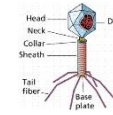
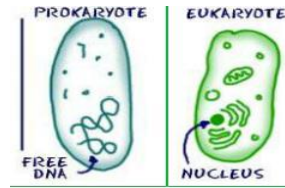

Introduction à la microbiologie alimentaire

Les microorganismes



Virus
« Non vivant »



Procaryote

Eucaryote

Archées

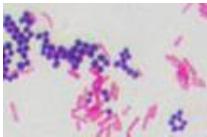
Bactéries

Algues

Champignons

Animaux

Gram +



Gram -

Unicellulaire

Pluricellulaire

Unicellulaire

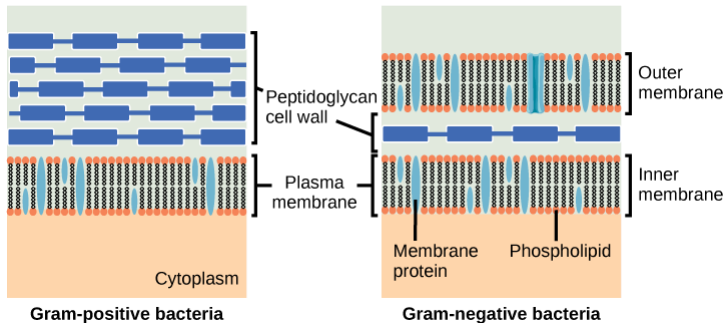
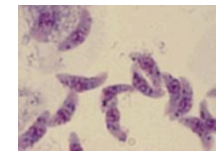
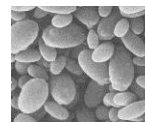
Pluricellulaire

Levures

Moisissures

Protozoaires

Vers



Gram-positive bacteria

Gram-negative bacteria

Protistes: eucaryotes unicellulaires



Microorganismes et aliments

Bactéries
Levures, Moisissures
Protozoaires
Virus

Eau (douce et mer) , sol



Air, poussières



Flore intrinsèque
(surface végétaux, peaux et
muqueuses animales ...)



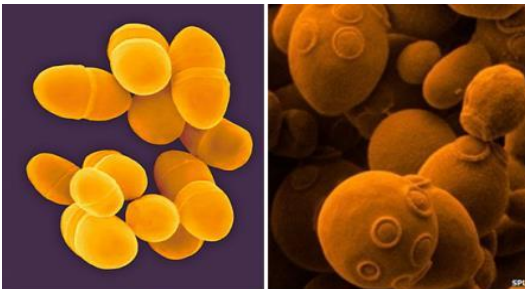
Process industriel
(personnel, opérations
technologiques, stockage)



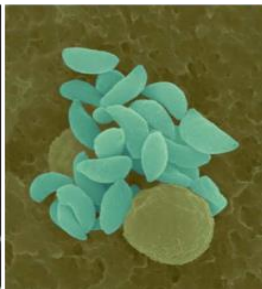
Produits
alimentaires



Lactococcus lactis



Saccharomyces cerevisiae



Penicillium roqueforti

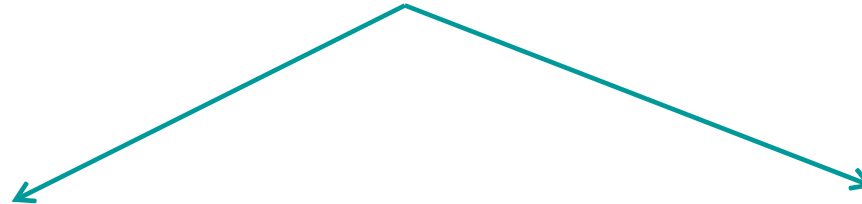


Toxoplasma gondii

Microorganismes et aliments

Microorganismes présents dans les aliments

Bactéries, Levures, Moisissures, Protozoaires, Virus



Flore indésirable

**Altération qualités
gustatives ou/et esthétiques
des aliments**

Intoxications alimentaires

**Cours : Intoxications alimentaires
Les parasites
Les levures et champignons**

Flore utile

**Elaboration des aliments
fermentés: produits laitiers,
boissons alcoolisées, pain,
saucisson, café...**

**Cours : Les fermentations
Les bactéries lactiques
Les ferments du vin
Les levures et champignons**

Microorganismes et aliments

Microorganismes présents dans les aliments

Bactéries, Levures, Moisissures, Protozoaires, Virus

Flore indésirable

Flore utile

Altération qualités
gustatives ou/et esthétiques
des aliments

Intoxications alimentaires

Elaboration des aliments
fermentés: produits laitiers,
boissons alcoolisées, pain,
saucisson, café...

