium botulinum* dans l'aliment :  $10^{-12}$

exemple: sur  $10^{12}$  boîtes de conserve fabriquées contenant chacune une spore au départ, on tolère 1 boîte contaminée (contenant une spore) à la fin

---

## Concept 12 – D (suite)

---

$$\begin{aligned}t &= D (\text{Log } N_0 - \text{Log } N_1) \\F &= D r (\text{Log } N_0 - \text{Log } N_1) \\&= 0,21 (\text{Log } 1 - \text{Log } 10^{-12}) \\&= 0,21 \times 12 \\&= 2,52 \text{ min.}\end{aligned}$$

Donc, à 250°F (121° C), probabilité  
d'altération: 1 boîte/10<sup>12</sup> si 1  
spore/boîte au départ

---

## Applications

---

### □ Pasteurisation

- Définition et applications
- Barèmes (cas du lait)
- Résultats (cas du lait)

### □ Stérilisation

- Appertisation (autoclavage)
  - Stérilisation UHT
-

# Pasteurisation

---

## □ Définition et applications

### - **Chauffage** de:

- > liquides dans des échangeurs de chaleur (Pasteurisateurs)

- > produits emballés dans des bains d'eau

### - **Objectifs:**

- > hygiénique (micro-organismes pathogènes)

- > commercial (espèces responsables d'altération)

---

# Pasteurisation en vrac: avec un échangeur de chaleur



Une plaque

## Exemple: Pasteurisateur à plaques

Circulation à  
contre-courant  
lait-eau chaude



## Pasteurisation de produits emballés

---

Pasteurisation de produits en bouteilles (jus de fruits, bière, cidre):

- Remplissage et capsulage des bouteilles;
  - Chauffage progressif : aspersion d'eau de plus en plus chaude, jusqu'à 65 à 75°C;
  - Maintien à cette température pendant la durée nécessaire
  - Refroidissement : aspersion d'eau de plus en plus froide.
-

## Exemple de programme de pasteurisation

---

### Phase chauffage

- 1- 30°C, 3 min
- 2- 45°C, 5 min
- 3- 63°C, 12 min
- 4- 70°C, 17 min

### Phase refroidissement

- 5- 45°C, 4 min
  - 6- 35°C, 7 min
  - 7- 25°C, 2 min
-

## Pasteurisation (suite)

---

### □ Barèmes (cas du lait):

- \* 63°C, 30 min : LTLT (Low Temperature Long Time)
  - \* 72°C, 15 sec : HTST (High Temperature Short Time)
  - \* 85°C ou plus : Pasteurisation haute
-

## Pasteurisation (suite)

### □ Résultats (cas du lait)

- Destruction des pathogènes les plus résistants :

(ex.: *Mycobacterium tuberculosis*)

- Destruction des Moisissures et des Levures
- Destruction des bactéries à Gram négatif: surtout **Coliformes**
- Destruction de la plupart des bactéries à Gram positif
- Dénaturation **Phosphatase alcaline** (LTLT)
- Dénaturation de la **Lactoperoxydase** (HTST)

Contrôle



## Pasteurisation (suite)

---

□ Résistant : Bactéries thermorésistantes  
Autres : selon  $N_0$  initial

→ Autorisé :  $3 \times 10^4$  microorganismes  
vivants/ml

→ Nécessité de réfrigérer

→ Shelf-life : 2-3 jours sous réfrigération

---

# Stérilisation

---

- Stérilisation classique en autoclave (appertisation)
- Stérilisation UHT (Ultra Haute Température)

# Appertisation

---

- Conserves: préparations alimentaires conditionnées dans des contenants hermétiques et soumises à un traitement thermique assurant la stérilisation commerciale
  - Objectifs:
    - tuer les spores de *Clostridium botulinum*
    - tuer les micro-organismes d'altération
    - tuer les autres pathogènes éventuels
-

## Appertisation (suite)

---

### □ Technologie:

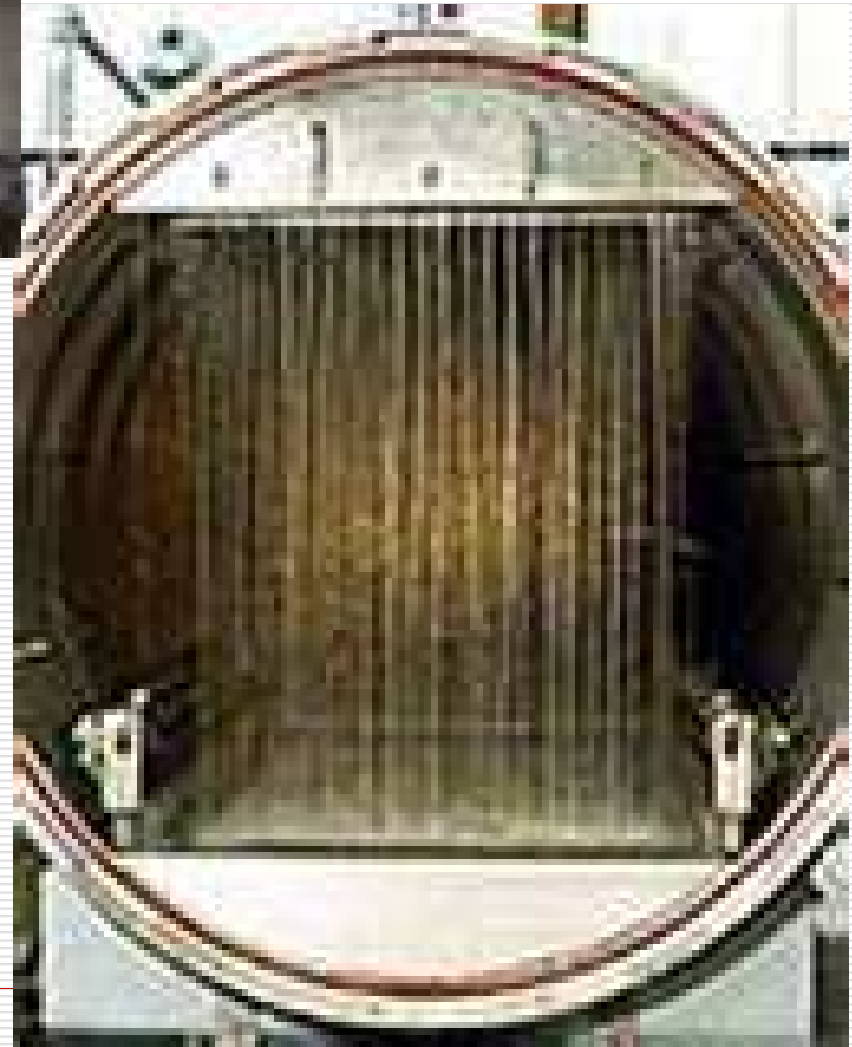
- Remplissage des contenants (boîtes métalliques, bocaux en verre, etc.)
  - Cuisson
  - Sertissage (boîtes) ou capsulage (bocaux)
  - Stérilisation: autoclave statique ou rotatif (120°C, 20 min ou plus)
  - Refroidissement rapide (eau de bonne qualité bactériologique)
-

# Autoclaves





**Steriflow:**  
autoclave avec  
système de  
refroidissement  
intégré



## Appertisation (suite)

---

### ☐ Attention! Défauts graves possibles

- Stérilisation insuffisante: survie de bactéries sporulées (dont les *Clostridium*)
  - Contamination post-stérilisation: défaut de serti, eaux de refroidissement malpropres, etc.
-

## Stérilisation UHT

---

- ❑ Appliquée aux liquides (lait, crème, fromage fondu, jus de fruits, etc.)
  - ❑ Barème: 140-150°C, moins d'une seconde à quelques secondes
  - ❑ Destruction de tous les micro-organismes
  - ❑ Préservation des protéines, des vitamines , etc.
-

## Technologie UHT

---

- ❑ échangeur de chaleur (vapeur) ou
  - ❑ injection de vapeur: élévation très rapide de la température
  - ❑ Chambrage (maintien de la température le temps du traitement)
  - ❑ Refroidissement (échangeur ou Flash-cooler)
  - ❑ Conditionnement aseptique
-



鸿顺贸易  
HONGSHUN TRADE

Build Your Dream



Hongshun trade CO., Ltd

zzhongshun.en.alibaba.com

Hongshun trade CO., Ltd

---

Stérilisateur  
UHT

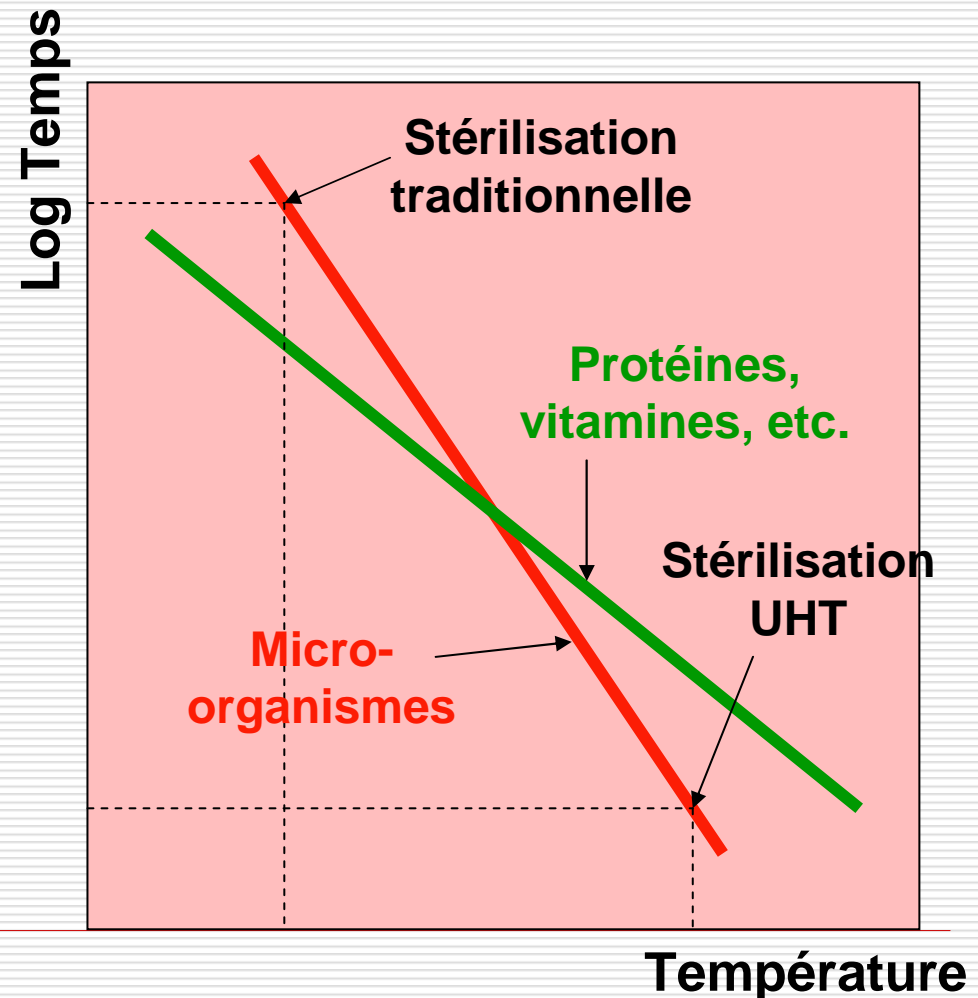
---



---

Stérilisateur tubulaire UHT

- **Avantage de l'UHT:**  
préservation des propriétés nutritionnelles et organoleptiques du produit traité



## Comparaison produit pasteurisé - produit stérilisé

	Produit pasteurisé	Produit stérilisé
Présence de microorganismes vivants	OUI	NON
Transport et Conservation	Réfrigération (sauf produit acide et/ou sucré (salé))	Température ambiante (tant que contenant fermé)
Qualité nutritionnelle et organoleptique	Légèrement touchées	Plus sévèrement touchées (sauf UHT)

---

## 3.3- Stabilisation par le froid

---

- 3.3.1- Principe
  - 3.3.2- Réfrigération
  - 3.3.3- Congélation – surgélation
  - 3.3.4- Notion de chaîne du froid
-

### 3.3.1- Principe

---

- Le froid inhibe la croissance microbienne (T < temp. minimale de croissance)
  - Autres effets du froid:
    - Inhibition des enzymes naturelles du produit
    - Inhibition des réactions non enzymatiques (oxydation)
    - Ralentissement de phénomènes physiques (dessiccation)
-

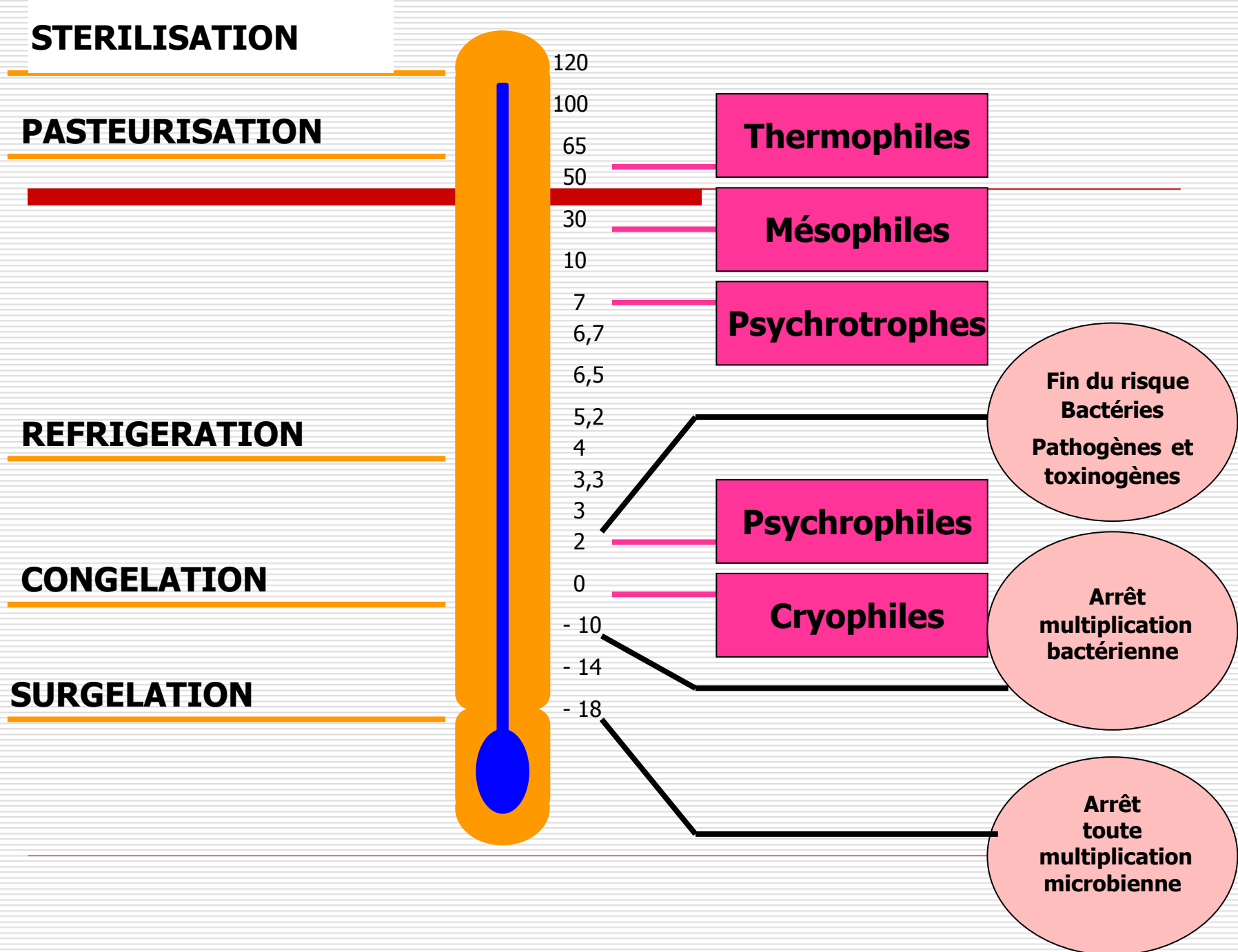
## Températures cardinales de croissance de quelques bactéries

