

Chapitre 1

Concepts généraux de l'analyse de risque liée à la chaîne alimentaire

DES DAOA - DES - DEA

Claude SAEGERMAN *, Georges DAUBE #,
Guy MAGHUIN-ROGISTER #

* Département des maladies infectieuses et parasitaires,
Epidémiologie et analyse de risque appliquées aux sciences vétérinaires
Département des denrées alimentaires

Claude.Saegerman@ulg.ac.be

Georges.Daube@ulg.ac.be

G.Maghuin@ulg.ac.be



Plan de l'exposé

- Contexte et objectifs
- Historique et instances normatives internationales
- Les grands principes de l'analyse de risque
- Approches qualitative et quantitative
- Variabilité et incertitude
- Approche quantitative déterministe
- Approche quantitative probabiliste
- Risque acceptable et alternatives pragmatiques
- Gestion du risque
- Communication à propos du risque
- Perspectives

24/04/2006

2



Contexte et principaux objectifs

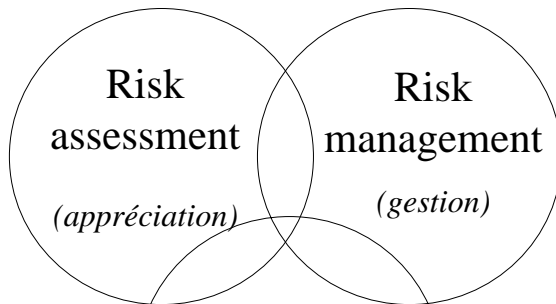


Besoin de prendre des décisions basées sur des données objectives avec une évaluation de type « coûts/bénéfices »

- connaître la situation locale
- modéliser le risque
- choisir les meilleurs options de gestion
- la finalité étant l'action (mais aussi parfois, l'inaction)



Quel est le point de départ ?



24/04/2006

Hiatt and Goldman,
Nature Editorial, 8 september 1994

Principales organisations internationales normatives impliquées dans le processus d'analyse de risque

- ❑ Codex Alimentarius Commission → alimentation
 - Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) Dangers chimiques
 - Pesticide residues (JMPR)
 - Microbiological Risk Assessment (JEMRA) et microbiologiques
- ❑ Food and Drug Administration → et physiques
- ❑ World Organization for Animal Health (OIE) → santé animale
- ❑ International Plant Protection Convention (IPPC) → santé des plantes
- ❑ European Food Security Agency (EFSA)