Inhiber

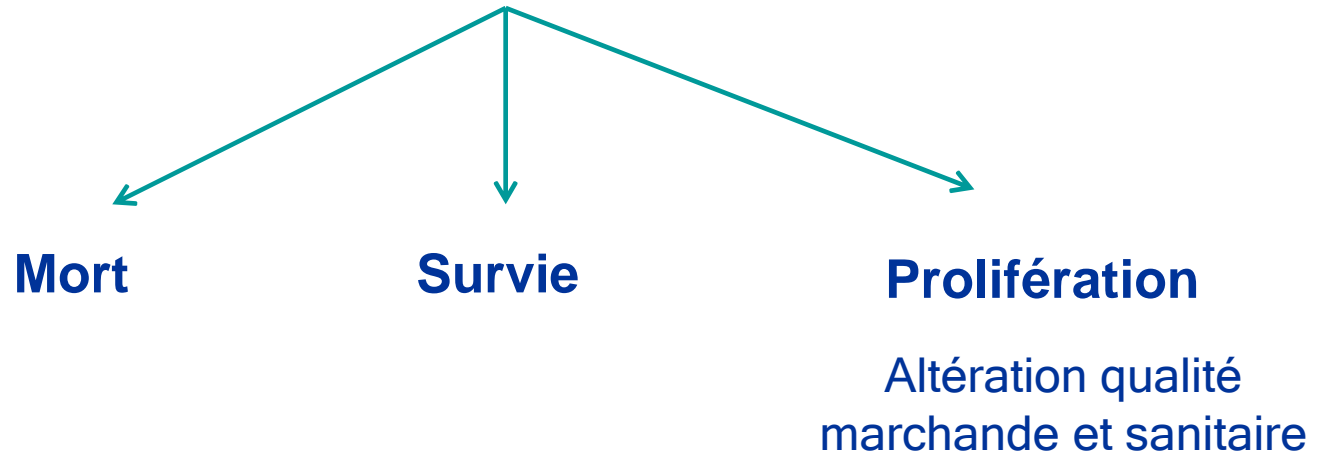
Favoriser

Enjeu en agroalimentaire

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment



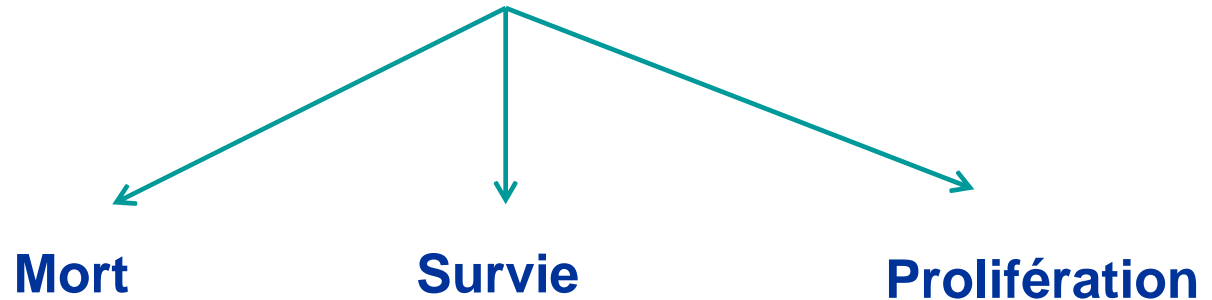
Charge microbienne « normale »: 10^3 - 10^4 germes/g



Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment



Charge microbienne « normale »: 10^3 - 10^4 germes/g



Propriétés physicochimiques de l'aliment

Facteurs technologiques

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : propriétés physicochimiques de l'aliment



Caractères propres à l'aliment

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques

1. La composition

Aliments riches en **hydrates de carbone** (pain, confiture, fruits...) → favorables aux **champignons** (peu d'odeurs en général)

Aliments riches en protéines et/ou graisses (viande, beurre...) → favorables aux **bactéries**

Les processus de dégradation

Substrat	Aliment	Processus	Produits et <i>effets</i>
Pectine (polyoside)	Fruits/légumes	Pectinolyse	Méthanol, acides uroniques <i>Perte de structure, pourriture molle</i>
Protéines	Viande	Protéolyse, désamination	Amines biogènes (histamine, putrescine, cadaverine), H ₂ S, ammoniac, indole <i>Amertume, aigrissement, odeur nauséabonde, viscosité</i>
Lipides	Beurre	Hydrolyse des acides gras	Glycerol, acides gras mixtes <i>Rancissement, amertume</i>
Sucres	Féculents	Hydrolyse	Acides organiques, alcools <i>Aigrissement, acidification</i>

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques



La pourriture molle bactérienne: *Erwinia* sp, bactérie pectinolytique

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques

1. La composition

Aliments riches en **hydrates de carbone** (pain, confiture, fruits...) → favorables aux **champignons** (peu d'odeurs en général)

Aliments riches en protéines et/ou graisses (viande, beurre...) → favorables aux **bactéries**

