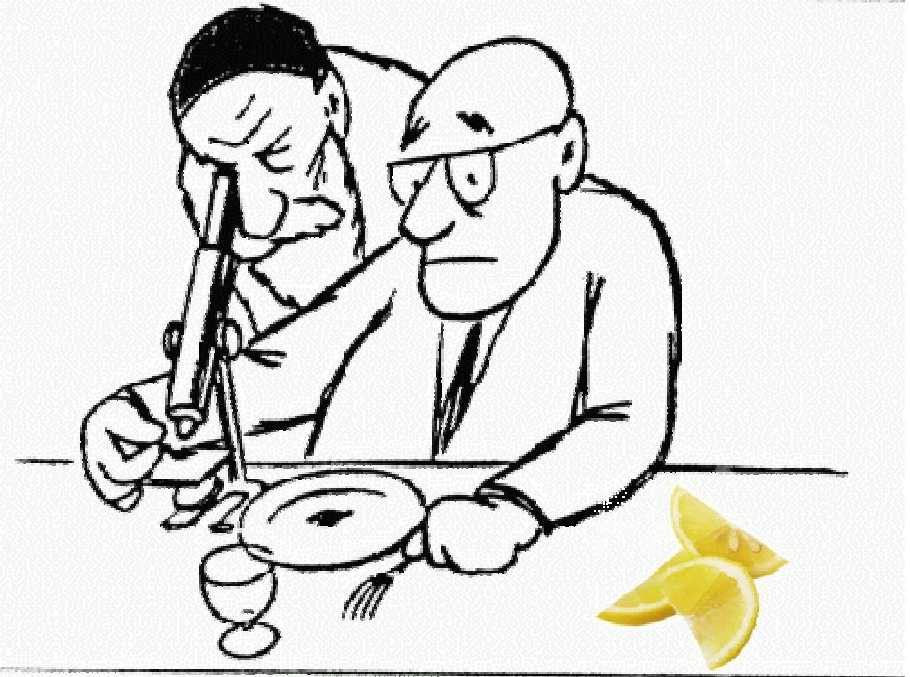


Ecologie Microbienne des Aliments

= écologie des microorganismes dans les aliments

Inhibition des bactéries par
le **pH acide**, et autres
conservateurs.

**Barrières: effet combiné
de facteurs multiples**



Un cours de **Denis Corpet**

sur la base d'un ppt J.D.Bailly

online sur <http://Corpet.net/Denis>

Version 2014 mai



Je vous conseille de ne bosser QUE mon POLY

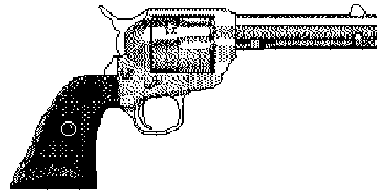
Cette présentation PowerPoint aidera peut-être ceux qui ont assisté à mon cours, en leur rappelant de bons souvenirs ;o) Pour les autres ces diapos sont inutiles. Ils irons plus vite en apprenant mon "poly", rédigé exprès pour eux. Au contraire, les données du ppt vont les embrouiller. Bon travail ! Denis Corpet

Écologie microbienne

- Êtres vivants & Environnement
Microorganismes & Aliments
- Facteurs environnementaux qui déterminent la croissance (ou non croissance) de chaque microorganisme
- Utiliser ces facteurs comme « barrières » pour conserver l'aliment

Pourquoi, Keski, Comment ?

- **Pourquoi** veut-on conserver les aliments ?
- **Qu'est-ce-qui** dégrade les aliments ?
- **Comment** résister aux microbes ?
 - *Nobody in - Kill them - Stop growth*



Comment résister aux microbes ?

En jouant sur la prolifération microbienne

Facteurs **extrinsèques** à l'aliment

1. Variation de la température

- o **Chaud TUE** les bactéries
- o **Froid STOPPE** les bactéries



Chaud TUE



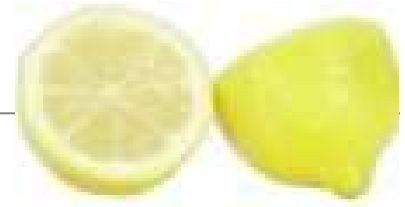
Froid STOPPE

Comment résister aux microbes ?

En jouant sur la prolifération microbienne

- **Facteurs extrinsèques à l'aliment**
 - Froid, Chaud, Sel, Gaz... *déjà vus avec autres profs*
- **Facteurs intrinsèques à l'aliment**
 - Activité de l'eau, a_w *déjà vue avec autres profs*
 - Potentiel d'oxydo-réduction *déjà vu avec autres profs*
 - **pH** de l'aliment
 - Nature de l'aliment