---

Bactéries	Min.	Opt.	Max.
<i>Salmonella</i>	<b>5</b>	35-37	47
<i>Listeria monocytogenes</i>	<b>2-4</b>	30-37	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>	<b>0</b>	29	42
<i>Staphylococcus aureus</i>	<b>6</b>	-	45-49
<i>Clostridium perfringens</i>	<b>15</b>	43-47	52
<i>Cl. botulinum</i> (A & B)	<b>10</b>	-	-
<i>Cl. botulinum</i> (E)	<b>3,3</b>	-	-

## Températures cardinales de croissance de quelques microorganismes fongiques

Microorganismes fongiques		Min.	Opt.	Max.
Levures	<i>Debaryomyces hansenii</i>	<b>8</b>	-	37
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<b>0</b>	-	40
Moisissures	<i>Aspergillus flavus</i>	<b>10</b>	30	45
	<i>Botrytis cinerea</i>	<b>- 4</b>	22	37
	<i>Cladosporium herbarum</i>	<b>- 6</b>	25	40
	<i>Mucor mucedo</i>	<b>6</b>	15-25	-
	<i>Penicillium brevicompactum</i>	<b>- 2</b>	22	28
	<i>Penicillium camemberti</i>	<b>6</b>	15-25	-
	<i>Penicillium roqueforti</i>	<b>2</b>	18-20	35
	<i>Geotrichum candidum</i>	<b>4</b>	22-30	38



## 3.3.2- Réfrigération

---

- Définition
  - Produits concernés
  - Buts de la réfrigération
  - Moyens
  - Limites
-

## Définition

---

la réfrigération est l'opération qui consiste à porter et maintenir le produit à une faible température positive (l'eau du produit reste liquide)

---

## Produits concernés (niveau de traitement)

---

- . Matières premières
  - . Produits intermédiaires
  - . Produits finis
-

## Produits concernés (nature)

---

- Fruits et légumes;
  - Poissons et autres produits de la pêche;
  - Lait et produits laitiers;
  - Viandes (rouges et blanches) et dérivés;
  - Produits élaborés (salades, marinades, etc.).
-

## Buts de la réfrigération

---

- Entreposage ou stockage
- Transport réfrigéré (ne pas confondre avec transport isotherme)
- Exposition vente

## Moyens de réfrigération

---

- Glace en contact avec produit (poisson)
  - Maintien dans atmosphère froide (chambre froide, container réfrigéré)
  - Circulation externe de liquide réfrigérant (citerne réfrigérée)
- Remarque: passage rapide à la température de réfrigération (tunnel de réfrigération)
-

## Limites

---

□ durée limitée à cause de:

- Microorganismes psychrophiles ou psychrotrophes
  - Réactions enzymatiques et chimiques
  - Évaporation de l'eau
-

### **3.3.3- Congélation-surgélation**

---

- Définition
  - Produits concernés
  - Technologie
  - Contraintes
-

## Définition

---

- Congélation: opération qui consiste à porter le produit à une température négative ( $- 18^{\circ}\text{C}$  en général); l'eau du produit passe à l'état solide
  - Surgélation: congélation rapide (éviter la formation de gros cristaux de glace): meilleure qualité après décongélation
-



Cristaux de glace  
pointus

---



## Produits concernés

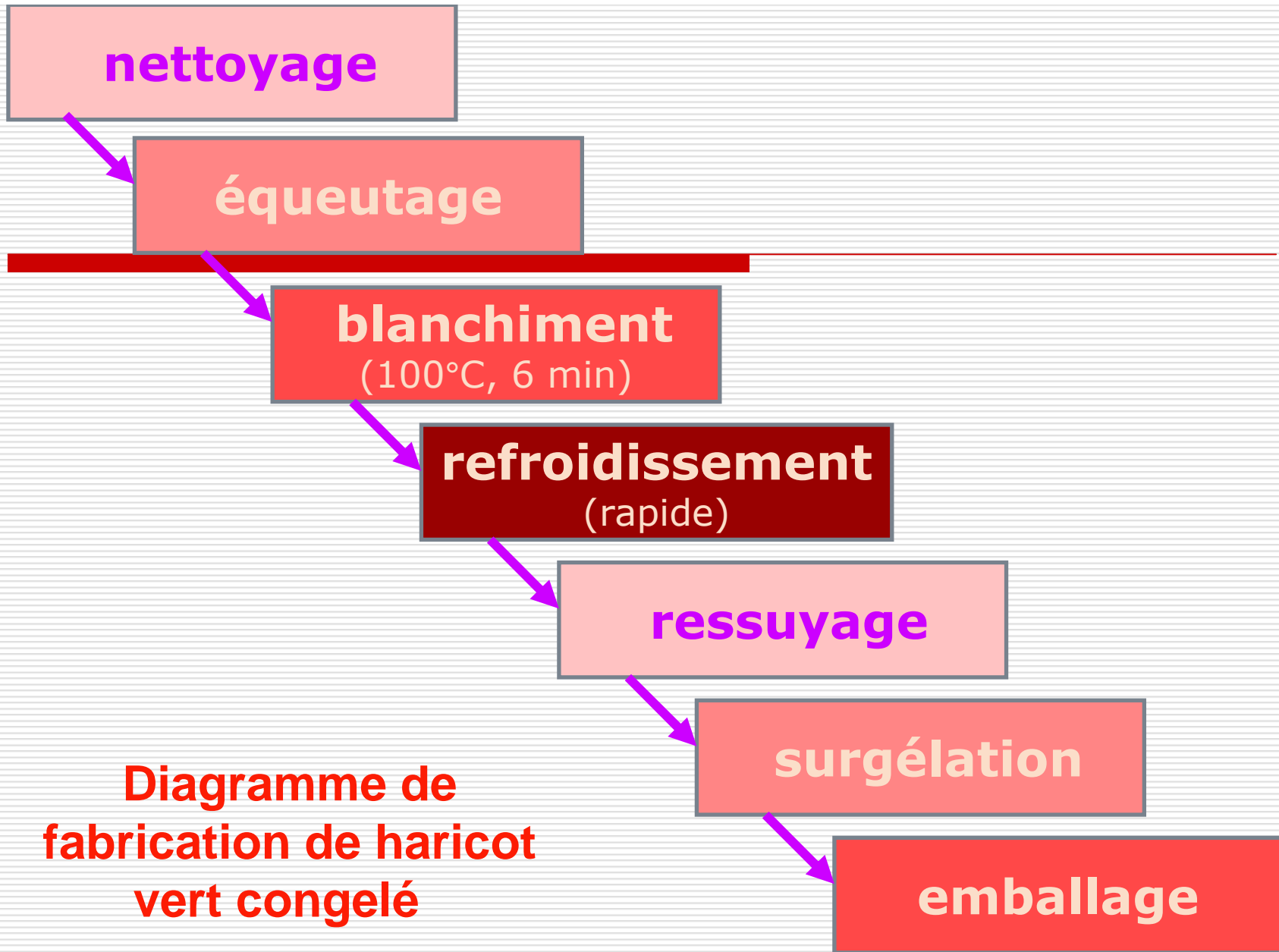
---

- Niveau de traitement: matières premières, produits intermédiaires, produits finis.
  - Nature: toutes sortes de produits concernés par la réfrigération + d'autres (pain, viennoiseries, pizzas, etc.)
-

## Technologie

---

- Préparation (soignée)
  - . Triage
  - . Nettoyage
  - . Blanchiment: traitement thermique léger (destruction de microorganismes et d'enzymes, fixation de couleur)
  - . Réfrigération préalable
-



**Diagramme de fabrication de haricot vert congelé**

## Congélation proprement dite

---

- . Lente: inconvénients
  - . Rapide: tunnel de congélation
-



**Exemple de tunnel de surgélation**

## Fonctionnement du tunnel de surgélation

---

- Produit placé sur une bande transporteuse circulant dans une enceinte isolée
  - Fluide cryogénique (azote liquide ou CO<sub>2</sub>) pulvérisé sur le produit; il prend de la chaleur au produit et s'évapore
  - Le gaz formé est brassé à l'air circulant (extrait plus de chaleur) et est rejeté dans l'atmosphère
-



**Intérieur d'un tunnel de surgélation**

---

### 3.3.4- Notion de chaîne du froid

---

- Un produit réfrigéré ou congelé doit être maintenu à une température convenable depuis sa fabrication jusqu'à sa consommation
- Des moyens doivent être mis en œuvre pour assurer cette continuité à tous les niveaux: entreposage, transport, exposition vente, ménage, etc.



**Chaîne du froid**

### 3.3.4- Notion de chaîne du froid (suite)

---

- Si le froid n'est plus assuré à un niveau quelconque, risque d'altération du produit;



**Rupture de la chaîne du froid**

---

## 3.4- Utilisation de conservateurs antimicrobiens

---

- Définition
  - Propriétés d'un conservateur chimique
  - Précautions avant d'autoriser un conservateur chimique
  - Liste des produits « GRAS »
  - Autres conservateurs
-

## Définition

---

- ❑ Conservateur antimicrobien: additif alimentaire utilisé essentiellement pour son action antimicrobienne (peut être spécifiquement antibactérien, antifongique, etc.)
  - ❑ Certains additifs utilisés à d'autres fins ont une activité antimicrobienne secondaire (antioxydants, fixateurs de couleur, aromatisants, etc.)
-

## Propriétés d'un conservateur chimique

---

- Non toxique pour le consommateur (concentration)
- Actif à faible dose
- Effet inhibiteur ou (mieux) destructeur
- Instable de préférence (stockage ou cuisson)
- Action non inhibée par les constituants de l'aliment
- Ne provoque pas d'apparition de souches résistantes
- Non utilisé en thérapeutique humaine ou animale
- Facile à utiliser
- Sans effets sur les propriétés organoleptiques
- Peu coûteux

## Précautions avant d'autoriser un conservateur

---

- ❑ Tests de toxicité (surtout sur animaux): longs et coûteux
- ❑ Liste des substances « inoffensives »

**Aux USA, liste des substances « GRAS »  
(Generally Recognized As Safe)  
établie par la FDA**

## Liste des conservateurs antimicrobiens GRAS (USA)

<b>Substances</b>	<b>Concentration autorisée</b>	<b>Organismes sensibles</b>	<b>Types d'aliments concernés</b>
<b>Acide propionique, propionates</b>	0,32%	Moisissures	Pain, pâtisseries, certains fromages
<b>Acide sorbique, sorbates</b>	0,20%	Moisissures	Fromages, figues, pâtisseries, sirops
<b>Acide benzoïque, benzoates</b>	0,10%	Levures et moisissures	Margarine, cornichons, boissons gazeuses, jus de tomate
<b>Parabens</b>	0,10%	Levures et moisissures	Pain, pâtisseries, boissons gazeuses

## Liste des conservateurs antimicrobiens GRAS (USA) (suite)

<b>Substances</b>	<b>Concentration autorisée</b>	<b>Organismes sensibles</b>	<b>Types d'aliments concernés</b>
<b>SO<sub>2</sub>, sulfites</b>	200-300 ppm	Insectes, micro-organismes	Fruits séchés, jus d'orange
<b>Oxydes d'éthylène et de propylène</b>	700 ppm	Levures et moisissures, vers	Épices
<b>Diacétate de sodium</b>	0,32%	Moisissures	Pain

## Liste des conservateurs antimicrobiens GRAS (USA) (suite)

Substances	Concentration autorisée	Organismes sensibles	Types d'aliments concernés
<b>Acide déhydroacétique</b>	65 ppm	Insectes	Fraises
<b>Nitrite de sodium*</b>	120 ppm	<i>Clostridium</i>	Produits carnés
<b>Acide caprylique</b>	-	Levures	Emballage des fromages
<b>Formate d'éthylène</b>	15-200 ppm	Levures et moisissures	Fruits séchés

\* De plus en plus remplacé par la nisine

## 3.5- Conservation par abaissement de l'activité de l'eau

---

- Principe
  - Activité de l'eau ( $a_w$ ) minimale des micro-organismes
  - Teneur critique en eau des aliments
  - Salage
  - Sucrage
  - Évaporation de l'eau
  - Interactions de l' $a_w$  avec d'autres paramètres
-

## Principe

---

- Chaque micro-organisme exige une activité de l'eau ( $a_w$ ) minimale pour sa croissance
  
  - Abaisser l' $a_w$  en dessous du minimum exigé par les micro-organismes permet de préserver les aliments contre l'altération microbienne
-

## Aw minimale des micro-organismes

---

### Aw min. (en moyenne)

Bactéries	0,90-0,91
Levures	0,88
Moisissures	0,80
Bac. halophiles	0,75
Mois. xérophiles	0,65
Lev. osmophiles	0,60

### Aw min. (certaines espèces)

<i>Candida utilis</i>	0,94
<i>Mucor spinosus</i>	0,93
<i>Candida zeylanoides</i>	0,90
<i>Aspergillus glaucus</i>	0,70
<i>A. echinulatus</i>	0,64
<i>Saccharomyces rouxii</i>	0,62

**Minimum absolu: 0,6**

# Teneur critique en eau des aliments

---

Teneur critique: « alarm water content »  
en % (à 20°C, HR de l'air 70%)

- |  |              |   |              |
|--|--------------|---|--------------|
| <input type="checkbox"/> Lait en poudre entier | <b>8</b>     |   |              |
| <input type="checkbox"/> Œuf entier déshydraté | <b>10-11</b> |   |              |
| <input type="checkbox"/> Farine de blé         | <b>13-15</b> | <input type="checkbox"/> Viande dégraissée séchée | <b>15</b>    |
| <input type="checkbox"/> Riz                   | <b>13-15</b> | <input type="checkbox"/> Légumes déshydratés      | <b>14-20</b> |
|  |              | <input type="checkbox"/> Amidon                   | <b>18</b>    |
|  |              | <input type="checkbox"/> Fruits déshydratés       | <b>18-25</b> |

## Salage

---

- Le sel inhibe bactéries, levures et moisissures à partir de 3 à 5%
- Toutes bactéries généralement inhibées à 20% (sauf *Staphylococcus aureus*)

**Taux de sel  
NaCl (en %)  
nécessaire pour  
inhiber les  
bactéries**

<i>Clostridium botulinum</i> A & B	10
<i>Cl. botulinum</i> E	5
<i>Cl. perfringens</i>	7
<i>Salmonella</i>	8
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	10
<i>Staphylococcus aureus</i>	22

## Salage (suite)

## Halophiles & Halotolérants

Catégorie	Croissance	Concentration en sel (en %)
Halotolérants	Possible	$\geq 5$ (sel pas nécessaire)
Faiblement halophiles	Inhibée	$< 0,5$ ou $> 5$
Halophiles modérés	Optimale	$4 < \text{sel} < 9$ (eaux de mer)
Extrêmement halophiles ( <i>Halobacterium</i> , <i>Halococcus</i> )	Minimale Optimale	$> 15$ $20 < \text{sel} < 30$ (saumures)

## Sucrage

---

- Les sucres exercent le même effet que le sel, mais force osmotique plus faible (sel 6 fois plus efficace que saccharose et 11,9 fois plus que lactose)
- **Attention!** présence d'espèces osmophiles: certaines levures et moisissures poussent en présence de 60% de sucre

Ex: *Saccharomyces rouxii*. (altération du miel)