Les processus de dégradation

Substrat	Aliment	Processus	Produits et <i>effets</i>
Pectine (polyoside)	Fruits/légumes	Pectinolyse	Méthanol, acides uroniques <i>Perte de structure, pourriture molle</i>
Protéines	Viande	Protéolyse, désamination	Amines biogènes (histamine, putrescine, cadaverine), H ₂ S, ammoniac, indole <i>Amertume, aigrissement, odeur nauséabonde, viscosité</i>
Lipides	Beurre	Hydrolyse des acides gras	Glycerol, acides gras mixtes <i>Rancissement, amertume</i>
Sucres	Féculents	Hydrolyse	Acides organiques, alcools <i>Aigrissement, acidification</i>

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques

2. Le pH

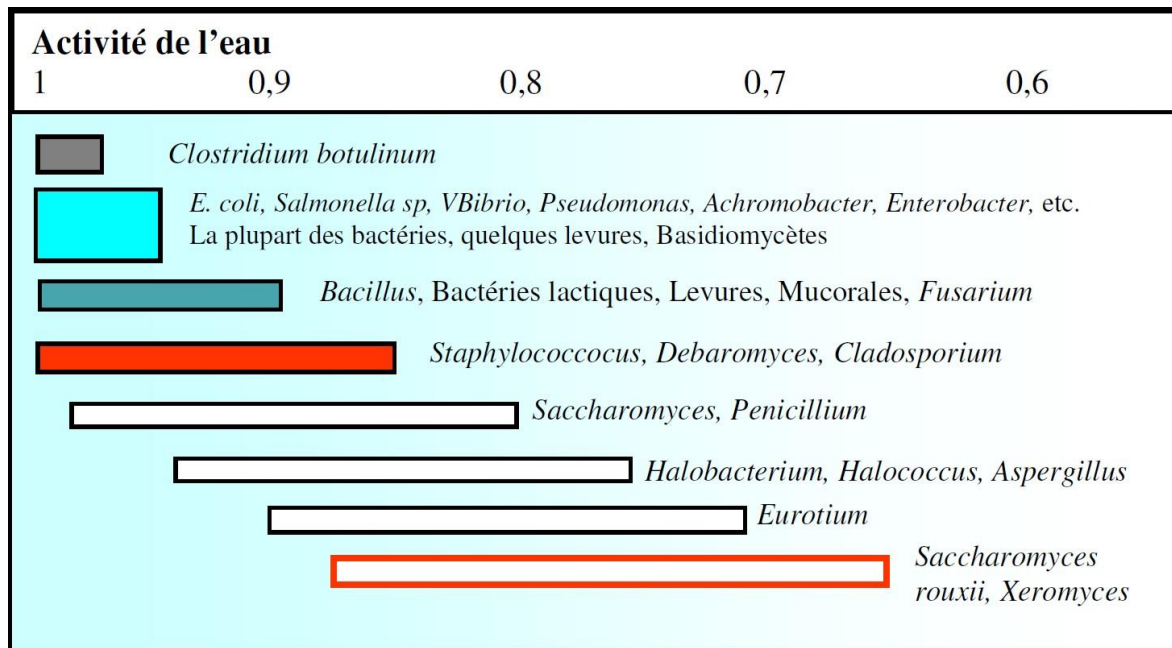
	Mini	Optimum	Maximum
Moisissures	1,5-3,5	4,5-6,8	8-11
Levures	1,5-3,5	4-6,5	8-8,5
Bactéries	4,5	6,5-8,5	11
Bactéries lactiques	3,2	5,5-6,5	10,5