CODEX ALIMENTARIUS

Normes alimentaires FAO/OMS

CODEX alimentarius



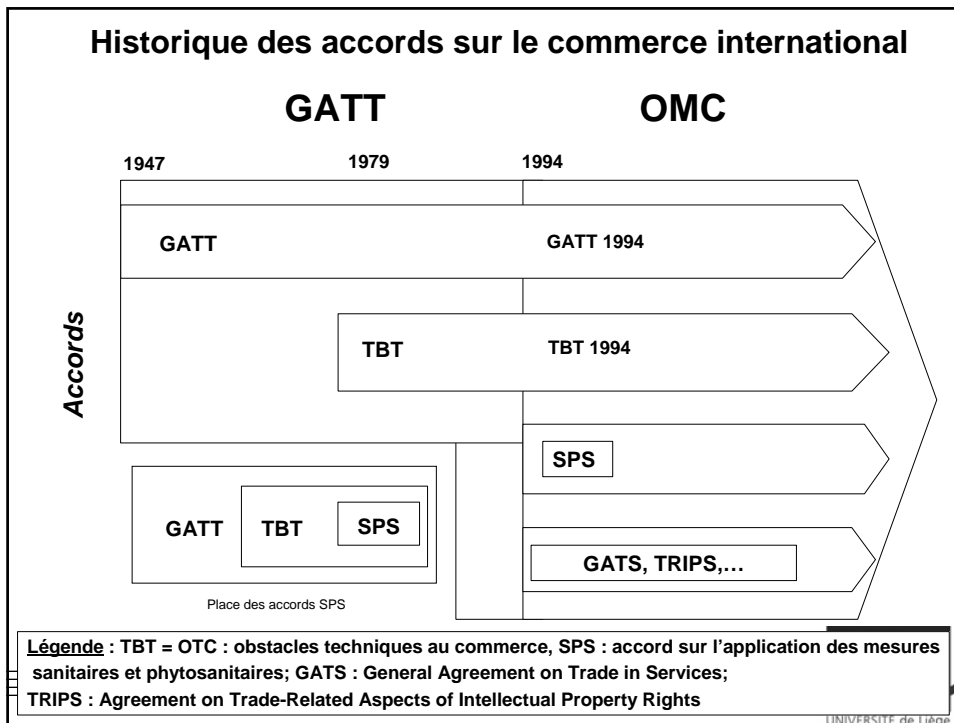
Particularités et interconnexions

- ❑ Particularités (exemples) :
 - santé animale : dynamique d'infection
 - microbiologie alimentaire : croissance/réduction microbienne
 - chimie : absence de croissance mais multitude de dangers (effets parfois synergiques)
- ❑ Interconnexions (exemples) :
 - présence de *Listeria monocytogenes* dans un camembert « X » au lait cru (santé animale et microbiologie alimentaire)
 - risque lié à *Clostridium botulinum* dans une boîte de conserve (microbiologie alimentaire et chimie)

24/04/2006

6






AGREEMENT ON THE APPLICATION OF SANITARY AND PHYTOSANITARY MEASURES

Members,

Reaffirming that no Member should be prevented from adopting or enforcing measures necessary to protect human, animal or plant life or health, subject to the requirement that these measures are not applied in a manner which would constitute a means of arbitrary or unjustifiable discrimination between Members where the same conditions prevail or a disguised restriction on international trade;

Desiring to improve the human health, animal health and phytosanitary situation in all Members;

24/04/2006
8


 UNIVERSITÉ de Liège

L'analyse des risques au Codex alimentarius

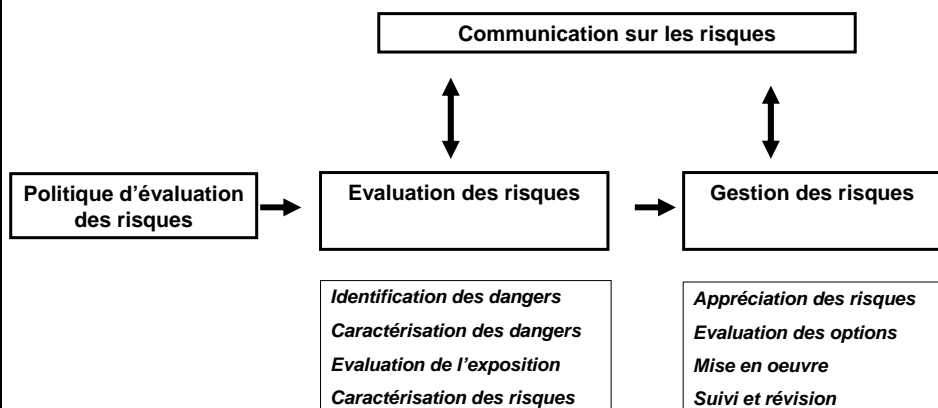
- ❑ Déclaration de principes concernant le rôle de la science dans la prise de décision du Codex et les autres facteurs à prendre en considération (1995)
- ❑ Déclaration de principes sur le rôle de l'évaluation des risques en matière de salubrité des aliments (1997)
- ❑ Définition des termes relatifs à l'inocuité des aliments utilisés en analyse des risques
- ❑ Définition des principes de travail pour l'analyse des risques

24/04/2006

9



Principe de travail pour l'analyse des risques selon le Codex Alimentarius



24/04/2006

10



Terminologie en analyse de risque (ou les grandes différences)

a) Les étapes de l'analyse de risque

Codex Alimentarius	Organisation mondiale de la Santé animale
	Identification du danger
Appréciation du risque	Appréciation du risque
Gestion du risque	Gestion du risque
Communication relative au risque	Communication relative au risque

24/04/2006

11



b) Les étapes de l'appréciation du risque

Codex Alimentarius	Organisation mondiale de la Santé animale
Identification du danger	-
Caractérisation du danger	Appréciation des conséquences
Evaluation de l'exposition	- Appréciation de l'émission - Evaluation de l'exposition
Caractérisation du risque	Estimation du risque

24/04/2006

12



Une nouvelle base légale : le règlement 178/2002/CE

- Règlement (CE) N° 178/2002 du 28 janvier 2002 du Parlement européen et du Conseil établissant :
 - établissant les principes généraux de la législation alimentaire
 - établissant les prescriptions générales de la législation alimentaire
 - instituant l'autorité européenne de sécurité des aliments
 - fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires