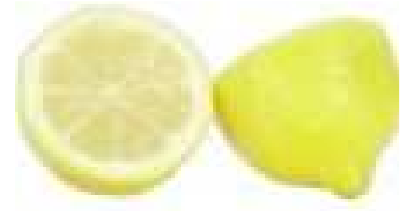


Relation entre pH et micro-organismes

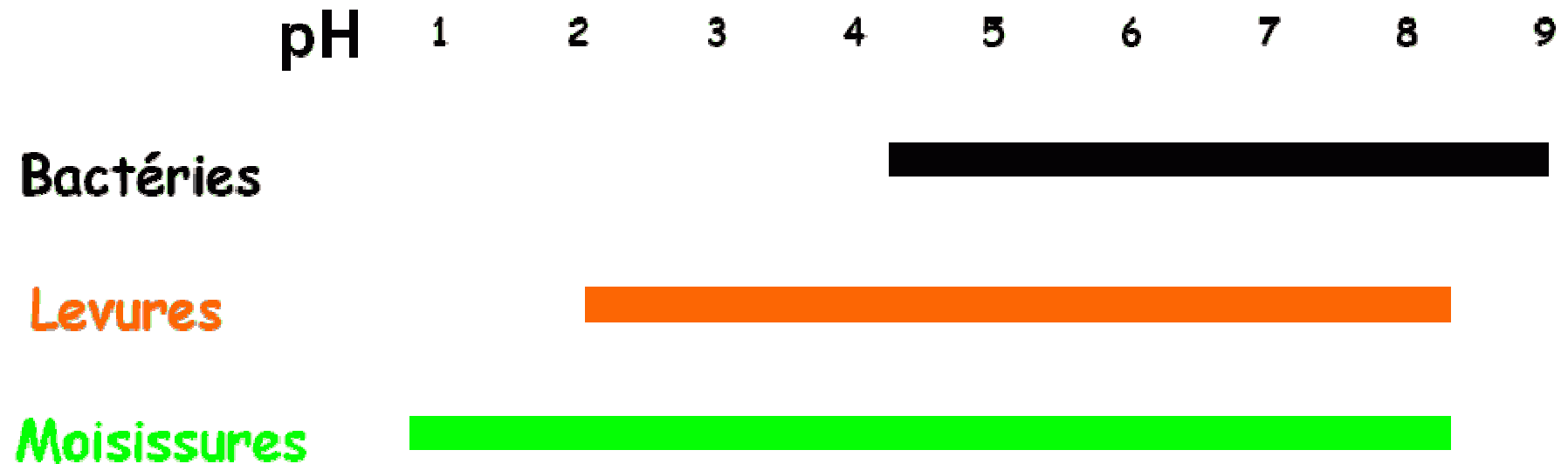
- pH
- Basophiles
 - **Neutrophiles**
 - Acidophiles
-

- Bactéries
 $4,5 < \text{pH} < 9$
- Levures
 $2 < \text{pH} < 9$
- Moisissures
 $1.5 < \text{pH} < 11$

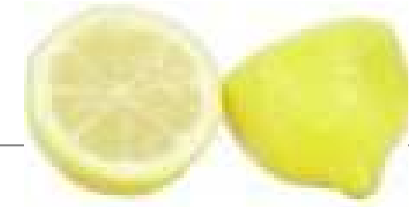
Pas si facile à retenir, je propose: pH BaMoi 4.5-1.5



Relation entre pH et micro-organismes



pH BaMoi 4.5-1.5



pH de croissance de certains micro-organismes

D'après Bourgeois et coll

Micro-organisme	mini	optimal	maxi
<i>Pseudomonas</i>	5,6	7	8
<i>Salmonella sp</i>	4,5	7	8-9
<i>C. Botulinum</i>	4,8	7	8,2
<i>Listeria monocytogenes</i>	4,3	6,5-7,5	9,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	4,2	7-7,5	9,8
Bactéries lactiques	3,2	5,5-6,5	10,5
Bactéries acétiques	2	5,4-6,3	9,2
Levures	2-3,5	4-6,5	8-8,5
Moisissures	1,5-3,5	4,5-6,8	8-11