	pH
Pomme	2,9-3,5
Fromages	4,5-5,9
Jambon	5,9-6,1
Crevettes	6,8-7

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques

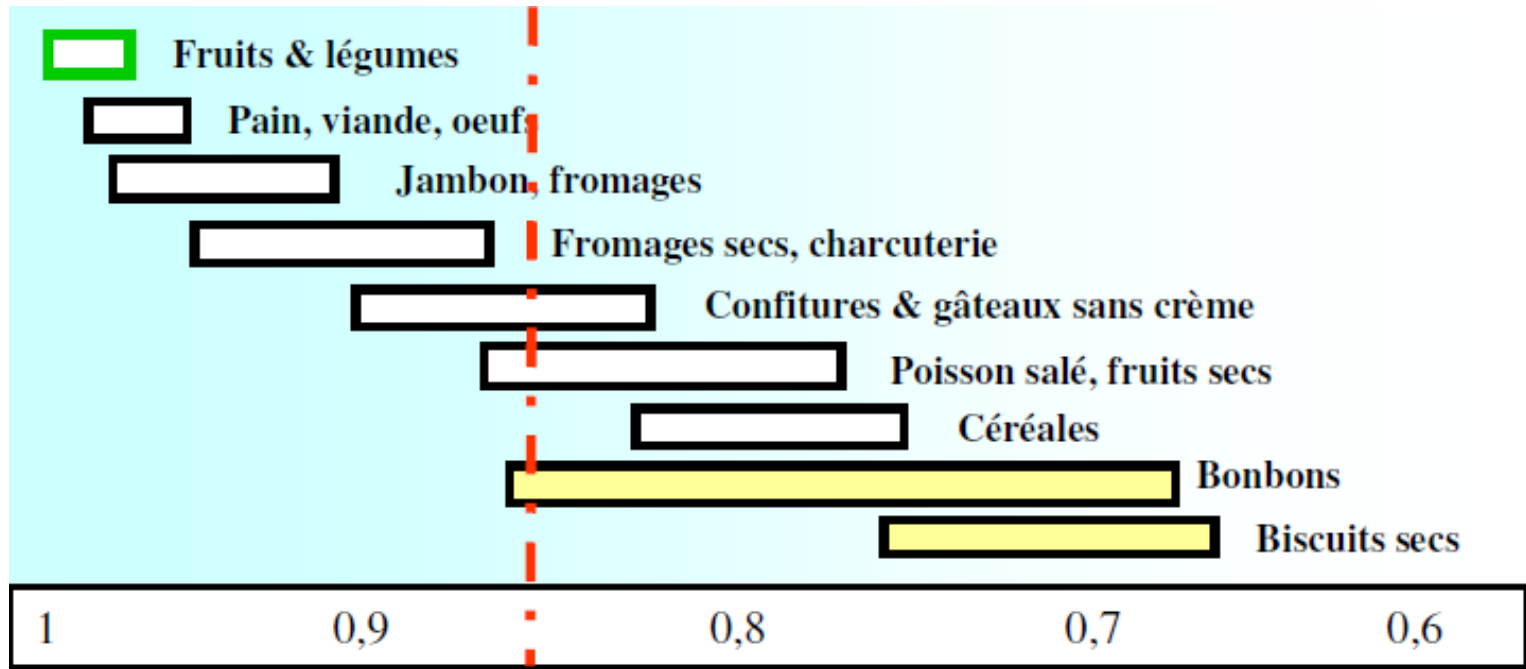
3. L'Aw, activité de l'eau = disponibilité en eau

$0 < A_w < 1$, elle dépend notamment de la présence d'éléments dissous (sucre, sel) et de la température \neq teneur en eau



→ $A_w < 0.62$ aucun microorganisme ne peut se multiplier (survie possible)

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques



Techniques de conservation comme la deshydratation, le salage, l'addition de sucres (confitures), ou congélation reposent en grande partie sur la diminution de l'Aw

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques

4. L'oxygène et le stress oxydatif

Aérobie stricts

Présence d' O₂
Respiration

Moisissures, quelques levures, *Pseudomonas*, *Bacillus*...



→ Surface des aliments, farines...

Aérobie

Présence ou absence d'O₂
Respiration / fermentation

Plupart des levures, Enterobactéries, *Staphylococcus*...



→ Produits végétaux, surfaces viandes et fromages, viandes hachées...

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : paramètres physicochimiques

4. L'oxygène et le stress oxydatif

**Microaerophiles
(Aero-tolérants)**
Tolèrent O₂
Fermentation

Bactéries lactiques...



→ Fromages, produits laitiers, viandes... (en profondeur)

Anaérobies strictes
Absence d'O₂
Fermentation

Clostridium, Bacteroides, Propionibacterium...



→ Conserves, bocaux, masse...