## évaporation de l'eau

---

- ❑ Appliquée à beaucoup d'aliments: poisson, viande, œufs, lait, fruits, légumes, etc.
  - ❑ Peut être accompagnée de salage (poisson, viande) ou de sucrage (lait concentré sucré)
  - ❑ Peut être:
    - modérée: concentration (lait, tomate)
    - poussée: séchage (lait, levure, tomate)
-

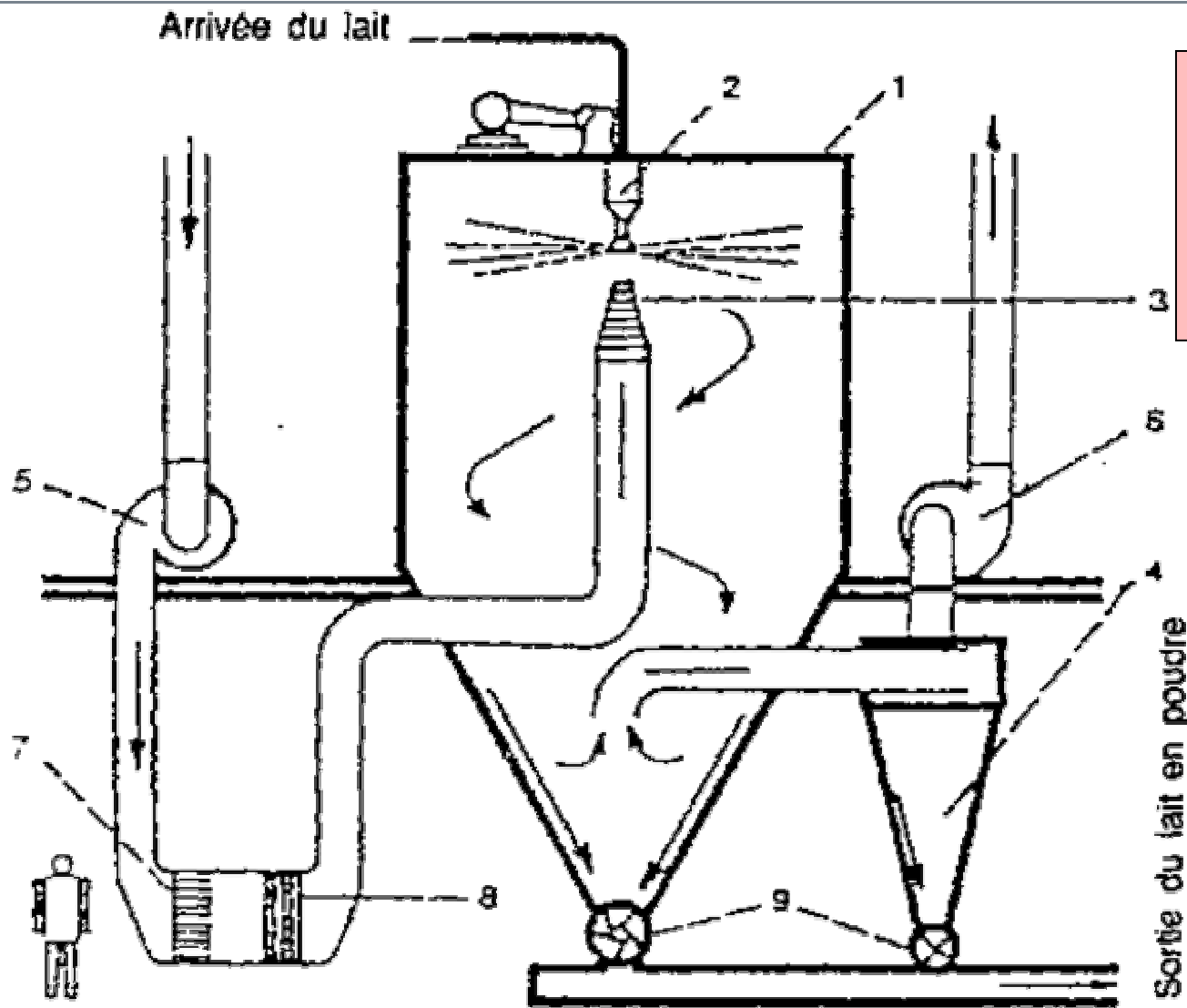
## Evaporation de l'eau (suite)

---

### □ Exemple du lait

- Lait concentré non sucré: 60% de l'eau à évaporer, produit fini à 11,5% de lactose  
**doit être stérilisé**
  - Lait concentré sucré: évaporation de l'eau + addition de saccharose ou de glucose; produit fini à 54-64% de sucres  
**stérilisation inutile**
  - Lait en poudre: évaporation suivie de séchage; humidité négligeable
-

**Procédé de séchage  
Spray  
(atomisation)**



1. Tour de séchage

2. Atomiseur

3. Distributeur d'air chaud

4. Cyclone permettant la récupération de la poudre entraînée par l'air

5. Ventilateur

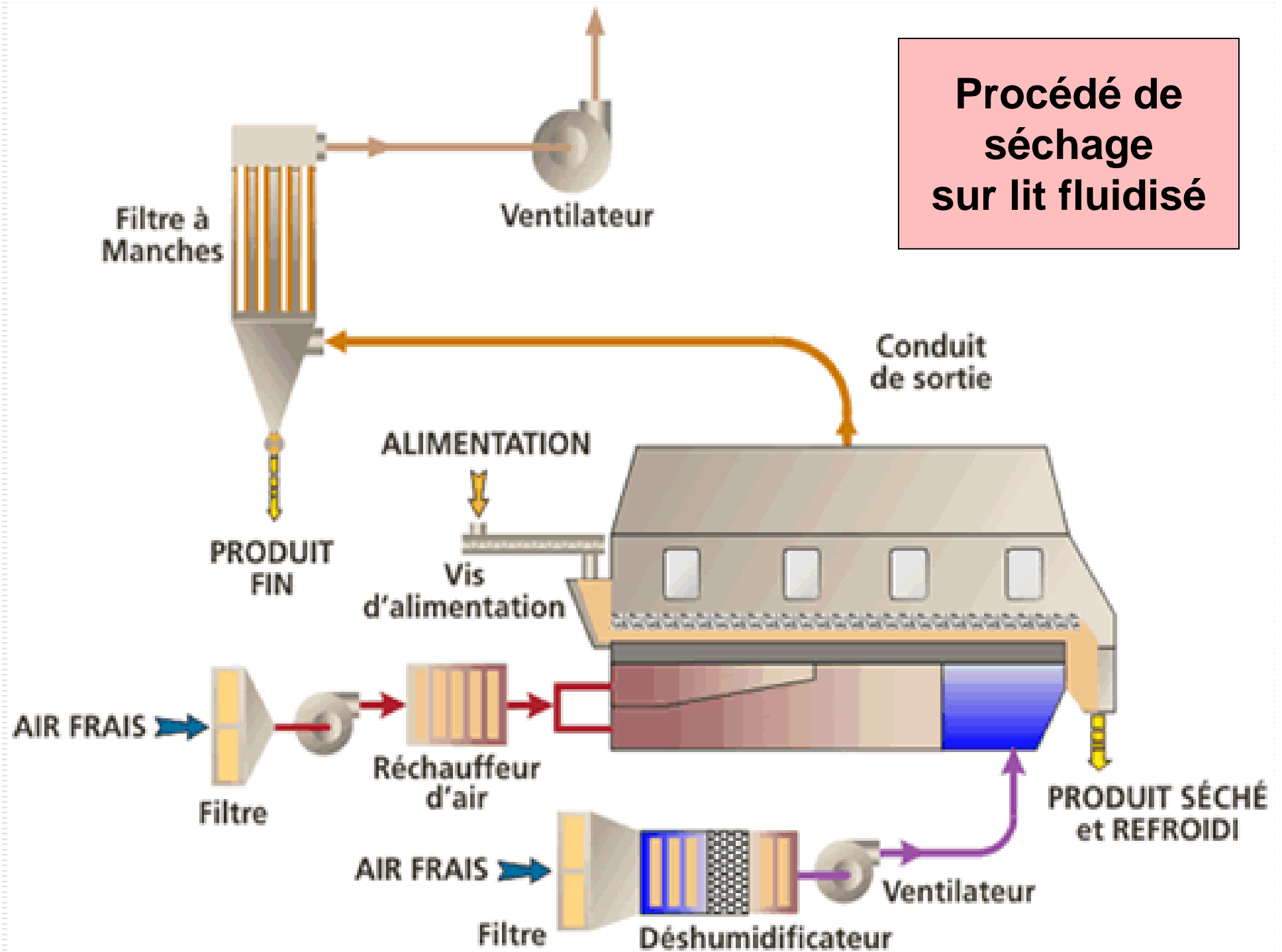
6. Aspirateur

7. Filtre

8. Calorifère

9. Distributeur de sortie

# Procédé de séchage sur lit fluidisé



## Interactions de l'aw avec d'autres paramètres (ex.: la viande)

pH et aw	Température	Conservabilité	Catégorie de viande
pH > 5 <b>ou</b> aw > 0,95	≤ +5°C	15 jours	Très périssable
5 < pH < 5,2 <b>ou</b> 0,91 < aw < 0,95	≤ +10°C	1 mois	Périssable
pH ≤ 5,2 <b>&amp;</b> aw < 0,95 <b>ou</b> pH < 5 <b>ou</b> aw < 0,91	ambiante	-	Non périssable

# CHAPITRE 4

## TECHNOLOGIES DE BIOSYNTHESE ET DE FERMENTATION

---

- 4.1- Généralités
- 4.2- Production de levure  
boulangère
- 4.3- Production d'olives  
fermentées

# 4.1- Généralités

---

- Définitions
- Effets des fermentations sur les aliments
- Principaux produits alimentaires fermentés

## Définitions

---

- Technologies de biosynthèse et de fermentation: technologies dans lesquelles le rôle des micro-organismes est prépondérant; les fermentations microbiennes sont les principaux phénomènes
  - Les fermentations jouent parfois un rôle (secondaire) dans d'autres industries
-

## Définitions (suite)

---

- Une fermentation est:
  - **biochimiquement**: une succession de réactions partant d'un substrat déterminé (un glucide généralement) pour aboutir à **un produit final** (qui définit la fermentation)
  - **Microbiologiquement**: toute transformation apportée à un milieu donné par l'action des micro-organismes; **produit final principal** & produits **secondaires**
  - **Industriellement**: toute culture microbienne

## Effets des fermentations

---

- ❑ Développement du goût et de l'arôme
  - ❑ Modification de la consistance et de la texture
  - ❑ Enrichissement nutritionnel
  - ❑ Amélioration de la digestibilité
  - ❑ Améliore la conservabilité: protection contre les micro-organismes indésirables
-

# Principaux produits alimentaires fermentés

---

## □ Produits laitiers

- Lait fermentés: yaourt, Iben, képhir, koumiss, etc.
- Fromages
- Crème de beurrerie