pH des aliments

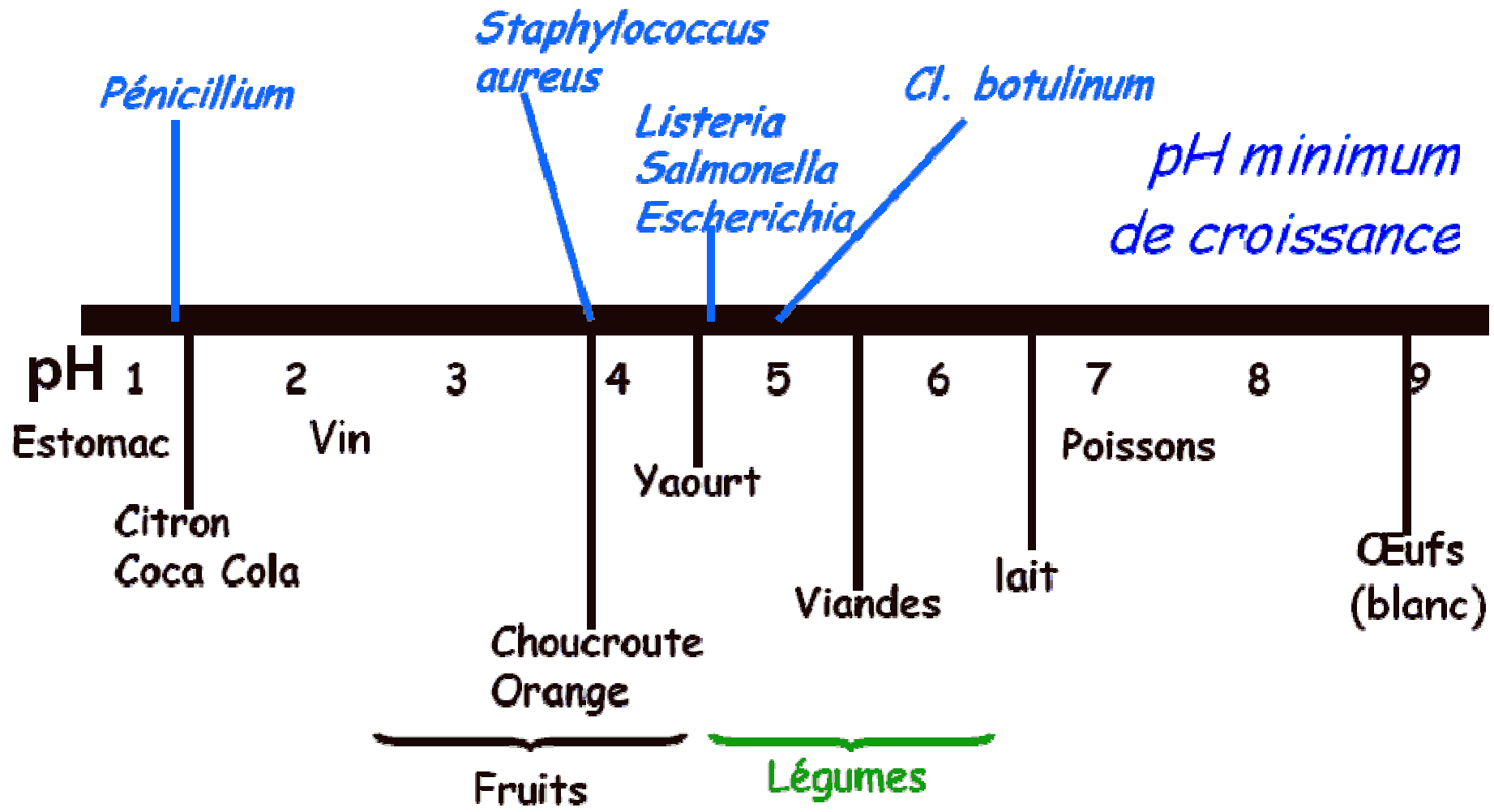
D'après Bourgeois et coll

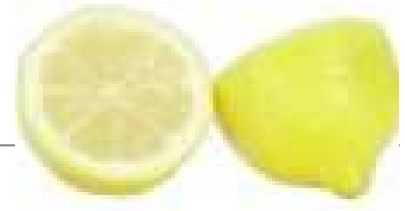


Aliments	pH
Viande de porc	6,5-6,8
Lait frais	6,4-6,8
Chair de poisson	6.3-6.8
Viande de bœuf	5,3- 5,6 -6,2
Pommes de terre	5,4-6,2
Tomates	4,2- 4.5 -4,9
Yogourt	4,5
Pommes	2,9-3,3
Raisins	3,4-4,5
Citrons	2,3
Vin	2,0



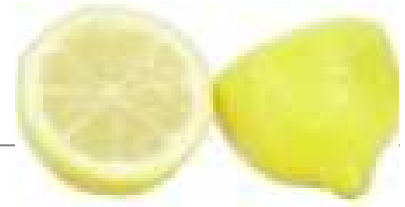
pH des Aliments vs. Minimum pH Bactéries





Action des différents acides

- **équilibre dissocié ($A^- H^+$) / non dissocié (AH)**
 - Fonction du pH : à pH acide, dissociation moindre
 - Fonction du pKa
- **Acides forts:** dissociation rapide, acidification rapide et intense
- **Acides faibles**
 - Forme non-dissociée en proportion variable
 - C'est la forme non-dissociée qui entre dans les bactéries
 - C'est la forme **non-dissociée qui inhibe** les bactéries
 - Les acides organiques sont **plus inhibiteurs à pH acide**



Pourcentage d'acide NON dissocié à différents pH

D'après Bourgeois et coll

Acides organiques	pH 4	pH 5	pH 6
Acétique	84	35	5
Sorbique	82	30	4
Benzoïque	59	13	1,4
Citrique	19	0,4	0,006
Lactique	6	6	0,6

Application:

Mayonnaise au citron ou au vinaigre ?



– Rappel :

- C'est la forme **non-dissociée** qui **inhibe** les bactéries
- Les acides organiques sont **plus inhibiteurs à pH acide**



Pourquoi le pH acide inhibe les micro-organismes

- Moindre disponibilité de co-facteurs enzymatiques (métaux)
et
Modification de la perméabilité membranaire
(l'ion H^+ bloque les perméases des cations)
- Synthèse de protéines de défense anti-acide:
Pompe à protons boostée pour expulser H^+ ,
Synthèse de HSP (Heat Shock Proteins, les mêmes que contre chaleur)
- *Et, bien que le cytoplasme soit relativement protégé des variations du pH extérieur :*
- Ralentissement du métabolisme enzymatique :
si l'acide entre dans la cellule (car non dissocié),
il fait baisser le pH intracellulaire,
les enzymes ne seront plus à leur pH optimum d'activité



Modification du pH des aliments

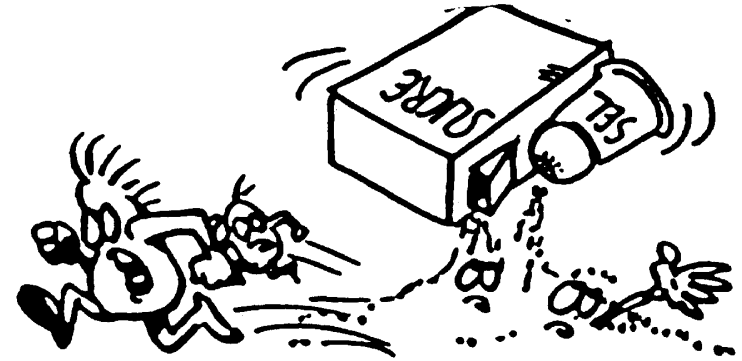
- **Ajout d'acide faible**
 - 1% (ac lactique, acétique...) - 0,05 % (ac sorbique...)
- **Fermentation**
 - Fermentation lactique
 - Fermentation alcoolique