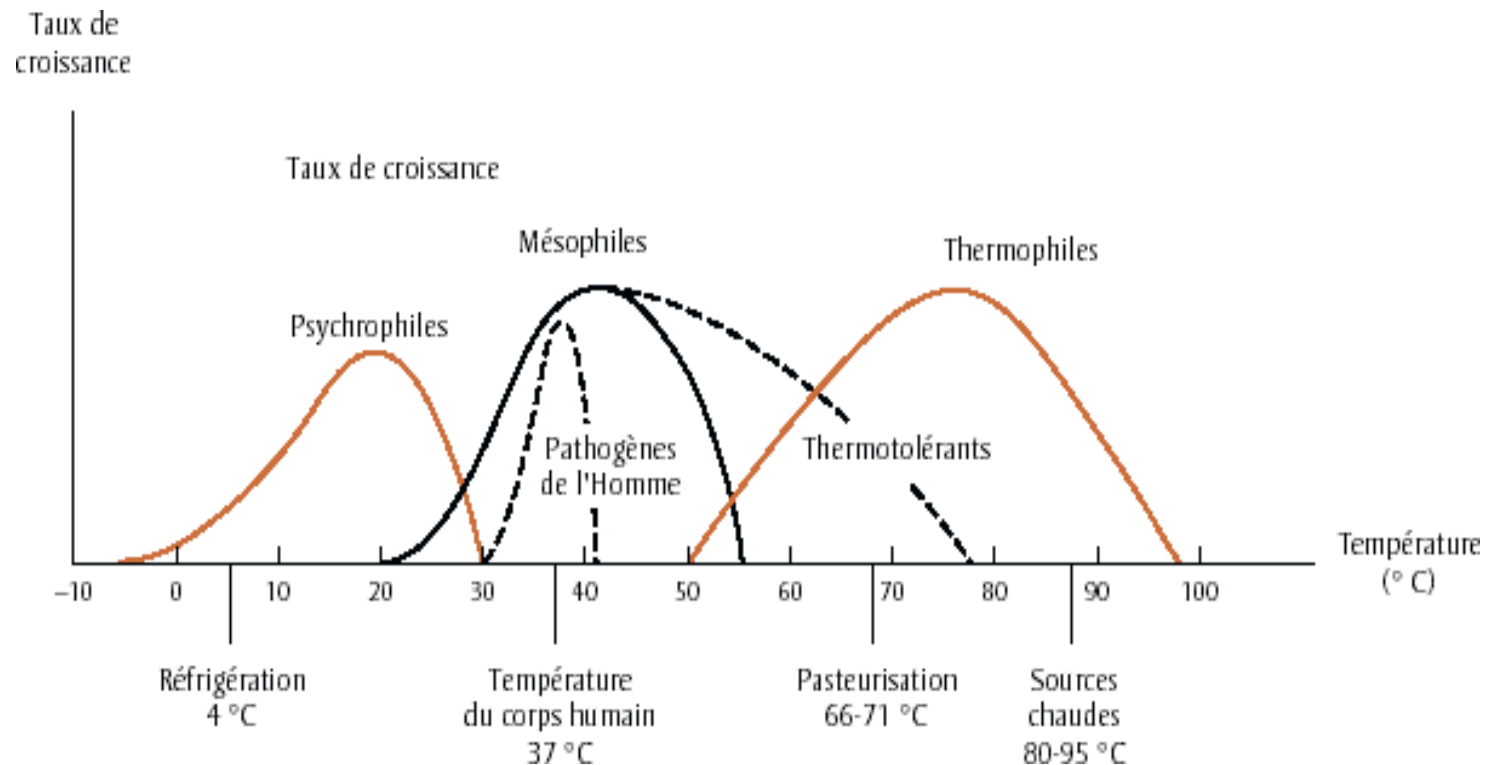
Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels



Paramètres externes à l'aliment
liés à son environnement

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

1. La température d'entreposage



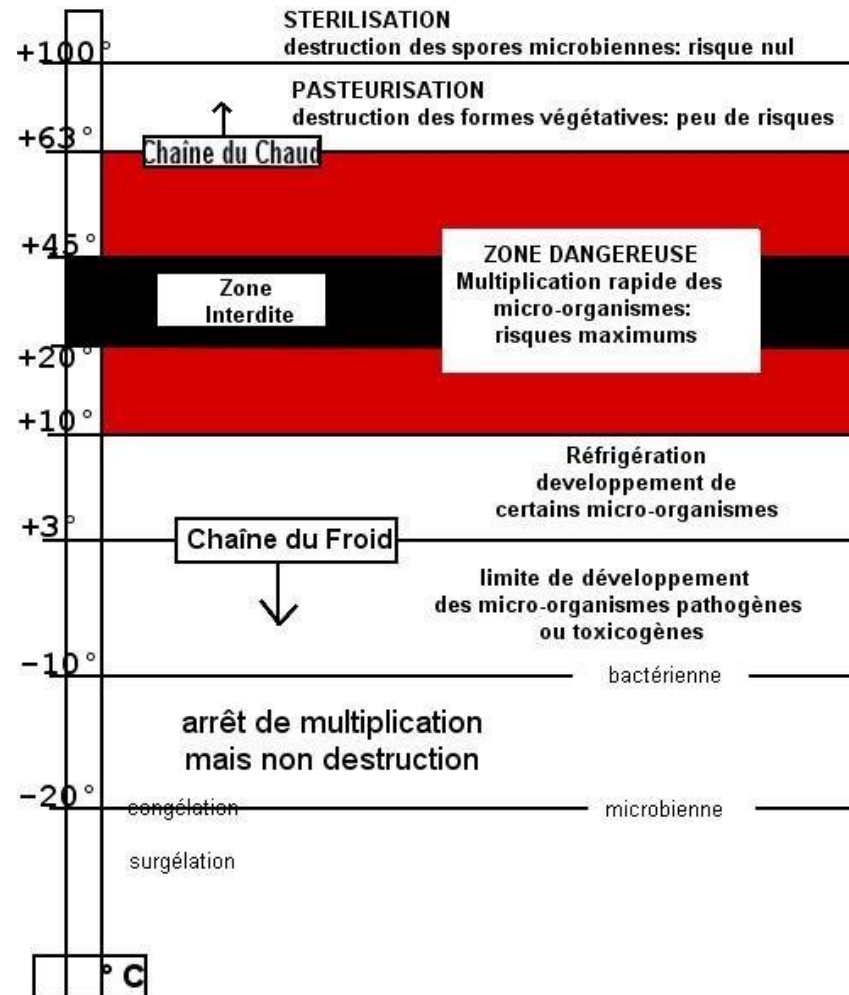
Mésophiles: majorité des microorganismes et en particulier des pathogènes → importance de chaîne du froid et du chaud