## □ Produits carnés

- Saucisson crû

## □ Produits végétaux

- Olives, cornichons, etc.
- Pain
- Choucroute

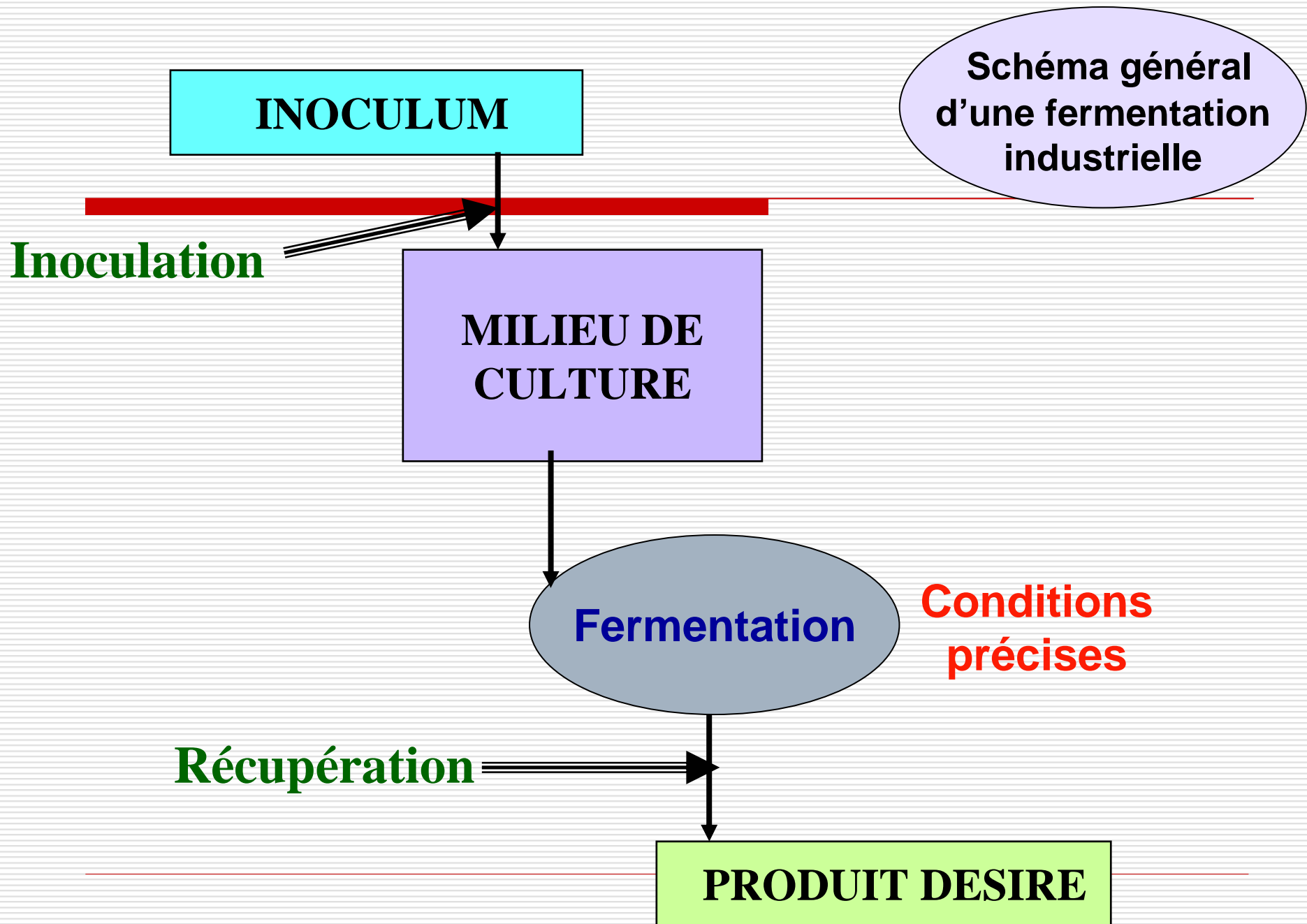
## □ Boissons et dérivés

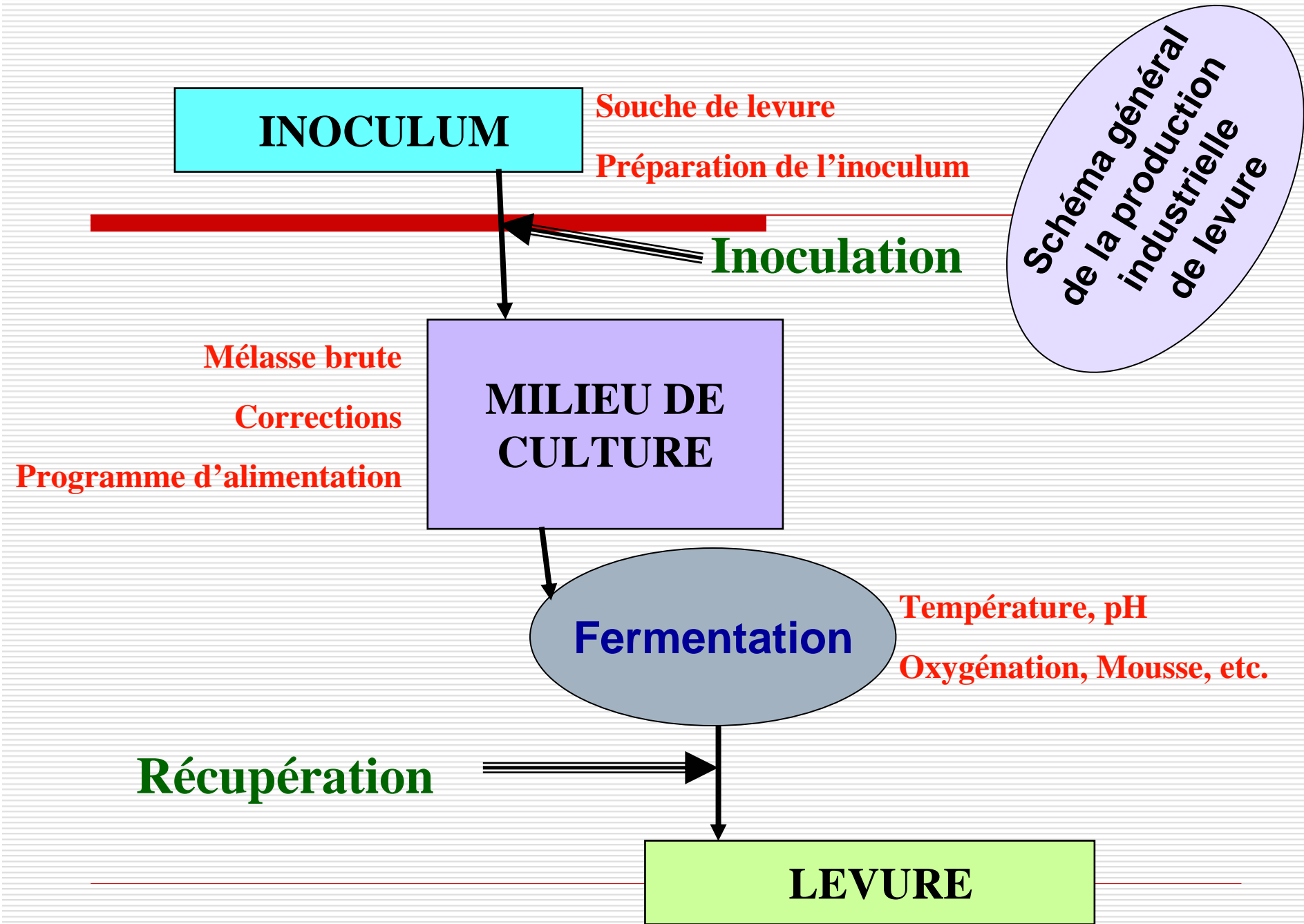
- Vins, bières, etc.
- Vinaigre

## 4.2- Production de levure boulangère

---

- Introduction
  - 4.2.1- La souche de levure boulangère
  - 4.2.2- Le milieu de culture en levurerie industrielle
  - 4.2.3- Conduite de la culture
  - 4.2.4- Récupération et conditionnement des formes commerciales
-





## 4.2.1- La souche de levure

---

- Espèce: *Saccharomyces cerevisiae*  
(levure boulangère ou levure de bière)
  - Souches pour la panification à activité élevée (intense production de CO<sub>2</sub> dans la pâte): élasticité de la mie
  - Aussi rôle dans l'arôme et la qualité nutritionnelle du pain
-

### 4.2.1- La souche de levure (suite)

---

- Reproduction par bourgeonnement (plus intense en milieu aérobie)
  - Production de cellules (croissance) et production d'éthanol: 2 phénomènes toujours en compétition
-



**Cicatrice de  
bourgeoisement**

This image shows a microscopic view of a budding yeast cell. The cell is roughly oval-shaped and appears to be in the process of dividing. A smaller, rounded bud is attached to the right side of the larger cell. Two yellow arrows point from text labels to specific features: one points to a small, clear spot on the surface of the larger cell, and the other points to the bud. The background is dark, making the light-colored cell stand out.

**Bourgeois**

**Bourgeoisement  
de la levure**

**GLUCOSE**  
 $C_6H_{12}O_6$

**Effet  
Glucose  
(Crabtree)**

**ACIDE PYRUVIQUE**  
 $2CH_3COCOOH$

**O<sub>2</sub>**

**Effet  
Pasteur**

**Cycle  
de  
Krebs**

**6 CO<sub>2</sub> + 6 H<sub>2</sub>O + 38 ATP**

**2 CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH + 2 CO<sub>2</sub> + 4 ATP**

**CROISSANCE IMPORTANTE**

**CROISSANCE FAIBLE**

## 4.2.2- Le milieu de culture

---

- Le milieu de base: la mélasse de sucrerie:
  - . Composition
  - . Défauts de la mélasse et leur correction
-

## Composition moyenne de la mélasse de canne et de la mélasse de betterave

Composition moyenne	Betterave		Canne	
<b>Eau</b>	<b>16,5</b>		<b>20,0</b>	
<b>Sucres: saccharose</b>	<b>51,0</b>	} <b>53,0</b>	<b>32</b>	} <b>62</b>
<b>glucose</b>	<b>1,0</b>		<b>14</b>	
<b>fructose</b>			<b>16</b>	
<b>raffinose</b>	<b>1,0</b>		-	
<b>Mat.azotées totales</b>	<b>19,0</b>		<b>10,0</b>	
<b>Cendres SiO<sub>2</sub></b>	<b>0,10</b>	} <b>11,5</b>	<b>0,5</b>	} <b>8,0</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>3,90</b>		<b>3,5</b>	
<b>CaO</b>	<b>0,26</b>		<b>1,5</b>	
<b>MgO</b>	<b>0,16</b>		<b>0,1</b>	
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>0,06</b>		<b>0,2</b>	
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>1,30</b>		-	
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0,02</b>		<b>0,2</b>	
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0,07</b>		-	
<b>Résidus carbonatés (en CO<sub>2</sub>)</b>	<b>3,50</b>		-	
<b>Résidus sulfatés (en SO<sub>3</sub>)</b>	<b>0,55</b>		<b>1,6</b>	
<b>Chlorures</b>	<b>1,60</b>		<b>0,4</b>	

## Défauts de la mélasse et leur correction

---

- Défauts liés à la concentration élevée en sucres:
    - + Viscosité élevée
    - + Activité de l'eau faible
    - + Pression osmotique élevée
    - + Effet glucose
  - Déséquilibre nutritionnel
  - Présence de substances inhibitrices
  - Contaminants microbiens
  - Matières en suspension (troubles)
  - Production saisonnière
-

## Viscosité

---

- Elle gêne les transvasements et la clarification
- Effet du Brix: à 20°C, 471 poises pour Brix 82,3  
56 poises pour Brix 78,5
- Effet de la température: pour Brix 78,5  
56 poises à 20°C  
4 poises à 50°C
- Remèdes
  - . Chauffage pour transvasements seuls
  - . Dilution → pour clarification et stérilisation  
(1/2 à 1/3: Brix 25-40)

## Substances inhibitrices

---

- Nature et origine
  - .  $\text{SO}_2$ : traitement des betteraves à la réception; sulfitation au diffuseur
  - . Nitrites: engrais ( $\text{NO}_3^-$  réduits par bactéries)
  - . Hydroxy Méthyl Furfural (HMF): réaction de Maillard; surtout mélasse de canne
  - . Imido disulfonate de Potassium: complexe entre  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{K}^+$  (précipite à froid)
- Remèdes: contrôle préalable; dilution (< CMI)

## Déficiences nutritionnelles

---

- Origines: déséquilibre de la composition  
dilution (obligatoire)
  - Remèdes
    - . **Azote**: urée, sels d'ammonium (sulfate par exemple), ammoniacque (régulation du pH)
    - . **Phosphore et soufre**: ac. phosphorique ou ac. sulfurique (pH initial); sulfate et phosphate d'ammonium par la suite (progressivement);
    - . **Oligo-éléments**: Cu et Fe surtout, Mg, Zn, etc.
    - . **Facteurs de croissance**: Biotine (pour mélasses de betterave); Thiamine (mélasses de canne).
-

## Présence de matières en suspension

---

- Inconvénients:
    - . Stérilisation difficile
    - . Croissance de la levure ralentie
    - . Coloration anormale de la levure commerciale
  - Remède: clarification (par précipitation ou centrifugation)
-

## Autres contraintes

---

- Présence de micro-organismes contaminants

Remède: stérilisation

- Production saisonnière

Solution: stockage

---

## 4.2.3- Conduite de la fermentation

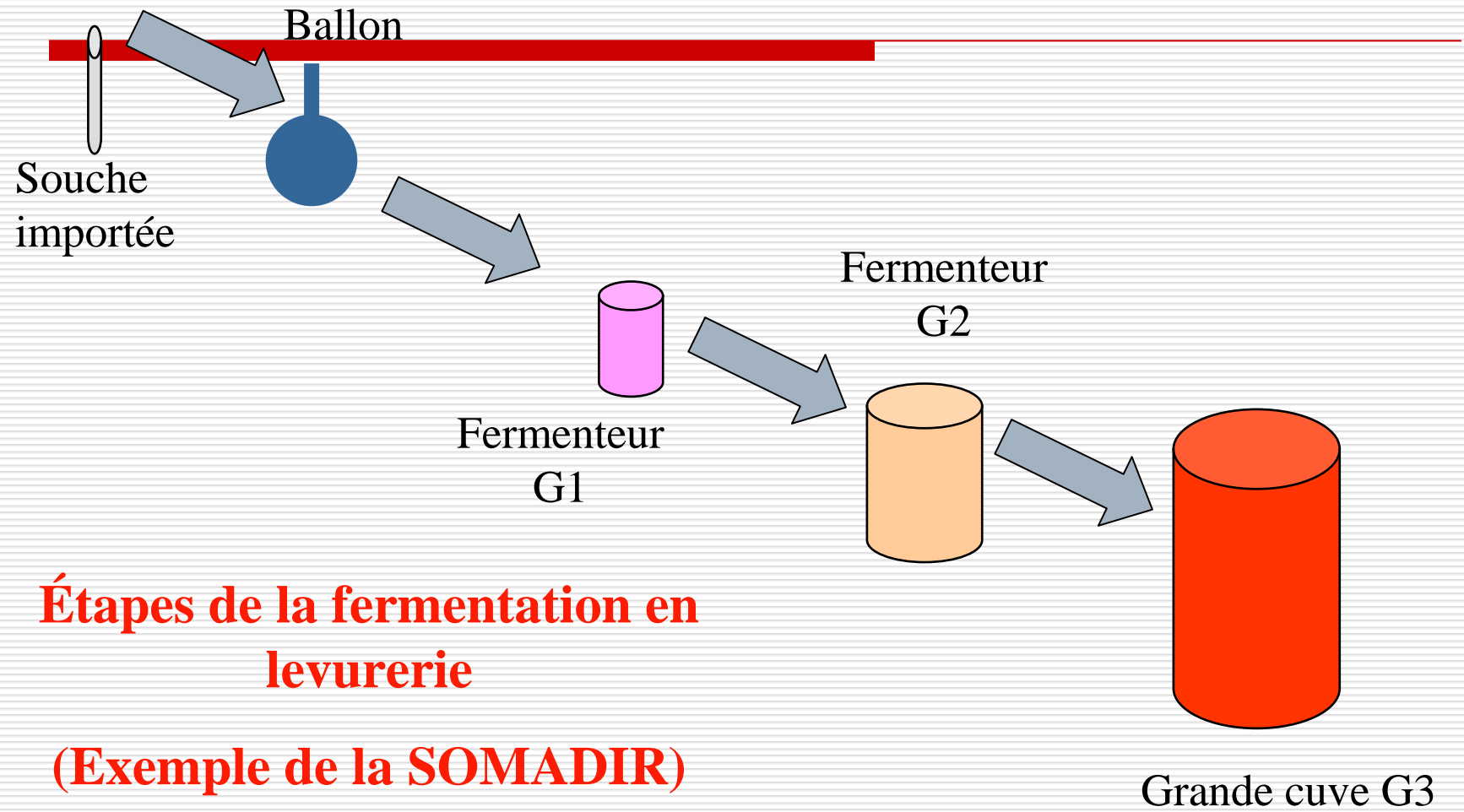
---

- Étapes de la fermentation
- Contrôles des paramètres de la culture
  - . pH
  - . Température
  - . Oxygénation
  - . Mousse
  - . Alimentation en substrats
  - . Taux de croissance

## Etapes de la fermentation

---

- Préparation au laboratoire (ballon)
- G1: petit fermenteur
- G2: 2<sup>ème</sup> fermenteur
- G3: grande cuve
- Générations suivantes



## Etapes de la fermentation (suite)

---

- Type de fermentation en grande cuve G3: fermentation en batch avec alimentation progressive en substrat
  - Préparation d'une pré-couche (sous-couche): eau + mélasse pré-diluée et traitée + solutions de supplémentation + acide (pH) + inoculum
  - Aération et mise en marche des systèmes de régulation
  - Addition progressive de mélasse pré-diluée et de solutions de supplémentation selon besoin
-

## Génération suivantes

---

- La biomasse obtenue dans G3 concentrée par centrifugation (crème de levure)
  - Répartie en plusieurs fractions
  - Chaque fraction servira à ensemencher une cuve de type G3
  - Opération répétée sur plusieurs générations (6 à 8): économie de souche importée
-

## Contrôle des paramètres de la culture

---

### □ pH

- Culture possible entre pH 3,5 et 7
- pH acides préférés pour éviter les contaminations bactériennes
- Évolution du pH en cours de fermentation: le rétablir par addition d'acide sulfurique ou d'ammoniaque (régulation automatique)

## Contrôle des paramètres de la culture (suite)

---

### □ Température

- Croissance possible entre 20 et 40°C (glt 32-34°C)
  - Basses températures: meilleure efficacité de la conversion du substrat en cellules
  - Hautes températures ( $> 35^{\circ}\text{C}$ ): perte de rendement par augmentation d'activité fermentaire
  - Dégagement de chaleur par fermentation: 3200 Kcal/Kg de levure sèche (700 Kcal/Kg de mélasse à 50% de sucres)
  - Refroidissement peut être régulé automatiquement (thermostat)
-

## Contrôle des paramètres de la culture (suite)

---

### □ Oxygénation

- 1g d'O<sub>2</sub> nécessaire pour produire 1g de levure sèche
  - Quantité d'air nécessaire: 20-25 m<sup>3</sup>/Kg de levure sèche
  - Énergie nécessaire pour le soufflage de l'air: 0,4 Kwh/Kg de levure sèche (80% de la consommation de l'atelier de fermentation)
  - Contrôle par dispositif automatique
  - Filtration de l'air: filtres dégrossissants (poussières et micro-organismes) et filtres stérilisants (fibres de verre, laine minérale, cellulose - amiante, etc.)
-