Remarque: cas du faisandage

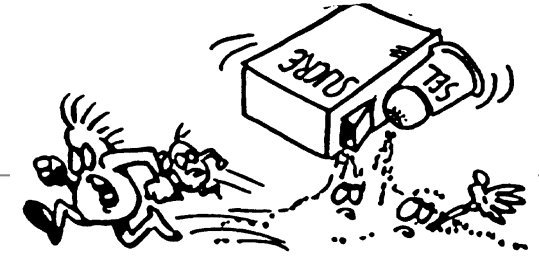
Après le pH antimicrobien, voyons brièvement

- Les conservateurs antimicrobiens
- Les interactions entre microbes
- La structure physique de l'aliments, barrière aux microbes
- Et les combinaisons de ces « barrières »

Utilisation de conservateurs



- Additif conservateur:
 - Substance non consommée normalement en tant que denrée alimentaire et incorporée à l'aliment en vue d'en accroître la salubrité et la stabilité par inhibition du développement microbien
 - Certains ont une certaine toxicité propre (nitrites, sulfites,...)
 - Pas d'effet assainissant (empêche croissance, ne tue pas)
 - Effet psychologique néfaste (le consommateur n'aime pas « les produits chimiques » : Rumeur sur le E330 = acide citrique)



Conservateurs minéraux

- Chlorures
 - Chlorure de sodium NaCl
- Nitrate et nitrite (NO_3 NO_2 / K Na)
 - Salaisons
 - Toxicité (cf. TD étiquetage des aliments)
- Sulfite de sodium
 - Vinification

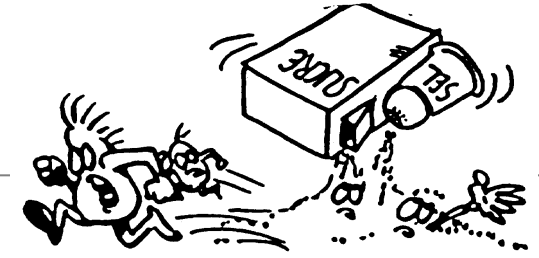




de variation extrinsèques

2- Autres facteurs

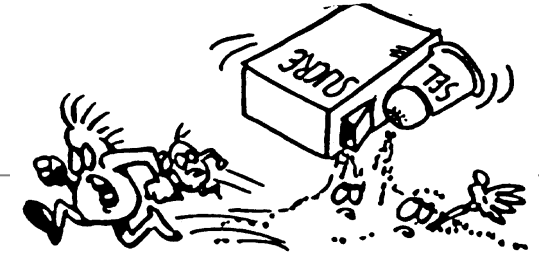
- Conservateurs



Conservateurs organiques

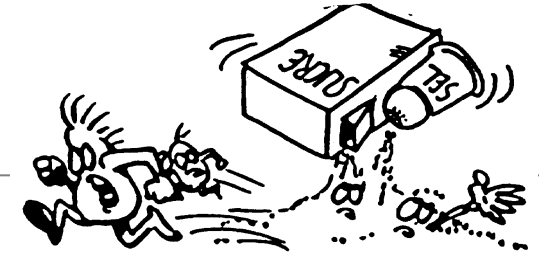
- Acides organiques: AGV (acétique, propionique)
- Acide sorbique & autres
- Fermentation: alcool & acides
- Fumage
- Sucre (baisse l'Aw. ex: confitures)
- Antibiotiques: nisine (interdit en France)
- Enzymes: lysozyme et autres (naturels dans lait & œuf)
- Condiments et épices (thym, menthe, ail)





Chemical food preservatives

Additifs	Aliments
Sodium /calcium propionate (E280)	Pains (tranché, sous plastique)
Sodium benzoate (E210)	Boissons carbonatées, jus de fruit, pickles, margarine
Acide sorbique (E200)	Extraits d'agrumes, fromages, pickles, salades
Sulfites , bisulfites, SO ₂ (E220)	Fruits secs, vin
Formaldéhyde (from smoking process)	Viande & poisson fumés
Ethylène and propylène oxides	Epices, fruits secs, noix
Sodium nitrite (E250)	Jambon, bacon, saucisses, fromages



Atmosphères Modifiées



- Conditionnement étanche (barquette)
- Suppression de l'oxygène (mais pas tout)
- Addition de CO₂ = antimicrobien
- Addition d'N₂ = remplissage inerte
- Favorise les lactobacilles par rapport /autres
- Inhibe oxydation des lipides
- Attention: microaérophiles et anaérobies strictes non inhibées (*Clostridium*, *Campylobacter*, *Listeria*)
- « Sous-Vide »:
bonne conservation, mais pb d'odeur et de couleur

Interactions entre micro-organismes

- **Coopération** (mutualisme, symbiotisme)
exemple: *Streptococcus thermophilus* et
Lactobacillus bulgaricus du yaourt