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

Conserves

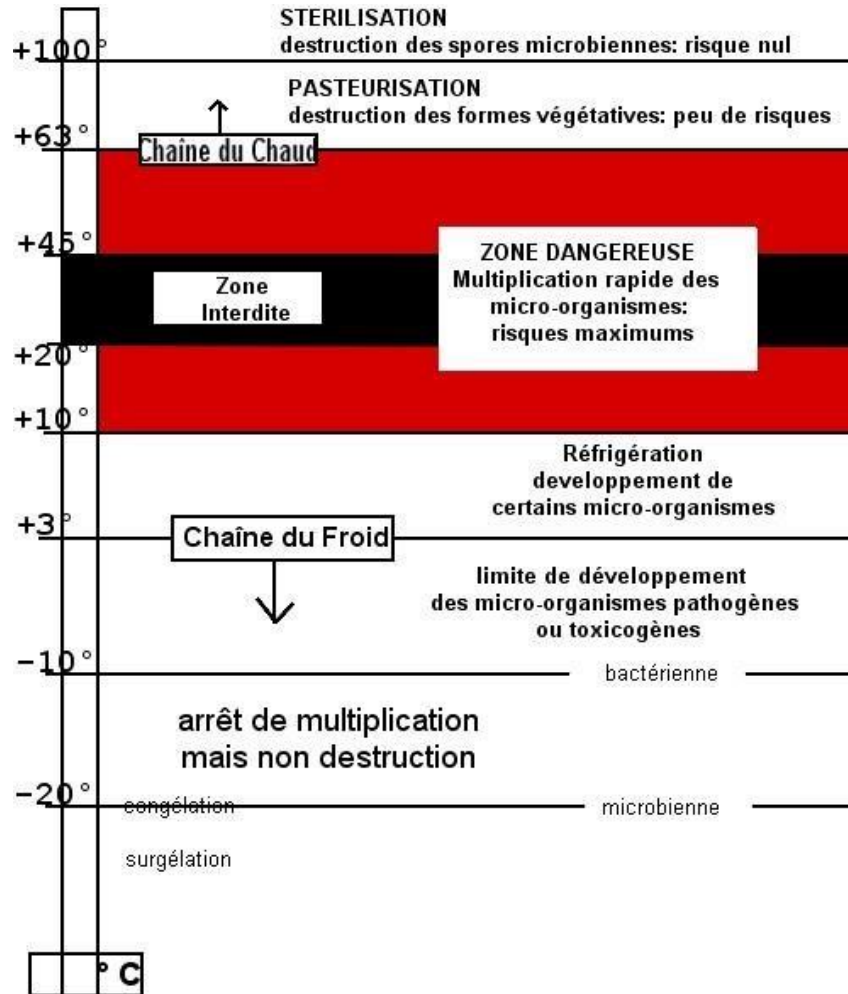
Semi-conserves

Produits sensibles à T°
(jambon, lait, jus de fruit,
beurre, foie gras...)



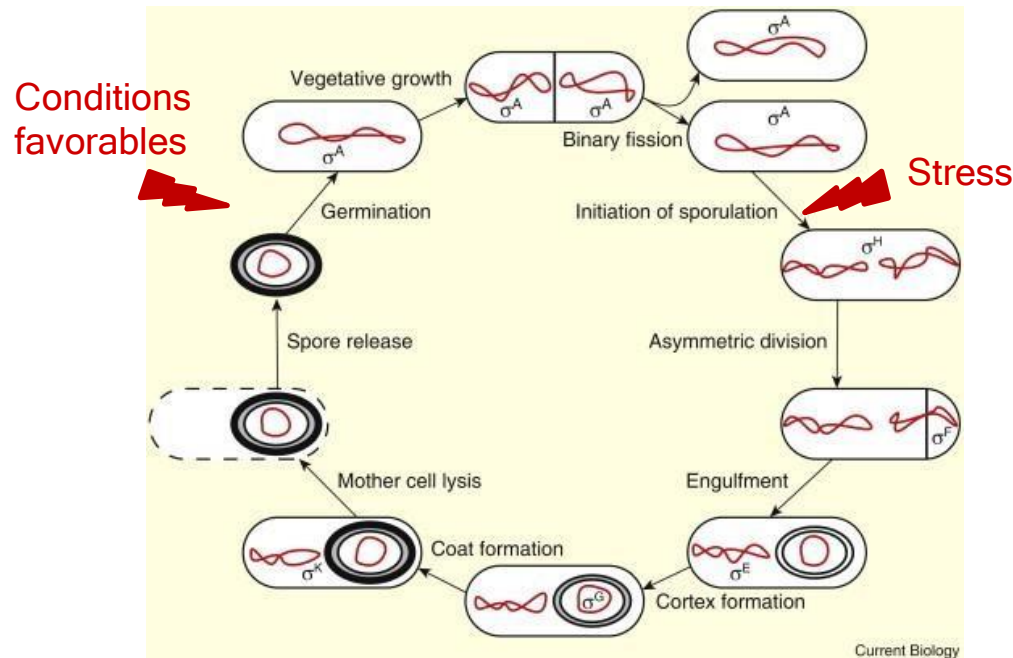
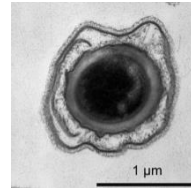
Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