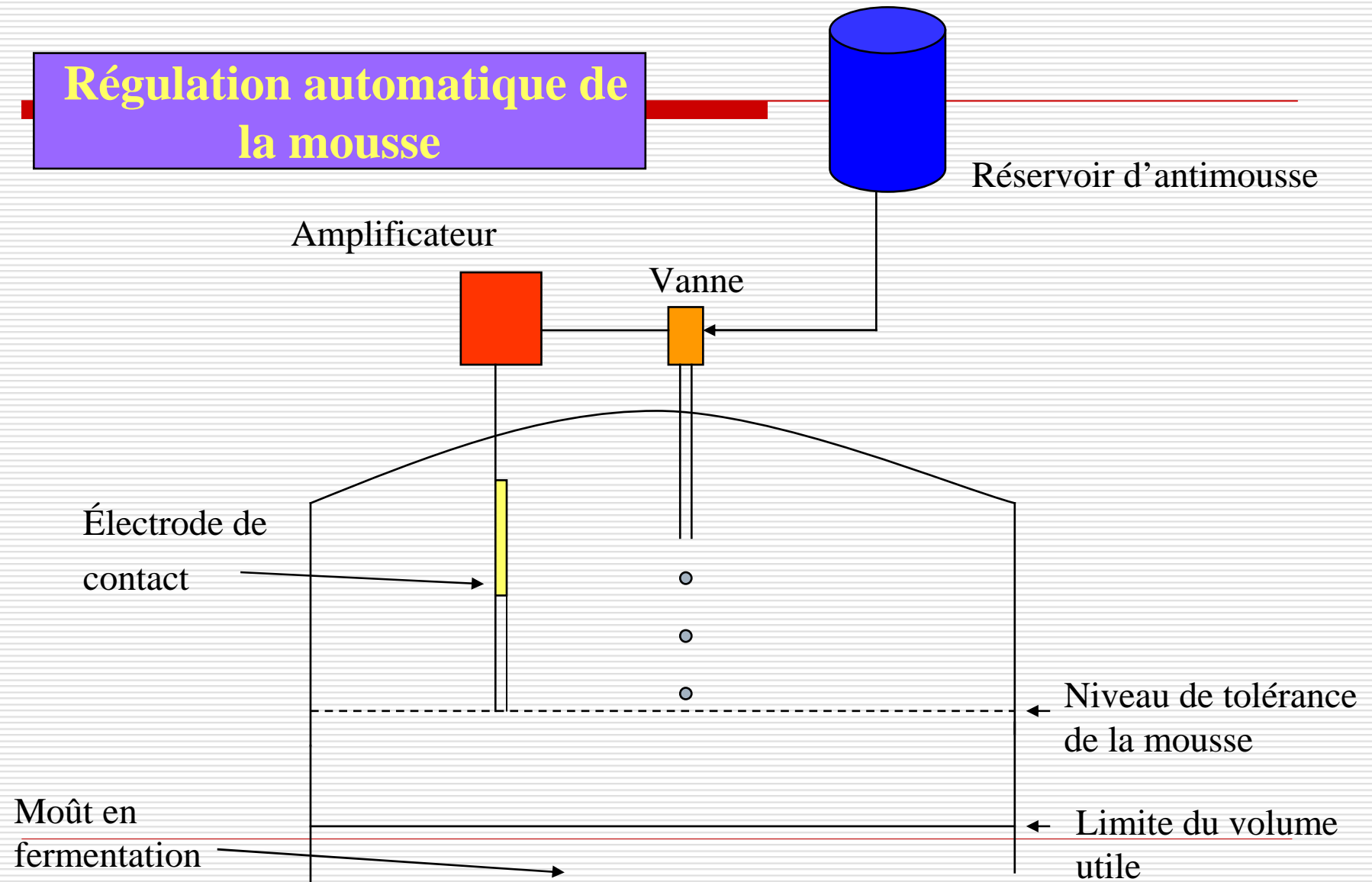
## Contrôle des paramètres de la culture (suite)

---

### □ Mousse

- Inconvénients de la mousse:
    - . Risques de contamination
    - . Réduction de l'efficacité de l'aération
  - Remèdes
    - . Addition d'antimousse dans la pré-couche (ex.: huile d'olive)
    - . Addition progressive manuelle ou automatique (électrode de contact)
-

# Régulation automatique de la mousse



### □ Contrôle de l'alimentation en substrat

- Croissance sur la pré-couche, tendance à l'épuisement des substrats
  - Addition progressive en substrats suivant des débits contrôlés:
    - . Par la richesse en alcool du moût (effet Crabtree): taux toléré: 0,5 à 1% d'alcool
    - . Par le test de titration au formol (concentration de l'ion ammonium et des amino-acides) → réglage de l'alimentation en Azote
-

## □ Contrôle du taux de croissance

- Équation de Monod:  $k = k_{\max} \frac{S}{k_s + S}$
- $k_{\max} = 0,6 \text{ g/h/g}$
- pour un  $k$  élevé, rendement faible, activité fermentaire élevée.
- Généralement, on choisit  $k = 0,05-0,3 \text{ g/h/g}$  pour avoir qualité, densité cellulaire et conversion du substrat en cellules satisfaisantes

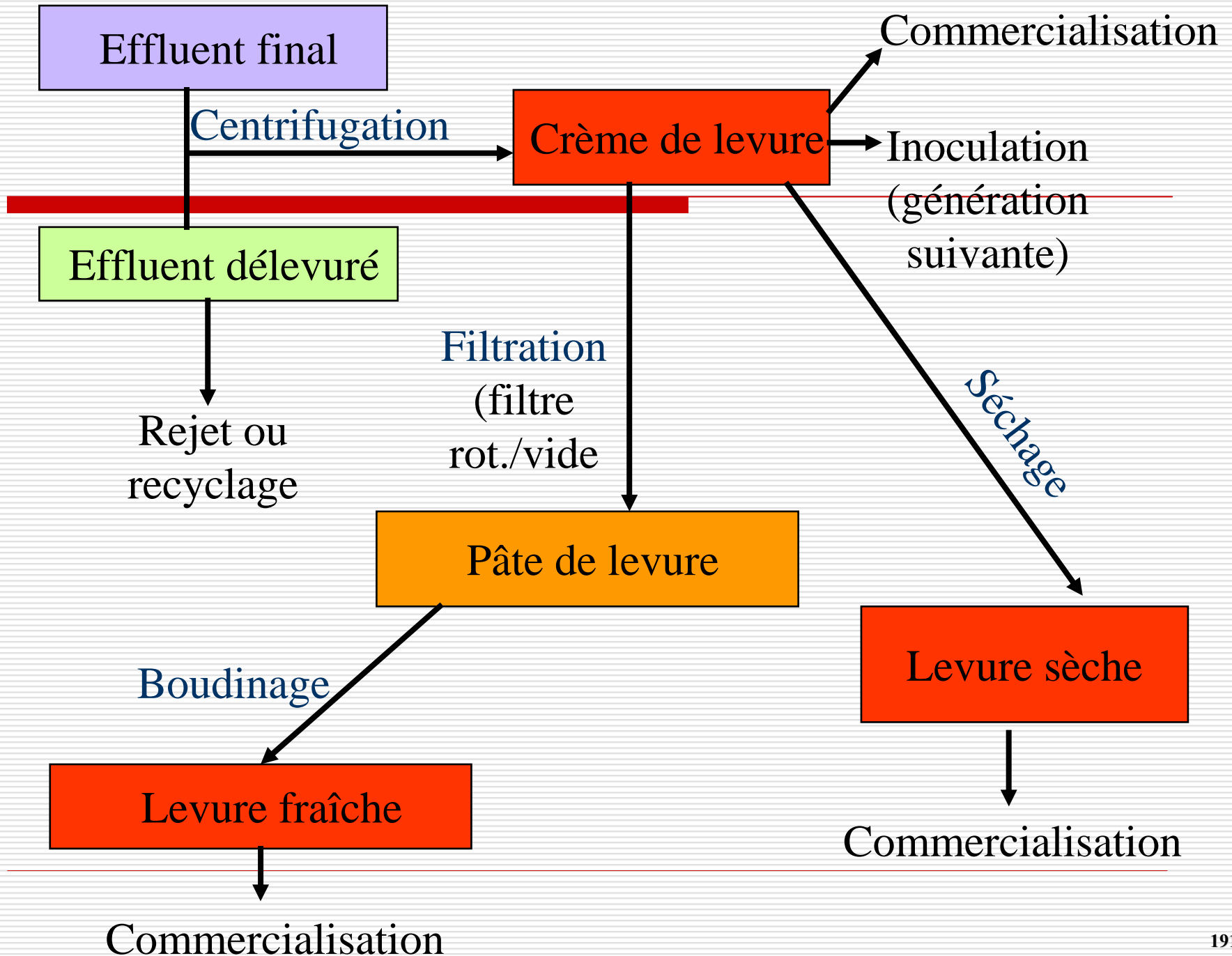
- S: conc. du substrat limitant  
-  $k_s$ : constante, valeur de S correspondant à  $k=k_{\max}/2$

## 4.2.4- Récupération et conditionnement des différentes formes commerciales

---

### □ Formes commerciales:

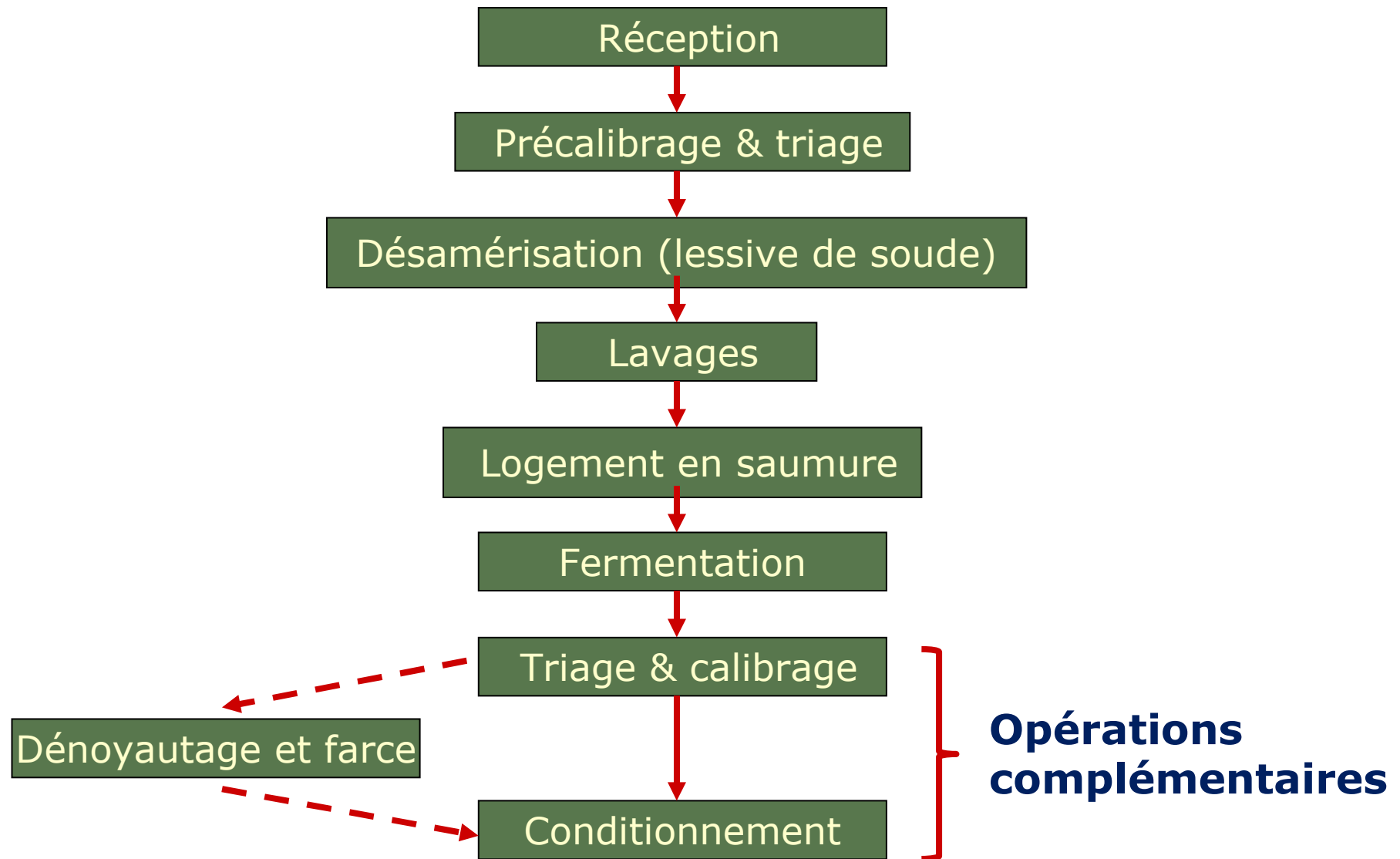
- Levure liquide (crème de levure)
- Levure fraîche (pâte de levure)
- Levure sèche



## 4.3- Préparation d'olives vertes confites en saumure

---

- Principales catégories d'olives de table:
  - Olives vertes confites en saumure
  - Olives noircies par oxydation
  - Olives noires façon Grèce
  - Autres types:
    - . Olives noires non traitées au naturel
    - . Olives noires confites en saumure



**Diagramme de fabrication des olives  
vertes confites en saumure**

## Cueillette et transport

---

- **Date de cueillette**: stade vert-jaune
    - . Précoce: texture dure, faible teneur en huile, beaucoup d'amertume
    - . Tardive: texture molle, sensibilité aux poches de gaz
  - **Ne pas endommager** les olives (cueillette manuelle, vibreur; éviter le gaulage)
  - **Transport**
    - . en caisses (20-30 kg) empilables, propres, en plastique
    - . en container de 500 kg (armature métallique, parois en grille de plastique)
-



---

Cueillette manuelle

---



Vibreux monté sur tracteur  
pour la cueillette des olives

---



petit vibreur pour la  
cueillette des olives

---

À éviter absolument: le gaulage





## Transport des olives

---

Caisses en plastique  
empilables



Containers (500 kg)

---

## Pré-calibrage et triage

---

- Pré-Calibrage: calibreuse à câbles divergents:
    - . Élimine trop petits fruits, feuilles, brindilles, etc.
    - . Répartit fruits en 3 ou 4 calibres (important pour traitement alcalin ultérieur)
  - Triage manuel
    - . Élimine fruits piqués, tachés, véreux, etc.
    - . Très important avant suite des opérations
-



Calibreuse d'olives

---

## Désamérisation (traitement à la soude)

---

- but: éliminer l'amertume, favoriser la fermentation lactique,
- Préparer solution de soude (1-3%) la veille
- Remplissage des cuves de désamérisation

### **Exemple: « désamériseur » de 16 m<sup>3</sup> de capacité**

- 1- placer une grille en inox au fond du « désamériseur » (pour faciliter la vidange)
- 2- introduire environ 3000 litres d'eau
- 3- charger la cuve d'olives
- 4- vidanger l'eau et ajouter la solution de soude
- 5- placer un grillage à la surface pour que toutes les olives soient immergées

## Désamérisation (traitement à la soude) (suite)

---

- Fin désamérisation: quand pénétration soude aux  $\frac{2}{3}$  du rayon radial pour majorité ( $\sim 80\%$ ) des olives
  - Durée du traitement selon pénétration de la soude
    - . Insuffisante: olives restent amères et fermentent mal;
    - . Excessive: ramollissement des fruits, qui s'abiment facilement
-

## Pénétration de la soude à l'intérieur de la pulpe d'olive

---



Coupe transversale: apparition d'une auréole brunâtre après quelques secondes

---

## Lavages

---

- But: élimination de la lessive alcaline de la surface et d'une partie de l'intérieur
  - Procédé
    - Vidanger la solution de soude
    - Lavages à l'eau douce
      - . Un seul rinçage de ~ 15 h (pour traitement normal à la soude)
      - . Deux rinçages: 2-3 h, puis 10-12 h (pour traitement énergétique à la soude)
-

## Lavages (suite)

---

- Lavage insuffisant:
    - persistance de l'amertume
    - fermentation difficile
    - olives difficiles à dénoyauter
  - Lavage excessif:
    - perte de la matière fermentescible,
    - pH pas assez bas
    - caractéristiques organoleptiques non satisfaisantes
  - Contrôle de l'efficacité de l'opération lavages:  
pH des eaux de lavage ~ 7
-