- **Compétition** (antagonisme)
ex.: bactéries poussent avant levures

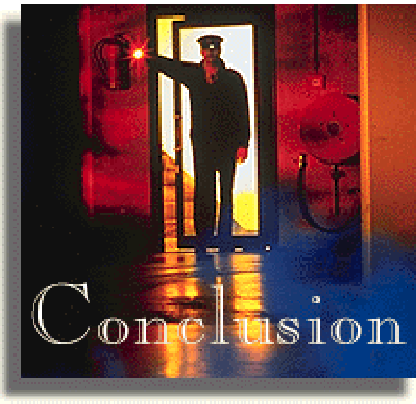


- **Inhibition** (amensalisme)
ex.: lactobacilles synthétisant
des bactériocines actives contre *Listeria*
(recherches en cours, non utilisé en routine)



Antagonisme





Ecologie microbienne des aliments: Synergies & Prévisions



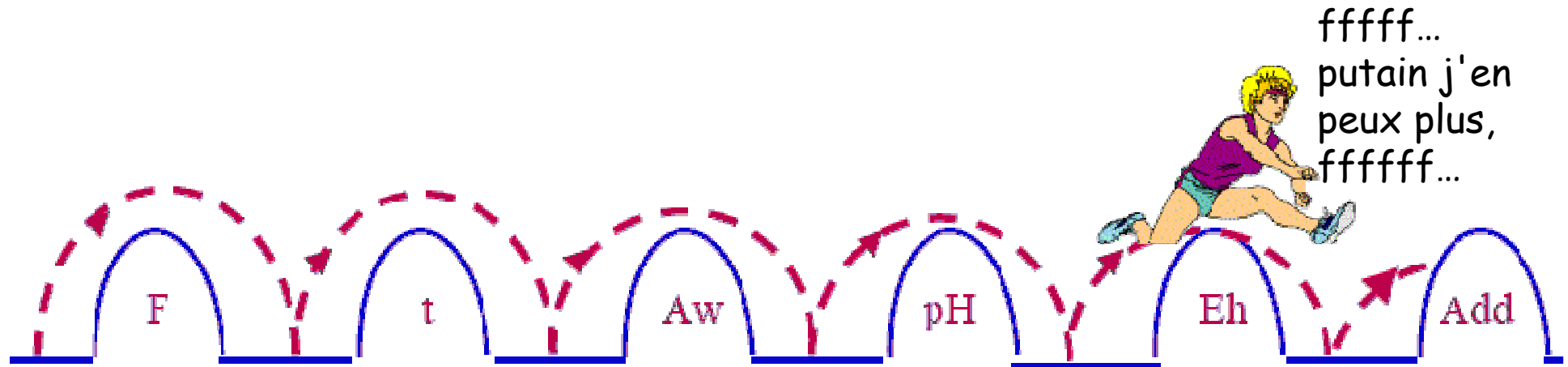
Effet combiné des différents paramètres: la théorie des « Barrières »

- Chacun des paramètres évoqués peut être considéré comme **une barrière** (une **haie**) opposée au développement microbien
- La combinaison de plusieurs barrières peut permettre d'éviter la multiplication microbienne:
l'effet cumulé de plusieurs facteurs, non inhibiteurs pris individuellement, permet de préserver l'aliment

Par ex: Aliment stable si **pH < 4,5** OU **a_w < 0,91**

OU, Stabilité si à la fois **pH < 5,2** ET **a_w < 0,95**

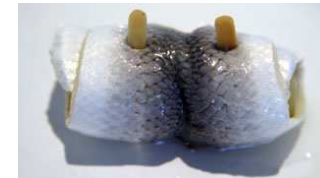
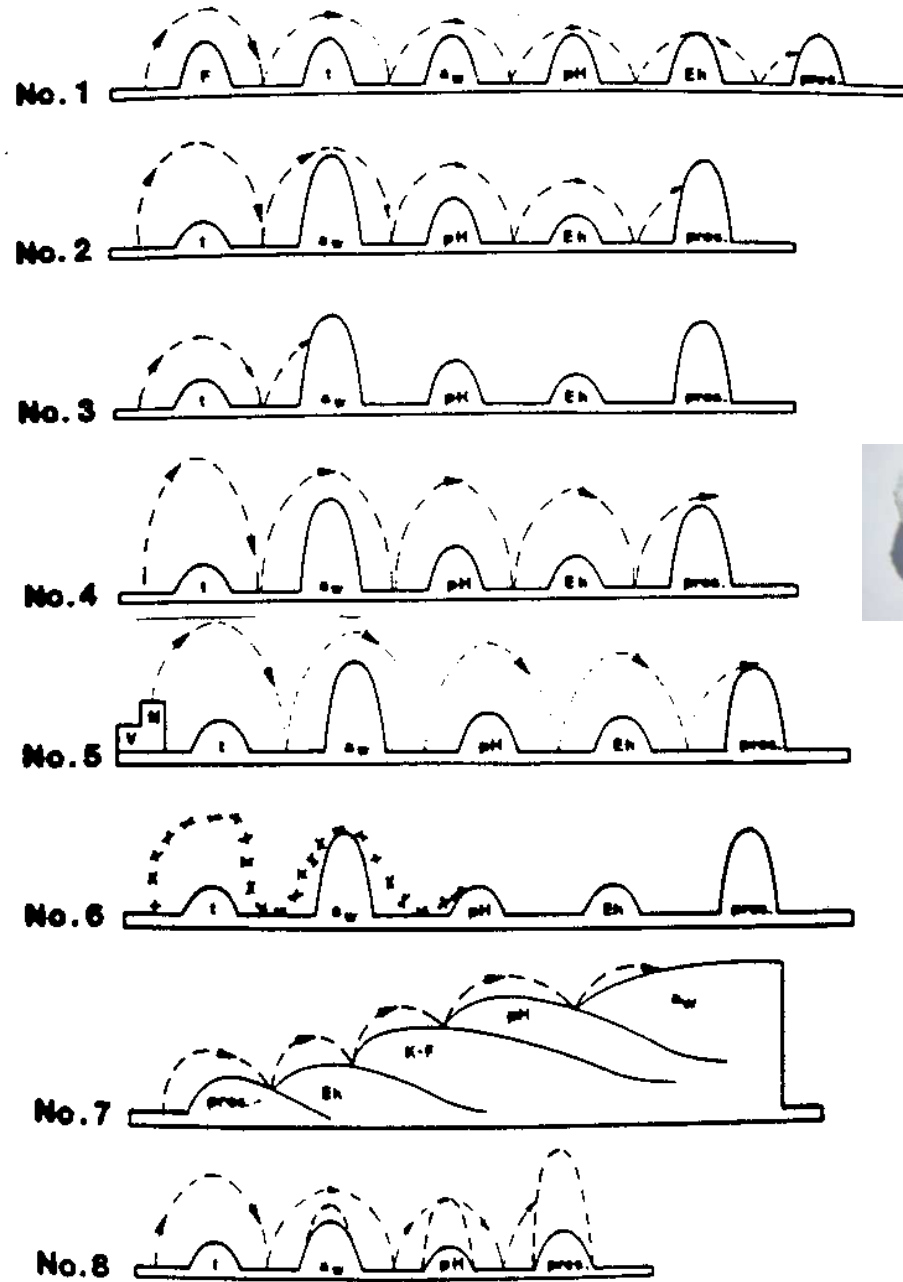
Six facteurs protecteurs = 6 Barrières