Conserves
Semi-conserves



Spores
(*Clostridium*, *Bacillus*...)

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

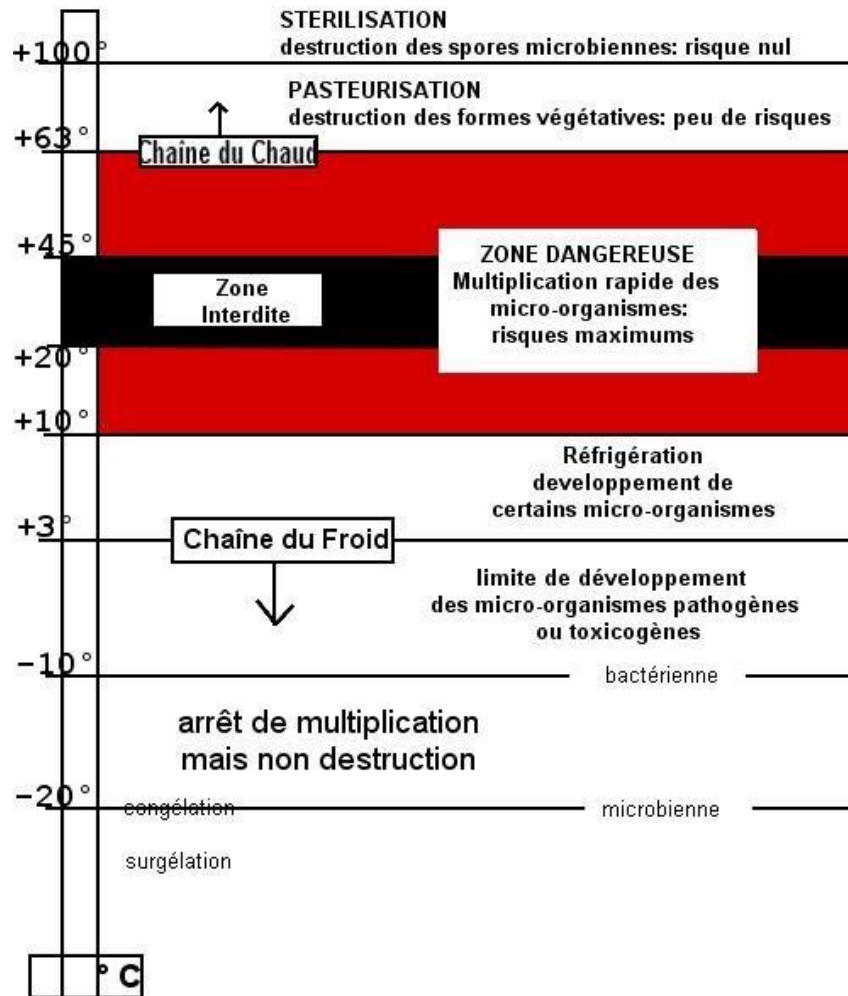


La spore est une forme de survie de la bactérie qui :

- ne se nourrit pas;
- est incapable de se multiplier;
- est incapable de produire des toxines;
- résiste aux antimicrobiens;
- résiste aux irradiations;
- Peut survivre jusqu'à 110°C ;

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

Conserves
Semi-conserves



Listeria monocytogenes
Yersinia enterocolitica
Bacillus cereus

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

Les indicateurs Temps-Température

Etiquette adhésive qui indique par une réaction colorée une accumulation critique de ruptures de la chaîne du froid.



Contient un milieu nutritif et d'un indicateur coloré qui lui donne la couleur verte initiale. On y introduit des bactéries lactiques sélectionnées selon le paramétrage de l'aliment à tracer. Selon le profil temps/température subi par l'aliment/étiquette, les bactéries se multiplient plus ou moins rapidement, tout comme celles de l'aliment. Il en résulte une baisse du pH du milieu plus ou moins rapide, laquelle provoquera le changement de couleur du vert au rouge de l'indicateur, signalant l'épuisement du capital temps/température

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

2. Présence et concentration de gaz

Atmosphère diazote (N_2) 79 % - dioxygène (O_2) 21 % - gaz carbonique (CO_2) 0,03 %

→ **Conditionnement sous vide**

Vide jamais total
Inhibition de la flore aerobie



→ **Conditionnement en Atmosphère modifiée**

Modifier la composition de l'atmosphère interne d'un emballage dans le but d'améliorer sa durée de vie.