## Logement en saumure et fermentation

---

- ❑ Désamériseurs vidangés des eaux de lavage
  - ❑ Olives aspergées d'eau, puis égouttées 5-10 mn
  - ❑ Cuves remplies de saumure (NaCl 10%)
  - ❑ Après 10-12h, transvasement dans fermenteurs (cuves enterrées ou non, ou simples fûts)
-



Fermenteurs d'olives  
dans un atelier de  
fermentation

---

## Fermenteurs souterrains d'olives





Pompe pour le  
transport des  
olives dans leur  
saumure



Conduites pour le  
transport des  
olives dans leur  
saumure

---

## Logement en saumure et fermentation (suite)

---

- La concentration de sel diminue et s'équilibre vers 6% (à contrôler: 5 à 6%)
    - trop faible: altérations (*Clostridium*)
    - trop forte: inhibition de la fermentation
  
  - Procéder à l'ouillage (remplir le fermenteur pour compenser les pertes de saumure par évaporation ou déversement)
-

## Logement en saumure et fermentation (suite)

---

- Éliminer le voile fongique de surface (éviter perte d'acidité et ramollissement)
  - Soutirage des fonds de fermenteurs (1% du volume) et remplacement par saumure à 6% de NaCl (2 à 3 j du début de fermentation, puis tous les 20 à 30 j)
-

## Fermentation proprement dite

---

- pH du liquide souvent  $> 7,0$
  - Acidification pour accélérer démarrage de la fermentation (HCl de qualité alimentaire ou injection de  $\text{CO}_2$ )
  - Sélection de microorganismes appropriés par conditions physico-chimiques à mesure que la fermentation progresse
  - Parfois inoculation de levains lactiques (Lactobacilles)
-

## Première étape de fermentation

Flore	Évolut°	Effets	Espèces
Bacté. à Gram néga- tif non sporu- lées	Maxi. 2j; disparaît 12-15 j (après saumu- rage)	Forte product° de gaz des 1ers jours de ferment°	<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Klebsiella aerogenes</i> , <i>Flavobacterium diffusum</i> , <i>Aerochromobacter superficialis</i> , <i>Escherichia coli</i> <i>Aeromonas spp</i>

---

## Deuxième étape de fermentation

Flore	Évolut°	Effets	Espèces
Bactéries lactiques	Démarre à pH 6; Niveau max des lactobacilles 7-10 j après saumurage; diminution lente jusqu'au 60-300 <sup>ème</sup> jour.	pH continue à baisser	<i>Lactobacillus plantarum</i> ; mais aussi espèces des genres: <i>Lactococcus</i> <i>Pediococcus</i> <i>Leuconostoc</i>

---

## Troisième étape de fermentation

Flore	Évolut°	Effets	Espèces
Lacto-bacilles + levures	Se poursuit jusqu'à épuisement des nutriments	Développement des propriétés organoleptiques du produit fini	<i>Lactobacillus plantarum</i> (espèce dominante)  Levures: <i>Hansenula anomala</i> , <i>Candida krusei</i> , <i>Saccharomyces chevalieri</i>

---

## Caractéristiques d'une bonne fermentation

---

- pH  $\leq$  4,5
  - Fruits de couleur vive jaune pâle
  - Stockage possible un an ou plus avec contrôles réguliers et ...
  - Ajustements éventuels (pH, acidité, salinité:  $\sim$  9% en NaCl)
-

## Triage et calibrage

---

- ❑ Séparation des olives de la saumure
  - ❑ Équeutage (pédoncules) et triage (unités défectueuses)
  - ❑ Calibrage (calibreuse à câbles divergents)
  - ❑ Conditionnement: fûts, sachets plastiques, bocaux en verre ou PVC, boîtes métalliques
-

## Conditions de stabilité du produit

---

- pH < 4,0 (récipient hermétique)  
pH < 4,5 (récipient non hermétique)
  - Sel: 5 à 6%
  - Acidité libre: 0,4-0,6%  
Acidité combinée: 0,020-0,025 } en acide lactique
-

# Pasteurisation

- ❑ Du fait du pH (< 4,5), pasteurisation suffit pour stabiliser le produit
- ❑ Traitement pas trop sévère pour préserver couleur, saveur et texture
- ❑ Barèmes recommandés par le COI (Comité Oléicole International)

Type de récipient	Durée du traitement à 80 °C
Bocaux en verre (fermeture à 35 °C)	6 à 19,5 min selon format
Boîtes en fer blanc	1 à 6 min selon format

# CHAPITRE 5

## TECHNOLOGIES D'EXTRACTION ET DE SEPARATION

---

- 5.1- Généralités
  
  - 5.2- Fabrication des huiles de table:  
trituration et raffinage
  
  - 5.3- Fabrication de l'huile d'olive
-

## 5.1- Généralités

---

- La matière première contient une fraction ayant un intérêt particulier:
  - Nutritif: beurre
  - Culinaire: huiles végétales
  - Organoleptique: sucre
  - Technologique: farines

**Une même fraction peut  
présenter plus d'un  
intérêt**

## 5.1- Généralités (suite)

---

- L'extraction peut nécessiter au préalable:
  - un découpage (betterave à sucre)
  - un broyage: canne à sucre, blé, graines et fruits oléagineux, etc.
  - un simple aplatissage: graines oléagineuses

## 5.1- Généralités (suite)

---

- Techniques de séparation ou d'extraction variées:
    - Tamisage: farines (le maillage détermine le taux d'extraction)
    - Agitation après maturation (barattage de la crème) pour récupérer le beurre
    - Pression, suivie d'une séparation: olives, graines oléagineuses
    - Usage d'un solvant: eau (betterave à sucre), hexane (huiles); extraction optimisée (pH, température, etc.)
-

## 5.1- Généralités

---

- Le produit de l'extraction n'est pas toujours utilisable tel quel (produit brut); nécessité de procéder à un raffinage (huiles de table, sucre)

## 5.1- Généralités

---

- Le(s) sous-produit(s) est (sont) souvent important(s) en masse, d'où la nécessité de lui (leur) trouver un usage intéressant. Exemples:
    - Tourteaux des graines oléagineuses
    - Grignons d'olives
    - Son de blé
    - Bagasses de canne à sucre
    - Pulpe de betterave à sucre
-

## 5.2- Fabrication des huiles de table: trituration & raffinage

---

□ 5.2.1- Généralités

□ 5.2.2- Trituration des graines oléagineuses

□ 5.2.3- Raffinage

---

## 5.2.1- Généralités

---

- Plantes oléagineuses variées, sources d'huiles alimentaires végétales: tournesol, arachide, soja, colza, maïs, coton, palme, coprah, olive, argan, etc.

## 5.2.1- Généralités (suite)

---

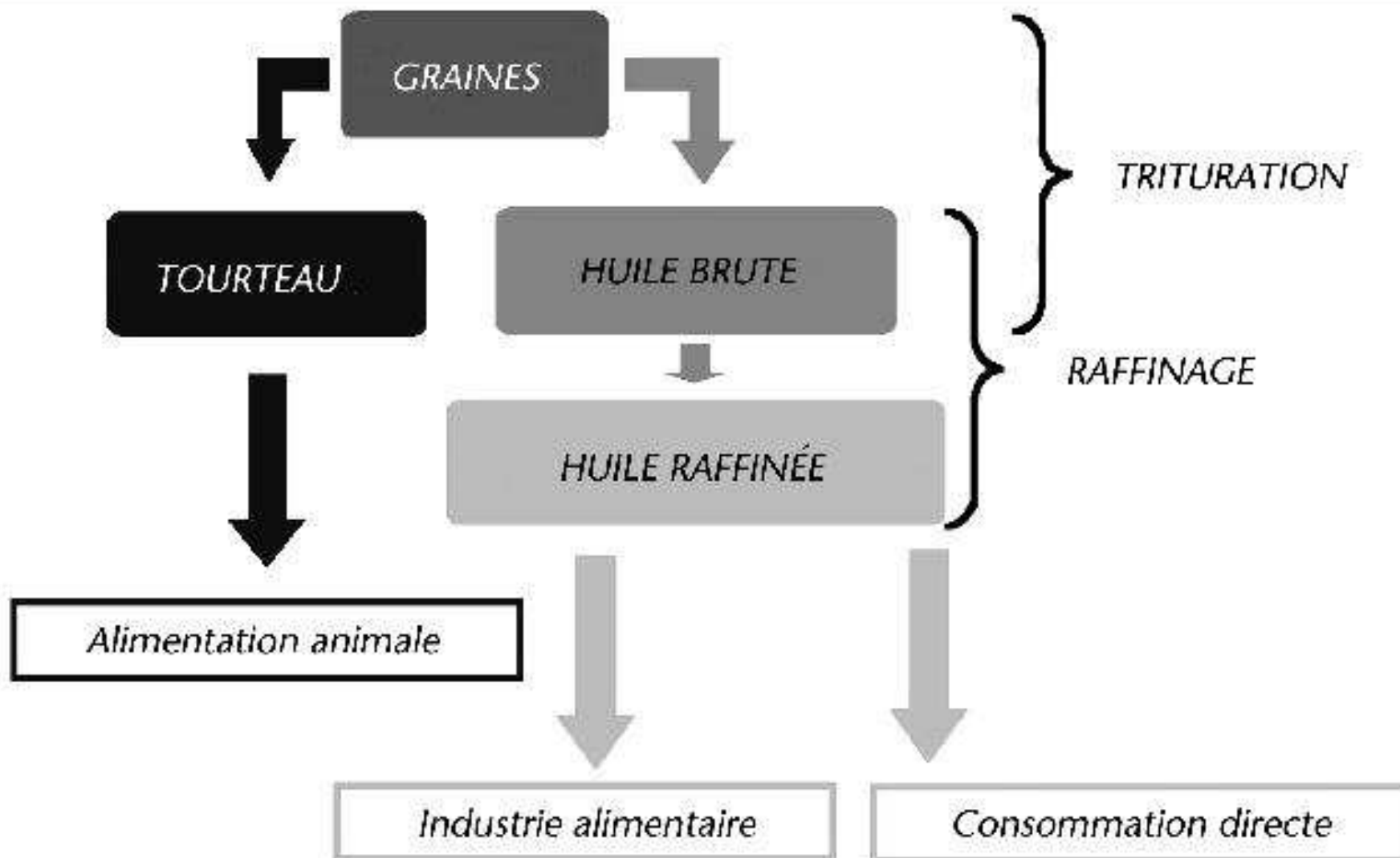
- La fraction lipidique (huileuse) comprend notamment:
    - Des triglycérides (fraction la plus importante)
    - Des mono- et des diglycérides
    - Des acides gras libres (acidité, goût et odeur)
    - Du glycérol et d'autres alcools
    - Des phospholipides
    - Des stérols
    - Des vitamines
-

### 5.2.1- Généralités (suite)

---

- On distingue, en général:
    - Les huiles de table: huiles de graines raffinées, mélangées ou pures (mention sur étiquette)
    - Les huiles d'olive, préférées brutes (vierges)
    - Certaines huiles spéciales: argan par exemple
-

## Schéma général de fabrication des huiles de table



## 5.2.2- Trituration des graines oléagineuses

---

- Définitions
- Technologie
- Composition et caractéristiques de l'huile brute

## Définitions

---

- Trituration: opération permettant l'extraction de l'huile brute, le résidu solide étant le tourteau
  
  - Remarque: Cas de l'olive, huile extraite (vierge) +
    - résidu solide: grignon
    - résidu liquide aqueux: margines
-

## Technologie

---

- 1- pré-nettoyage
- 2- Nettoyage
- 3- Broyage
- 4-Conditionnement thermique (cuisson)
- 5- Aplatissage
- 6- Extraction par solvant (*micella*)
- 7- Traitement du tourteau
- 8- Distillation du *micella*

- parfois opérations supplémentaires (dépelliculage, pellettisation, etc.)  
- on peut commencer extraction par pression, puis la compléter par solvant

## Technologie (suite)

---

- 1- Pré-nettoyage des graines par un tamisage grossier
  - 2- Nettoyage: élimination des tiges, cailloux, poussières (tamisage plus fin), élimination des pièces métalliques (électro-aimant)
  - 3- Broyage: concassage des graines, par exemple dans des broyeurs à cylindres cannelés
-

## Technologie (suite)

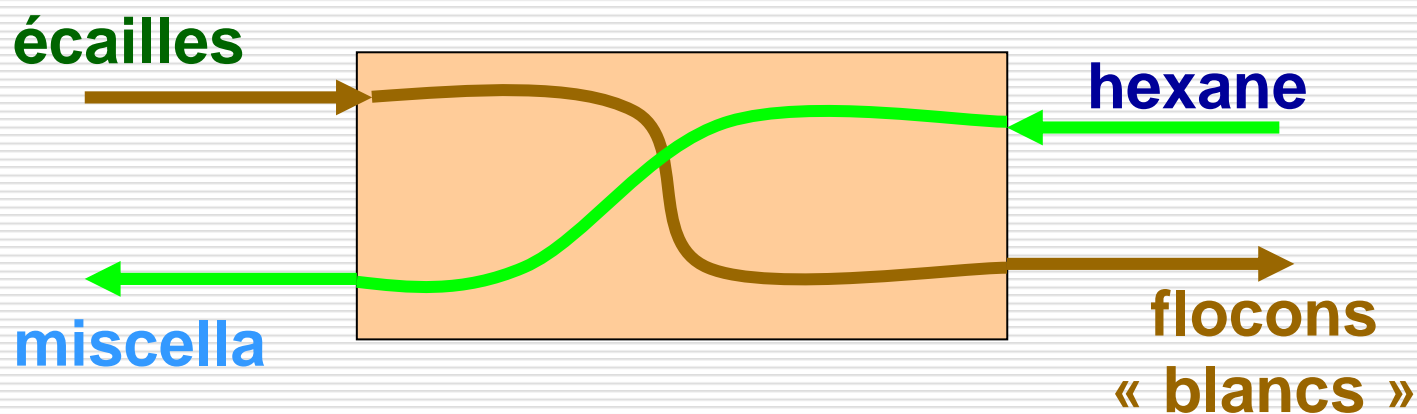
---

- 4- Conditionnement thermique: chauffage pour fluidifier la matière grasse et améliorer la perméabilité des parois cellulaires (chauffage par vapeur)
  - 5- Aplatissage: écrasement des graines en flocons (écailles) de 0,30 à 0,35 mm d'épaisseur (passage entre 2 cylindres parallèles tournant dans le même sens)
-

## Technologie (suite)

---

- 6- Extraction par solvant: dans un extracteur où les flocons circulent à contre-courant avec le solvant (sorties: miscella et flocons blancs)



## Technologie (suite)

---

- 7- traitement des flocons « blancs » dans un toaster pour les débarrasser des restes de solvant (désolvantisation) et les déshydrater → tourteaux

Souvent riches en protéines, les tourteaux sont utilisés dans l'alimentation animale