- Chauffage F
- Réfrigération t
- Sécheresse Aw
- Acidité pH
- Oxydo-réduction Eh
- Additifs anti-bact. Add



F: chauffage
t: réfrigération
Aw: activité hydrique
pH: acidification
Eh: potentiel redox
Pres: conservateurs
K-F: flore compétitrice
V: vitamines
N: nutriments

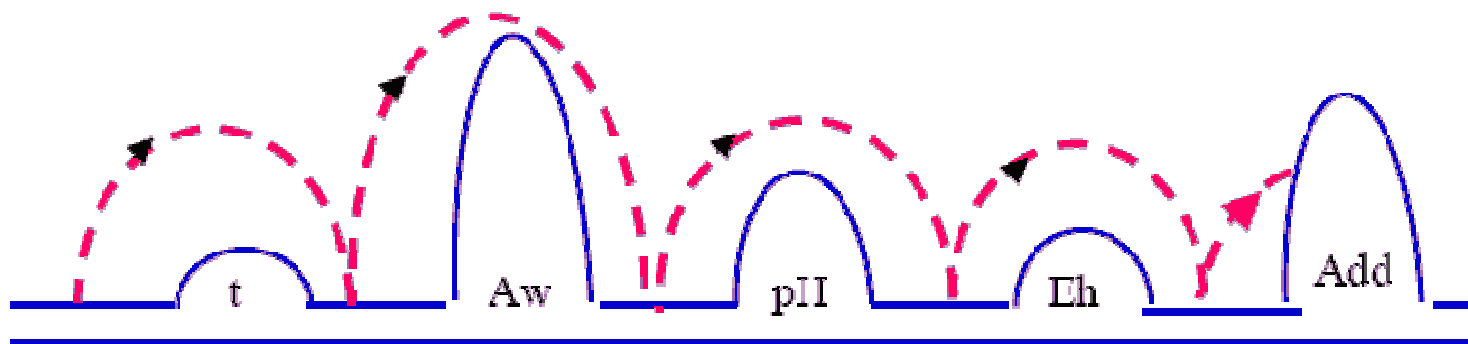


D'après Leistner

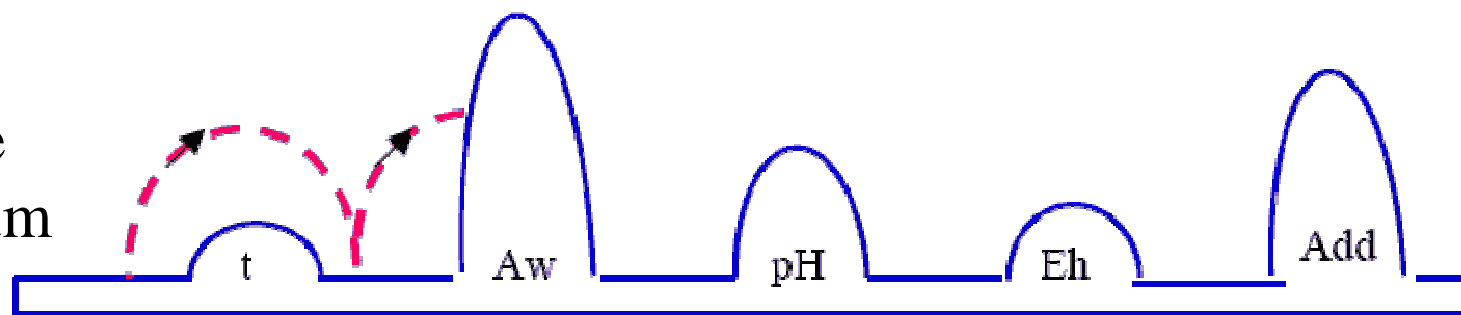


Ex. deux barrières majeures

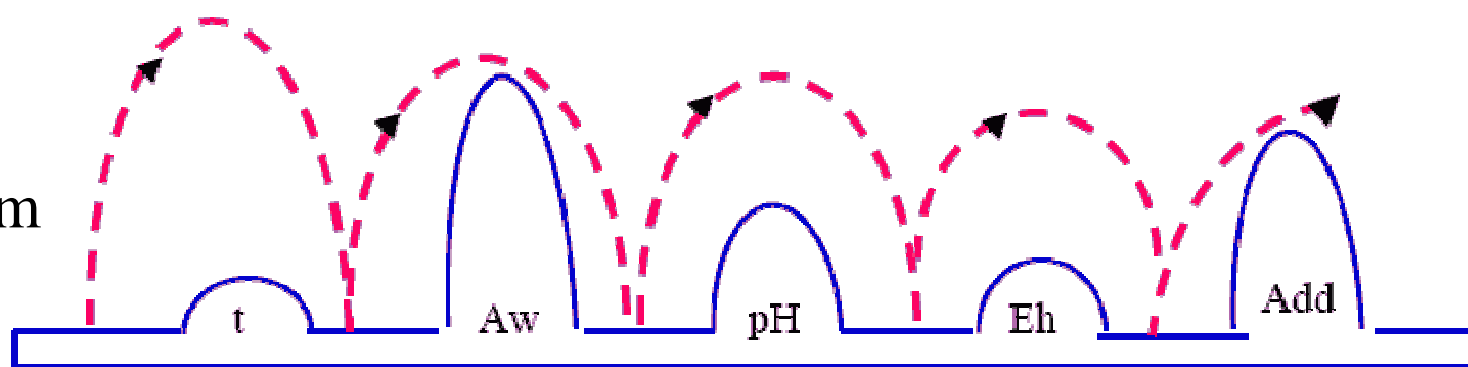
Faible A_w + Additifs



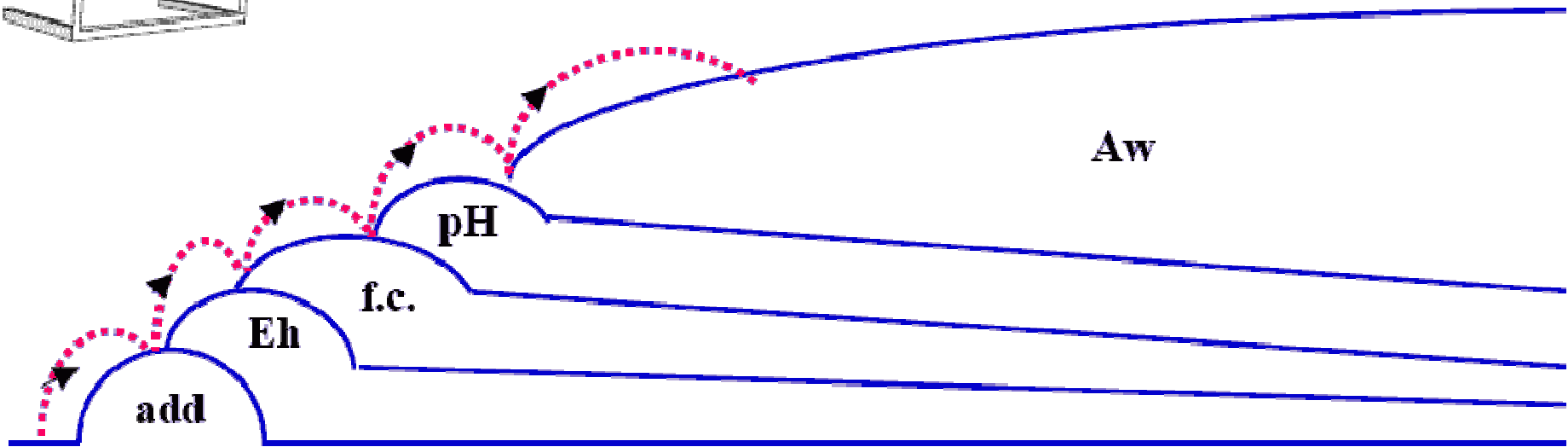
Produit propre
Faible inoculum