Salade: O_2 5% - CO_2 15% - N_2 80%



Viande rouge : O_2 70% - CO_2 30%



Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

3. Utilisation d'autres procédés antimicrobiens

→ **Agents physiques**

Irradiation

Filtration / centrifugation

→ **Agents chimiques**

Antiseptiques

Désinfectants

Conservateurs

Antibiotiques

Cours : Les agents antimicrobiens dans l'industrie alimentaire

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

4. Process et hygiène

Qualité microbiologique des matières premières

Etapes critiques du procédé de fabrication

→ Le **broyage**

Augmente la surface de la nourriture

Altère la structure cellulaire

Disperse les germes

Hygiène

→ Le **matériel et les locaux**

→ Le **personnel**

} contamination des produits

Les facteurs de développement des microorganismes dans l'aliment : facteurs industriels

4. Process et hygiène



Facteurs ayant contribué à l'incident (foyers où au moins un facteur a été identifié). TIAC déclarées aux DDASS ou DSV France, 1998.

Facteurs	% *
Matières premières contaminées	39
Contamination par l'environnement	
- personnel	2 → 24 % en 1988
- équipement	39
Erreur dans le processus de préparation	41
Délai important entre préparation et consommation	36
Non-respect des températures réglementaires:	
- chaîne du chaud	17
- chaîne du froid	38

* Total > 100%, plusieurs facteurs possibles pour une seule TIAC.

Source: INVS

La microbiologie prédictive (prévisionnelle)

Nécessité en industrie agro-alimentaire de **prédire** l'évolution de la flore d'un aliment tout au long de la vie du produit → but de la **microbiologie prédictive**. Permet de fixer la **DLC** (Date Limite de Consommation).

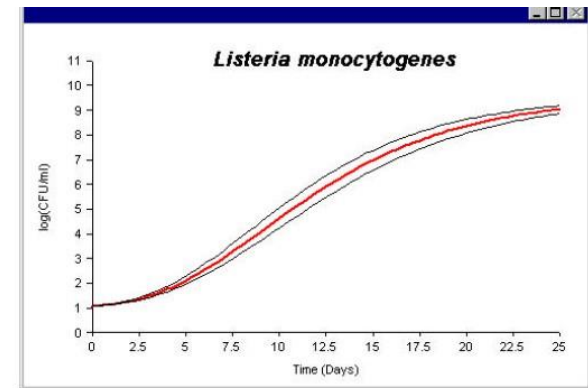
Repose sur de la **modélisation mathématique**.

1. Recueil de données expérimentales

Choix du milieu

Choix de l'inoculum

Sélection de facteurs influants (pH, Aw, T°C...)



2. Modélisation mathématique

Ex: modélisation croissance *Listeria monocytogenes* dans un fromage de type camembert

3. Validation dans les produits

The screenshot shows the 'Individual Growth Parameters' software interface for *Listeria monocytogenes*. The interface is divided into several sections:

- Microorganism:** *Listeria monocytogenes*
- Culture Conditions:**
 - Aerobic Anaerobic
 - Temperature (deg. C): 5.0 (Min: 4.0, Max: 37.0)
 - pH: 6.1 (Min: 4.5, Max: 7.5)
 - Sodium Chloride (% [g/DL]): 2.4 (Min: 0.5, Max: 10.5)
 - Sodium Nitrite (mg/kg): 0 (Min: 0, Max: 150)
- Growth Parameters:**

Parameter	Hours	Days
Lag Phase Duration	80.8	3.37
Lower Confidence Limit :	73.8	3.07
Upper Confidence Limit :	88.4	3.69
Generation Time	13.2	0.55
Lower Confidence Limit :	12.3	0.51
Upper Confidence Limit :	14.1	0.59
Time to Level of Concern	300.0	12.50
Lower Confidence Limit :	278.8	11.62
Upper Confidence Limit :	322.9	13.46
- Population [log(CFU/gm)]:**
 - Initial Level: 1.0
 - Level of Concern: 6.0
- Calculated:**
 - Water Activity: 0.987
 - deg. F: 41.0
- Time Scale:**
 - Hours
 - Days

Les limites

Prévisions souvent surestimées

- l'effet structure qui limite les transferts de matière
- les phénomènes de compétition entre la flore banale et les pathogènes dont on cherche à modéliser la croissance.
- la variabilité intersouches...

Ne représentent que partiellement la réalité → systèmes d'**aide** à la décision.

Prudence requise vis-à-vis des bactéries dangereuses !

Nécessité de contrôles réguliers, normes, prévention des risques