- Règlement général sur la sécurité alimentaire qui vous concerne toutes et tous

- Pour les détails : voir cours sur les bases légales de l'inspection et de la gestion des entreprises de production, de transformation et de distribution des DAOA (Dr. A. EVERS)

24/04/2006

13



Mise en application

- Les principes et procédures en vigueur sont adaptés au plus tard le 1^{er} janvier 2007

- En attendant, la législation en vigueur est appliquée dans le respect des principes généraux

24/04/2006

14



Principes généraux (1)

□ Objectifs généraux

- protection de la vie et de la santé des personnes
- protection des intérêts des consommateurs (fraudes, tromperies...)
- pratiques équitables dans le commerce
- réalisation de la libre circulation

24/04/2006

15



Principes généraux (2)

□ Prise en compte

- de la santé et du bien-être animal
- de la santé des plantes
- de l'environnement
- des normes ou projets de normes internationales

□ Participation active aux activités internationales

24/04/2006

16



Principes généraux (3)

- ❑ Législation fondée, en principe, sur l'analyse des risques
- ❑ Application du principe de précaution
- ❑ Principe de transparence
- ❑ Consultation et information des citoyens
- ❑ Importations doivent satisfaire aux règles européennes
- ❑ Exportations doivent, sauf exceptions, satisfaire aux règles européennes

24/04/2006

17



Principes généraux (4) Obligations générales du commerce

- Normes internationales : la communauté et les états:
 - participent aux travaux internationaux et promeuvent leur coordination
 - contribuent à l'élaboration d'accords d'équivalence
 - besoins spécifiques (financiers et commerciaux)
 - cohérence entre normes internationales et règles communautaires sans abaisser le niveau de protection

24/04/2006

18



Analyse des risques

- Trois volets interconnectés
 - a) évaluation des risques
 - b) gestion des risques
 - c) communication sur les risques
- Séparation entre l'évaluation et la gestion des risques

24/04/2006

19



Prescriptions générales (1)

- Aucune denrée alimentaire ne peut être mise sur le marché si elle est dangereuse :
 - préjudiciable à la santé
 - impropre à la consommation humaine

24/04/2006

20



Prescriptions générales (2)

- Il est tenu compte :
 - conditions normales d'utilisation
 - information fournie au consommateur
 - effet probable, immédiat, à court ou à long terme
 - effets cumulatifs
 - sensibilités particulières de catégories spécifiques
 - denrées similaires sont, en principe (sauf évaluation), considérées de façon identique (denrées d'un même lot, de la même catégorie correspondant à la même description...)

24/04/2006

21



Prescriptions générales (3)

- Aucun aliment pour animaux ne peut être mis sur le marché s'il est dangereux
 - effet néfaste sur la santé humaine ou animale
 - denrées alimentaires dérivées d'animaux producteurs de ces denrées, si elles constituent un danger pour la consommation humaine
- Aliments pour animaux similaires sont, en principe (après évaluation), considérés de façon identique

24/04/2006

22



Prescriptions générales (4)

- L'étiquetage, la présentation et la publicité ne doivent pas induire le consommateur en erreur
- La traçabilité est établie à tous les stades de la chaîne jusqu'à la distribution
 - denrées alimentaires
 - aliments pour animaux
 - animaux producteurs de denrées alimentaires

24/04/2006

23



a) Evaluation des risques

- Fondée sur les preuves scientifiques disponibles
- Menée de manière indépendante, objective et transparente
- Comprend 4 étapes (= approche Codex Alimentarius)
 - identification des dangers
 - caractérisation des dangers
 - évaluation de l'exposition
 - caractérisation des risques

24/04/2006

24



b) Gestion des risques

- Mise en balance des différentes politiques possibles
- En consultation avec les parties intéressées
- Prise en compte des résultats de l'évaluation des risques
- Prise en compte d'autres facteurs légitimes
- Choix des mesures de prévention et de contrôle appropriées

24/04/2006

25



c) Communication sur les risques

- Echange interactif d'informations et d'avis
- Entre toutes les parties intéressées (stakeholders): évaluateurs, gestionnaires, consommateurs, entrepreneurs, universitaires
- Explication des résultats de l'évaluation des risques
- Explication sur le fondement des décisions de gestion des risques

24/04/2006

26



Principe de précaution (1)

- Mesure de gestion des risques
- Effets potentiellement nocifs identifiés
- Incertitudes dans l'évaluation des risques