Produit sale
Fort inoculum



Barrières accumulées lors de la fabrication et du séchage du saucisson

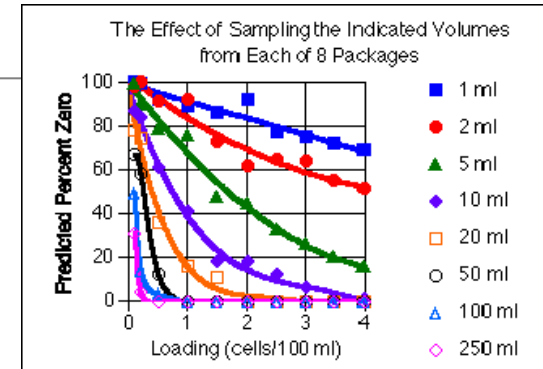


Dessin G. Bénard d'après L. Leistner

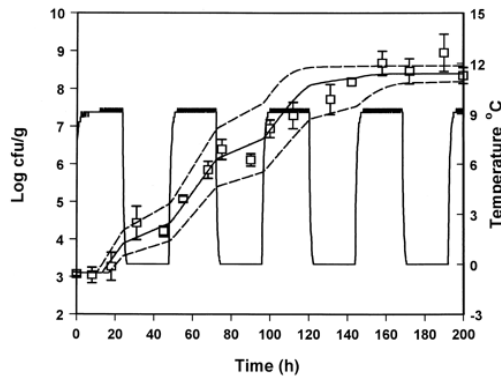
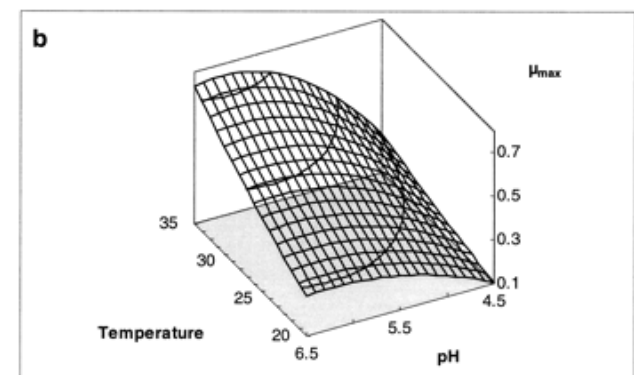
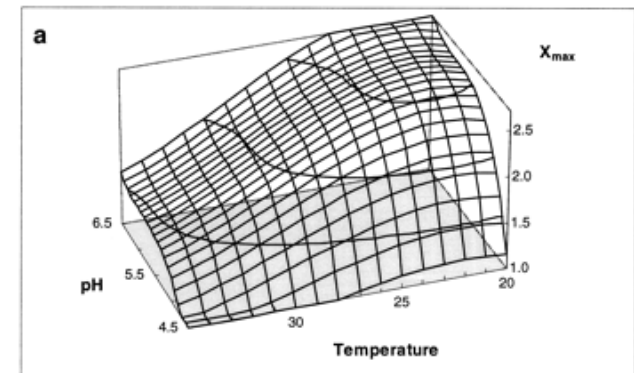


Microbiologie Prévisionnelle

- Prévoir croissance bact. à partir de tests expérimentaux
- En fonction de pH, a_w , température
- Durée latence, Vitesse croissance, & Densité maximum pour une bactérie : **courbes & modèles mathématiques**