---

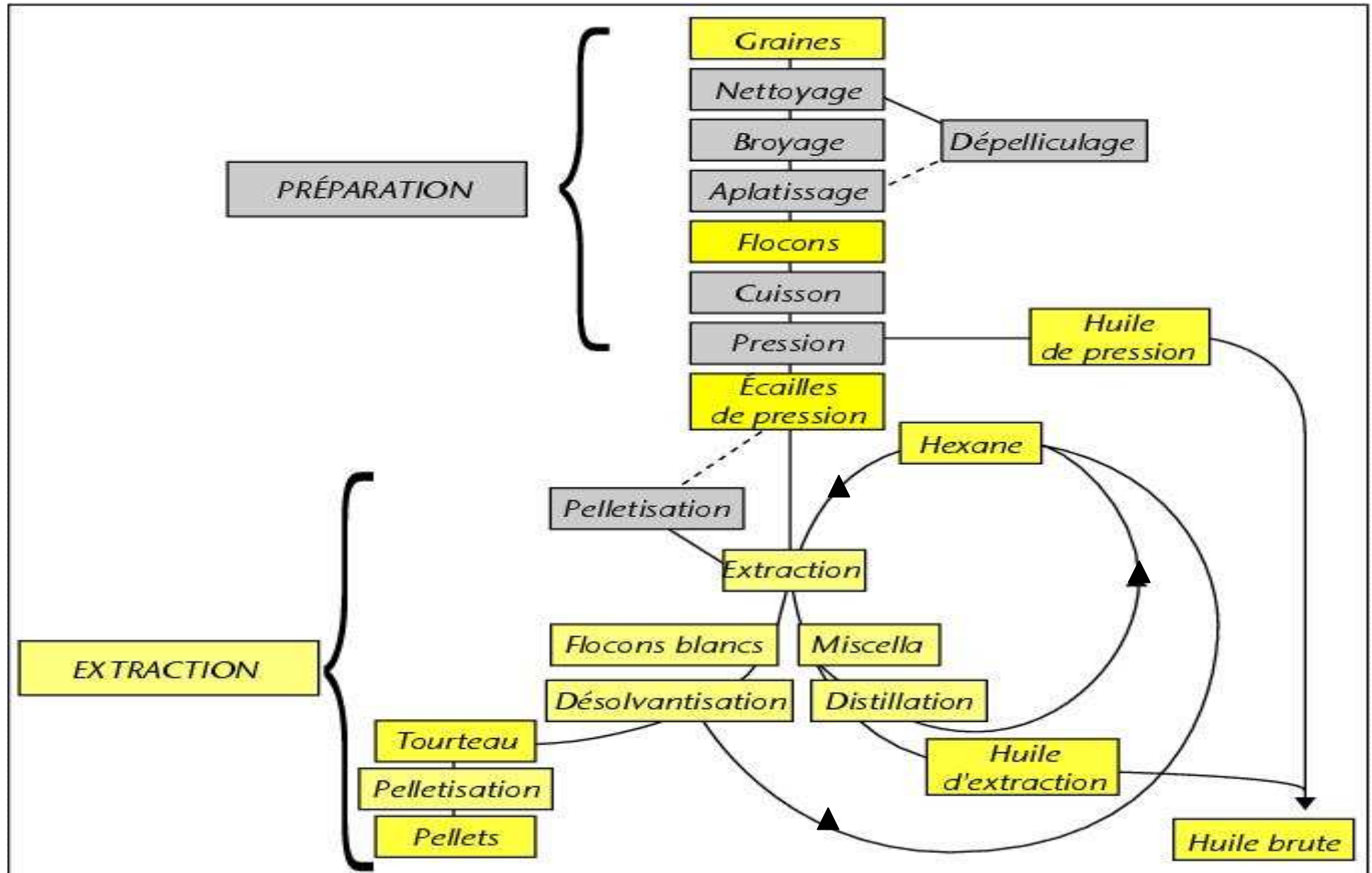
## Technologie (suite)

---

### □ 8- Distillation du *miscella*

- Distillation à 75-80°C pour évaporer l'hexane
  - L'hexane condensé est récupéré pour être recyclé
  - L'huile brute est obtenue après évaporation du solvant
-

# Schéma général de trituration des graines oléagineuses



## Composition et caractéristiques de l'huile brute

---

### □ 3 fractions essentielles:

- Les triglycérides, accompagnés d'acides gras libres (acidité de l'huile brute)
  - Les phospholipides: esters phosphatés de polyols (glycérol; en particulier): 2-3% de l'huile brute
  - La fraction insaponifiable: pigments ( $\beta$ -carotène, chlorophylle), composés responsables du goût (hydrocarbures, aldéhydes, cétones), stérols, composés métalliques, etc.
-

## 5.2.3- Raffinage des huiles brutes

---

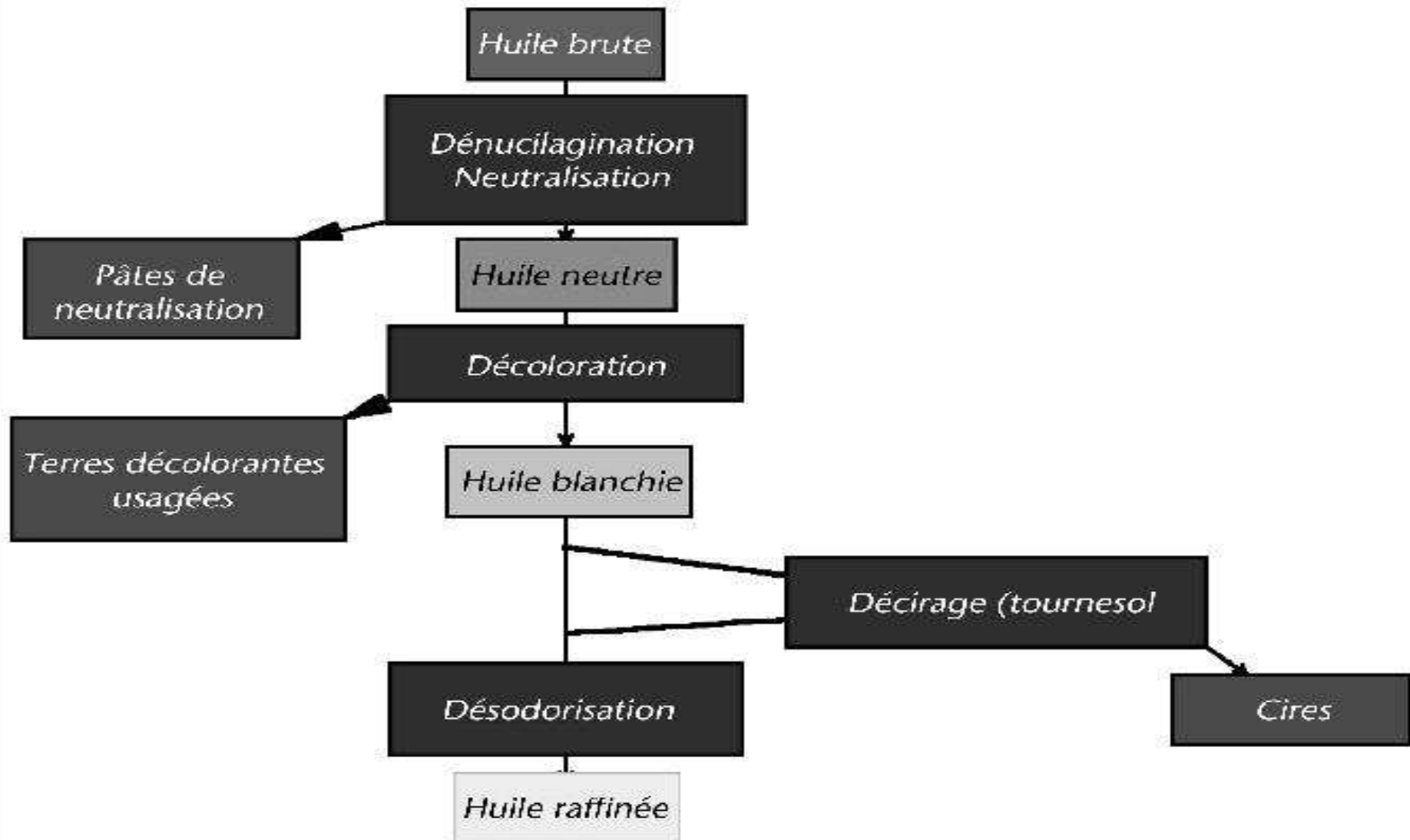
- Généralités; schéma général
  - Démucilagination
  - Neutralisation
  - Lavage
  - Séchage
  - Décoloration
  - Désodorisation
  - Filtration de polissage
-

## Généralités

---

- Raffinage: série de traitements pour transformer l'huile brute en un produit consommable, de goût neutre, sans odeur, de couleur or translucide, résistant à l'oxydation et débarrassé de substances toxiques

## Schéma général du raffinage des huiles alimentaires brutes



## Démucilagination

---

- élimination des phospholipides, gênants parce que:
    - Forment des précipités en présence d'eau (mucilages)
    - Favorisent acidification et oxydation (goûts désagréables); phospholipides souvent associés aux métaux lourds catalyseurs d'oxydation
    - Caused difficultés au cours des autres étapes: formation de mousse, désactivation des terres décolorantes, colmatage rapide des filtres, obscurcissement de la couleur
-

## Démucilagination (suite)

---

### □ Technique:

- On chauffe l'huile brute: 80-85°C (rupture de l'émulsion pour une meilleure séparation)
  - On injecte 3 à 5% d'acide phosphorique concentré
  - On laisse en contact 10 à 30 min, avec agitation
-

## Neutralisation

---

### □ Objectifs:

- Éliminer les acides gras libres, facilement oxydables
  - Éliminer les phospholipides restants après la démucilagination
  - Éliminer les traces de métaux
  - Réduire la teneur en pigments
-

## Neutralisation (suite)

---

Technique:

- Neutralisation à l'aide de soude et formation de savons



- Travailler avec léger excès de soude (pas trop: saponification parasite)
  - Séparation des savons par centrifugation
-

## Lavage

---

- Objectifs: éliminer les restes de savon et l'excès de soude
- Technique:
  - Eau ajoutée généralement en 2 étapes:
    - . 1<sup>er</sup> lavage: huile chauffée à 95°C, puis mélangée à l'eau propre et chaude (10% en volume)
    - . 2<sup>ème</sup> lavage: 5 à 7 % d'eau

**L'eau doit être décalcifiée  
(les savons de calcium  
encrassent la  
centrifugeuse)**

## Séchage

---

- ❑ Élimination de l'humidité résiduelle de l'huile lavée, dans un sécheur
  - ❑ L'humidité passe de 0,5-0,7% (entrée du sécheur) à 0,08% (sortie)
  - ❑ Cette opération peut être incluse dans la désodorisation (vide poussé) au lieu d'utiliser un sécheur
-

## Décoloration

---

- ❑ Huile brute généralement foncée (caroténoïdes, chlorophylle)
  - ❑ Décoloration à l'aide de terres activées (argiles): par adsorption
  - ❑ Huiles chauffées à 120°C
  - ❑ 10% de l'huile à traiter mélangés avec terres activées, puis les 90% restants, avec agitation constante
  - ❑ Température de l'huile à la fin: 90°C
  - ❑ Terres activées chargées de pigments séparées par filtration
-

## Désodorisation

---

- ❑ Après décoloration, goût et odeur toujours désagréables
  - ❑ Substances responsables: acides gras, aldéhydes, cétones, alcools, etc.
  - ❑ Désodorisation réalisée par chauffage (200-240°C) pour évaporer les substances indésirables
  - ❑ Puis refroidissement
-

## Filtration de polissage

---

- Enlève les impuretés qui restent
- Donne à l'huile sa brillance

## 5.3- Fabrication d'huile d'olive

---

- 5.3.1- Généralités
- 5.3.2- Procédé traditionnel
- 5.3.3- Procédés industriels
  - Procédé à trois phases
  - Procédé à deux phases

### 5.3.1- Généralités

---

- Huile d'olive: obtenue exclusivement du fruit de l'olivier *Olea europaea* L.
  - Huile: 15-26% de l'olive
  - Se trouve dans des poches à l'intérieur du fruit
  - L'extraction consiste à récupérer l'huile, avec deux résidus:
    - Solide: grignon
    - Liquide: margines
-

### 5.3.1- Généralités (suite)

---

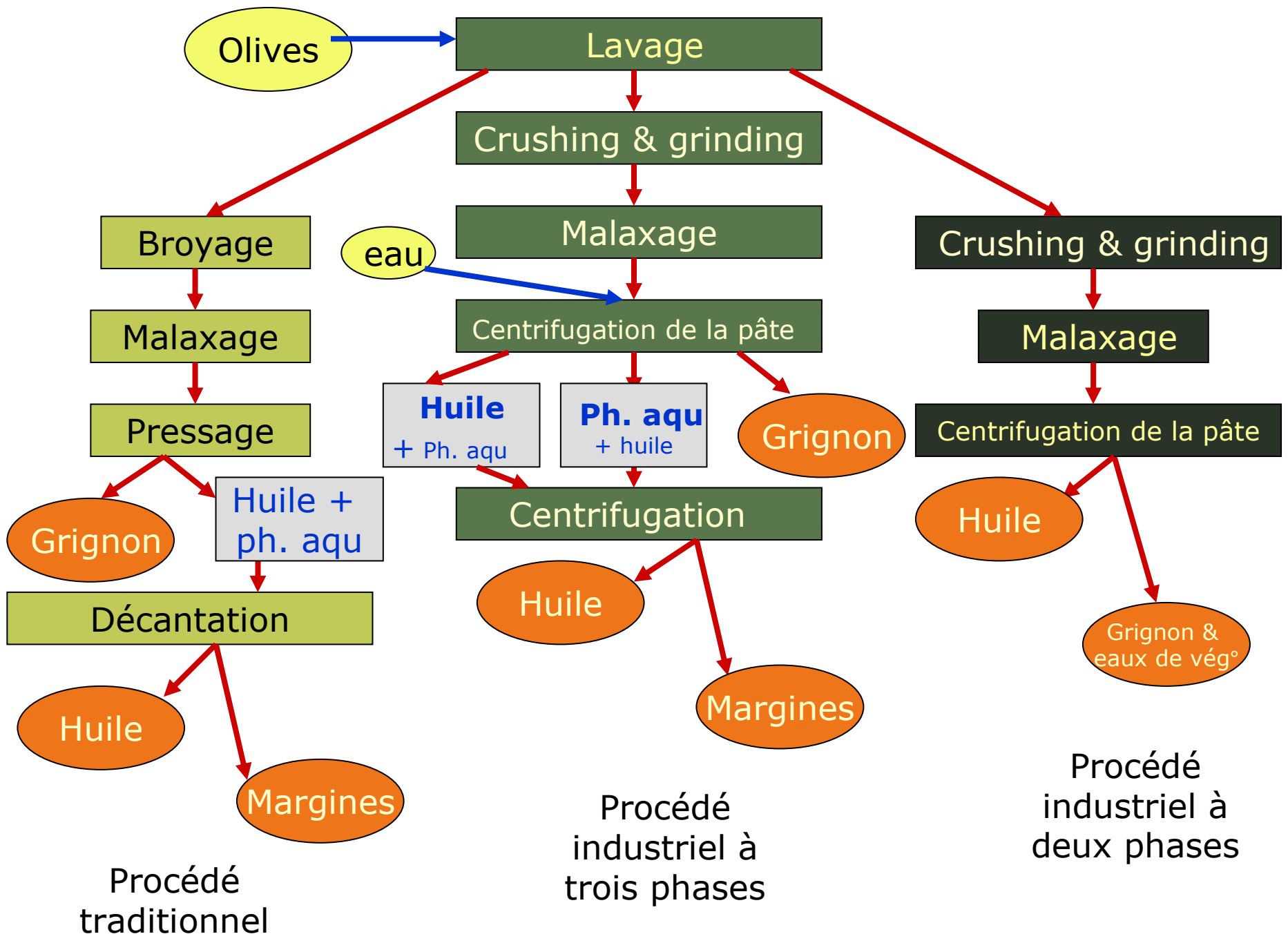
- Huile d'olive vierge:
    - obtenue par procédé purement mécanique et sous des conditions physiques (température) n'entraînant pas d'altération
    - seuls traitements autorisés: broyage, pression, lavage, décantation, centrifugation, filtration
-

### 5.3.1- Généralités (suite)

---

□ Trois types de procédés:

- Traditionnel (dans les *mâasras*)
  - Industriel à trois phases
  - Industriel à deux phases
-