24/04/2006

27



Principe de précaution (2)

- Les mesures prises sont :
 - provisoires
 - proportionnées au risque (pas de restriction inutile au commerce)
 - non discriminatoires
 - cohérentes
 - basées sur l'examen des avantages et des charges potentielles
 - réexaminées à la lumière des nouvelles données scientifiques dans un délai raisonnable
- Pour les détails : voir cours sur le Principe de précaution du Prof. G. Maghuin-Rogister

24/04/2006

28



L'analyse de risque

- L'analyse de risque
 - organiser les informations disponibles sur un sujet donné
 - les traduire en probabilités
 - en déduire logiquement des règles de décision.

- Définition : une démarche scientifique faite dans le but d'identifier les dangers connus ou potentiels, d'en apprécier les risques, de les gérer et de communiquer à leur propos.

24/04/2006

29

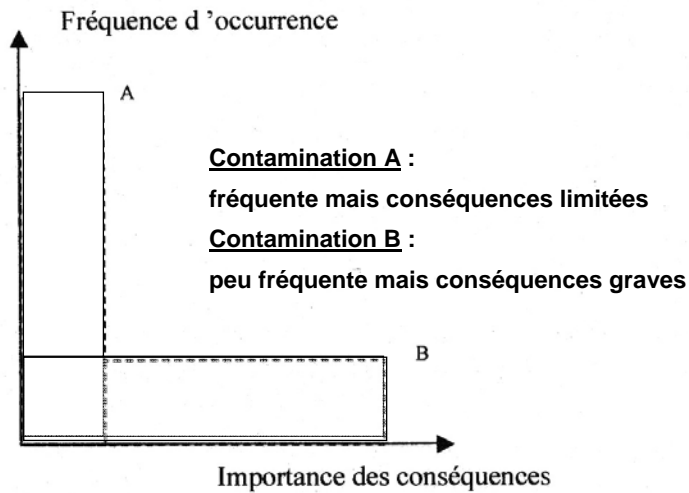


Danger et risque

- 1. Le danger (hazard) : notion qualitative « tout agent biologique, chimique ou physique pouvant avoir un effet néfaste pour la santé ».
 - Dans le cas d'un risque lié à la chaîne alimentaire, il s'agit du dommage au consommateur.
 - Le danger microbiologique est tout danger potentiel lié à un micro-organisme (ex. *Salmonella*, *Listéria*, *E. coli* O157:H7)
 - Le danger chimique est tout danger potentiel lié à un contaminant chimique (ex. mycotoxine, métaux lourds)

- 2. Le risque (risk) : notion quantitative « probabilité de la survenue d'un danger, combinée à l'importance de ses conséquences indésirables ». 2
composantes :
 - fréquence d'apparition
 - importance des conséquences

Schéma illustrant les deux composantes du risque (fréquence et gravité)



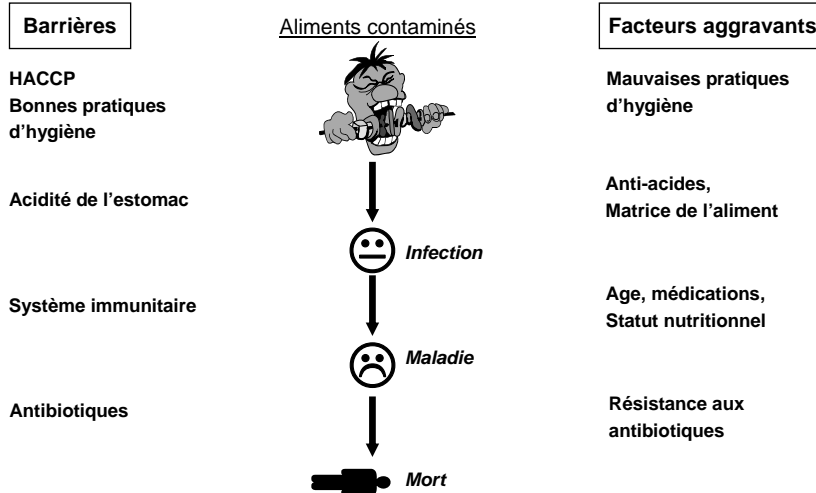
24/04/2006

31



Appréciation des effets*

(facteurs pouvant diminuer ou augmenter le risque de la maladie)



Sanaa et Cerf, La démarche d'analyse quantitative des risques de maladies infectieuses transmises par les aliments. *Epidémiol. et santé anim.*, 2002, 41, 157-166.