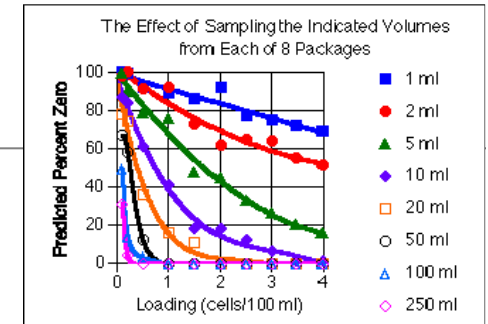
Courbes 3D



Fluctuations de
température



Microbiologie Prévisionnelle



- Ces courbes permettent de proposer une DLC raisonnée
- *C'est l'avenir, mais ce n'est pas encore parfait !*

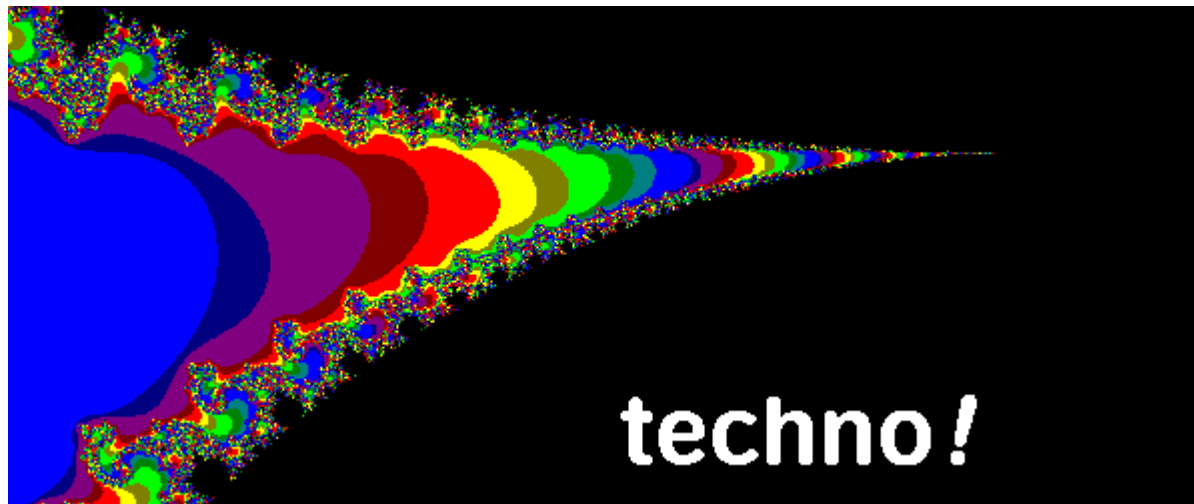
Suite... la Techno

Traitements de Conservation des Aliments

- **Ionisation – Irradiation**
- **Autres rayons et champs**
- **Pascalisation – hautes pressions**
- **Atmosphères modifiées**



HARD TECHNO



Autres cours:

Froid,

Chaleur,

Sel,

Séchage,