### **5.3.2- Procédé traditionnel (*mâasras*)**

---

- Écrasement des olives dans des meules en pierre à traction humaine ou animale;
  - Pâte d'olives répartie sur des scourtins et pressée;
  - L'huile s'écoule, ainsi que la phase aqueuse, laissant le grignon
  - Décantation du mélange huile + phase aqueuse pour séparation
-



---

Meules pour la  
trituration des olives  
dans les *mâasras*



Répartition de la pâte  
d'olive sur les scourtins



Pressage de la pâte  
d'olive pour  
extraction de l'huile



### 5.3.2- Procédé traditionnel (*mâasras*) (suite)

---

- Capacité de trituration limitée:
  
  - . Olives parfois conservées plusieurs mois avant trituration;
  
  - . Qualité affectée:
    - Acidité élevée due à la lipolyse de l'huile;
    - Contamination possible par les mycotoxines (toxines de moisissures)
-

## 5.3.3- Procédés industriels

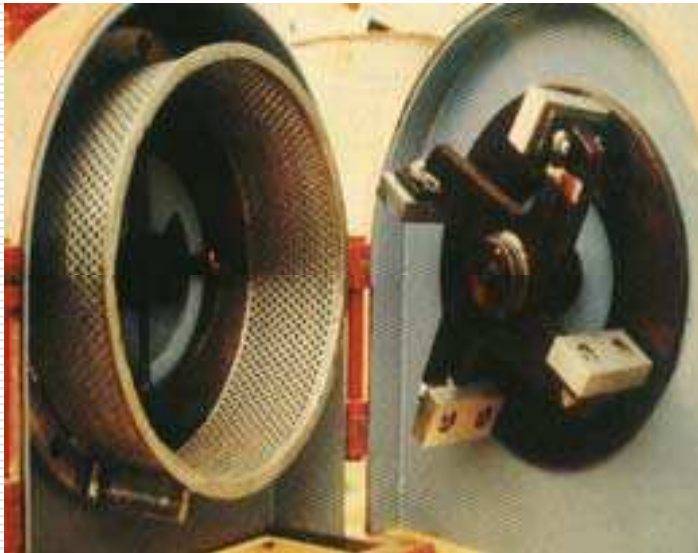
---

- Broyage des olives
  - Malaxage de la pâte
  - Suite des opérations
    - Cas du procédé à trois phases
      - . Centrifugation de la pâte
      - . Centrifugation des liquides
    - Cas du procédé à deux phases
      - . Centrifugation de la pâte
-

## Broyage des olives

---

Plusieurs types de broyeurs existent: broyeur à disque, cylindrique, à marteau, etc.



Broyeur à marteau

---

# malaxage

---

But: augmenter la taille des gouttes d'huile  
Température: 30-35 °C  
Durée: une heure au moins (plus longue pour olives « difficiles »)  
Attention! malaxage prolongé: réduction du taux des substances phénoliques dans l'huile

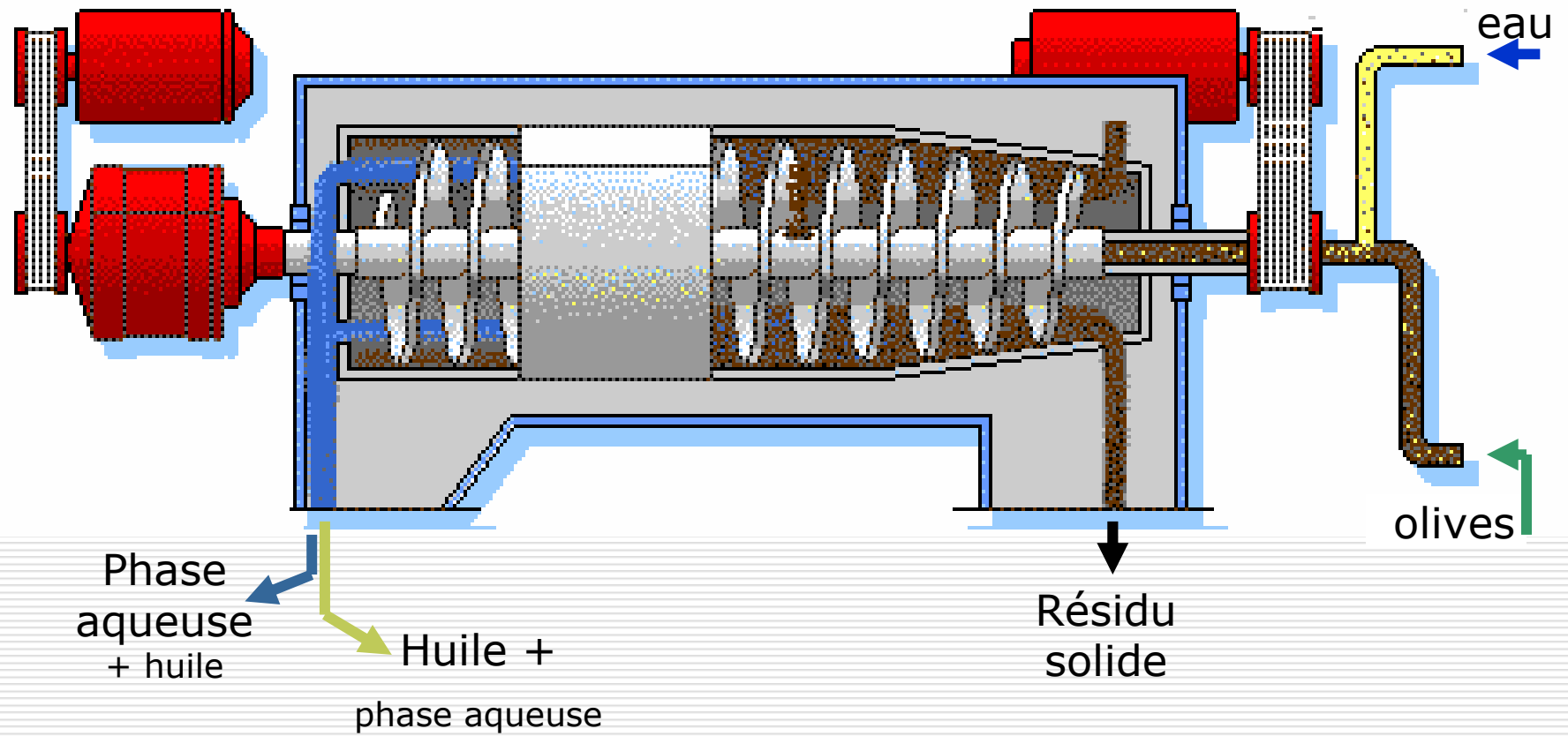


Intérieur d'un malaxeur

---

# Cas du procédé à 3 phases

## Centrifugation de la pâte



## Centrifugation de la pâte (suite)

---

- Eau ajoutée: rapport pâte/eau: 1/0,7 à 1/1,2
  - Sorties de la centrifugeuse: 3 phases
    - Solide: grignon
    - Liquide 1 (couleur verte): huile + un peu de phase aqueuse (eau de végétation + eau ajoutée)
    - Liquide 2 (couleur brune, plus grand volume): phase aqueuse + un peu d'huile
-

## Séparation huile/phase aqueuse

---

- Décantation:
    - lente;
    - occupe beaucoup d'espace
  
  - Centrifugation
    - plus rapide
    - occupe peu de place
    - améliore la qualité de l'huile
-

# Centrifugation des liquides issus de la centrifugation de la pâte

---



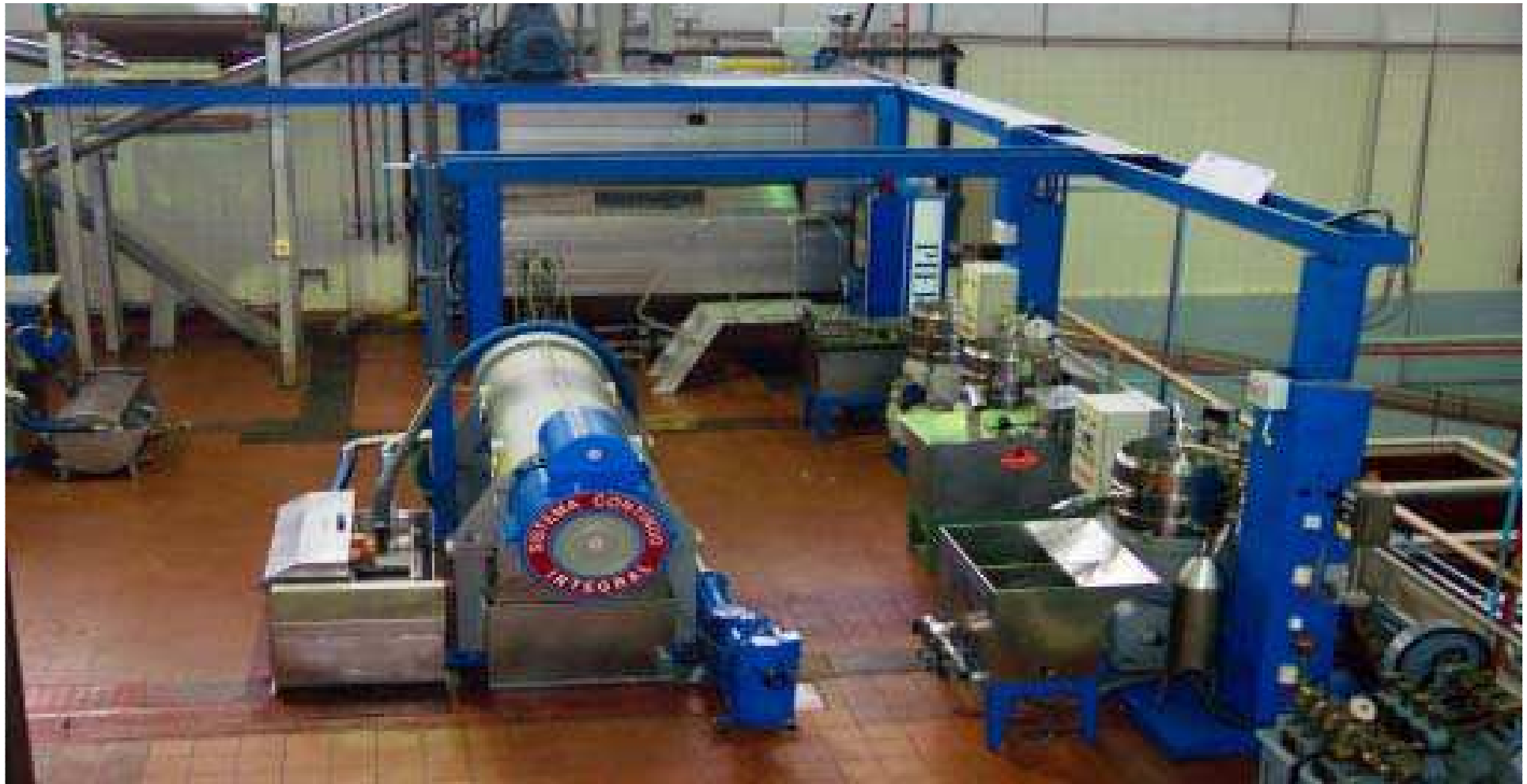
centrifugeuses



Sortie de l'huile  
d'une  
centrifugeuse

---

# Unité de d'extraction continue d'huile d'olive par le procédé à 3 phases



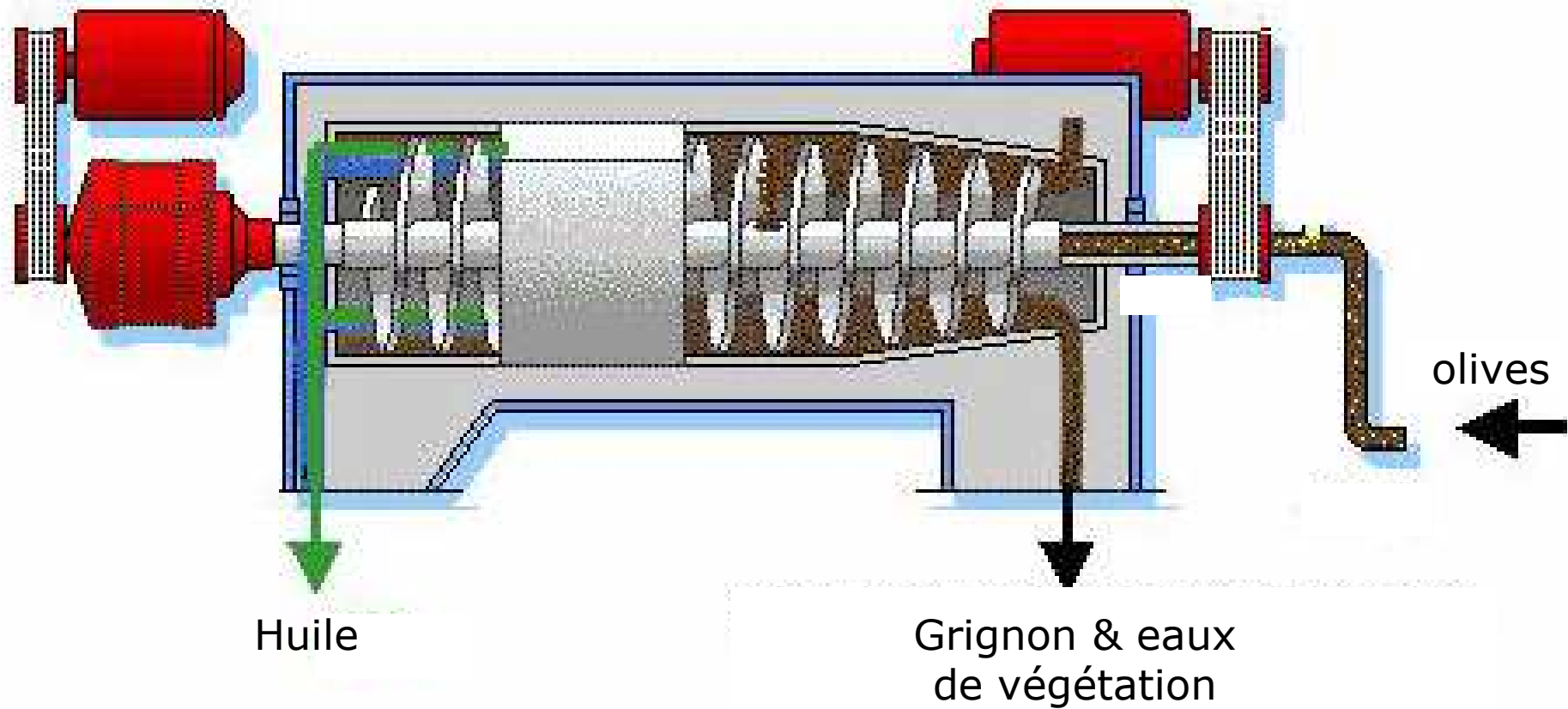
## Inconvénients du procédé à 3 phases

---

- Réduction du taux d'antioxydants (surtout polyphénols) entraînés par l'eau ajoutée
  - Plus gros problème: les margines
    - Volumes importants: 1,2-1,3 litres/kg d'olives traitées
    - Très fort pouvoir polluant (DCO: 60-80 g O<sub>2</sub>/l)
    - Très difficile de s'en débarrasser
-

# Cas du procédé à 2 phases

## Centrifugation de la pâte



## Avantages du procédé à 2 phases

---

- ❑ Rendement plus élevé en huile: pas d'émulsion puisque pas d'eau ajoutée
  - ❑ Huile de meilleure qualité (riche en polyphénols), plus stable
  - ❑ Très peu de rejet liquide (résidu de centrifugation finale de l'huile)
-

# Contact

---

A.TANTAOUI ELARAKI

[fenex.tantaoui@gmail.com](mailto:fenex.tantaoui@gmail.com)  
[a.tantaouielaraki@supagro.ma](mailto:a.tantaouielaraki@supagro.ma)

---