Appréciation des risques

Evaluation scientifique de la probabilité d'apparition et de la gravité d'effets néfastes pour la santé résultant de l'exposition de l'homme à des dangers présents dans les aliments.

C'est répondre aux questions :

- Y a-t-il un problème ?
- Quelles sont les preuves ?

C'est la description :

des dangers (agent dans l'aliment) et des effets néfastes sur la santé

1. Identification du danger
(hazard identification)

2. Caractérisation du danger
(hazard characterization)

3. Evaluation de l'exposition
(exposure assessment)

4. Caractérisation du risque
(risk characterization)

Appréciation du risque

- processus de comparaison du risque estimé, avec le niveau de risque jugé acceptable, en vue du jugement d'acceptabilité du risque considéré ou de la mise en place de mesures de diminution de ce risque :
 - difficulté de détermination du risque acceptable
 - *si le risque estimé est inférieur ou égal* au risque jugé acceptable, l'analyse de risque peut être arrêtée à ce stade
 - *si le risque estimé est supérieur*, le décideur peut décider d'arrêter l'analyse de risque et de fournir une réponse négative ou de passer à la phase de gestion du risque

1. Identification du danger

- Investigations des caractéristiques de l'agent :
 - Description taxonomique
 - Facteurs de virulence
 - Épidémiologie, physiologie et écologie (étude des interactions entre les microorganismes et leur environnement)
- Symptomatologie dans les différentes sous-populations (études cliniques)
- Sources et mode de transmission (études épidémiologiques)
- Données de la programmation + laboratoires privés

24/04/2006

35



2. Caractérisation du danger

- C'est répondre à la question : quelle est la quantité d'agent pathogène nécessaire au développement de la maladie, et à quelle gravité ?
- C'est l'étude de la relation dose – réponse

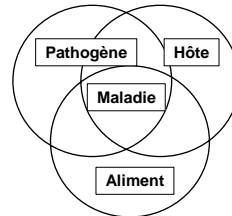
24/04/2006

36



Relation dose – réponse (principe)

- Modélisation de la relation dose – réponse
- Interactions entre :
 - Agent(s)
 - » population générale
 - » différentes sous-populations
 - » sous-populations à risque (ex. *Listeria monocytogenes* → femme enceinte)
 - Hôte
 - Environnement (aliment, milieu, emballage)
- Utilisation de modèles simples ou étendus (complexes)

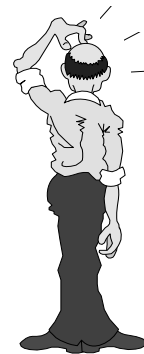
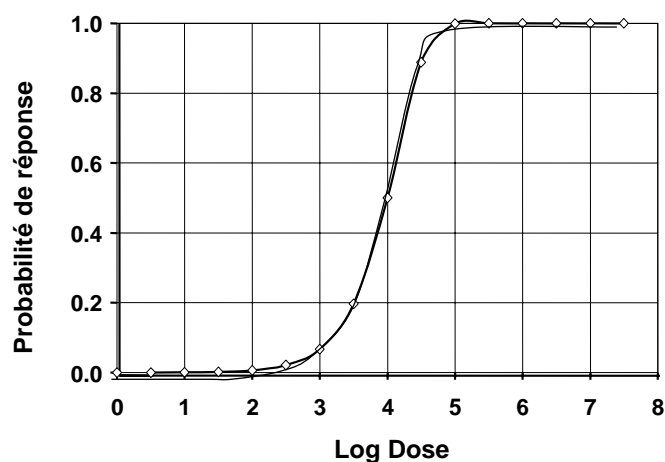


24/04/2006

37



Relation dose – réponse (exemple)



24/04/2006

38



Relation dose – réponse (recommandations)

- Lorsque c'est possible, il vaut mieux utiliser des données épidémiologiques pour estimer la courbe dose – réponse (ex. foyers de TIA) en :
 - stratifiant selon les sous-populations (différentes sous-populations à risque)
 - tenant compte des différentes conditions de stockage et de préparation des aliments (différents scénarii)
- Utiliser l'approche probabiliste (simulation Monte-Carlo) pour l'estimation des paramètres de la courbe
- Utiliser différents modèles spécifiques

24/04/2006

39



3. Evaluation de l'exposition

- C'est répondre aux questions :
 - quelle est la probabilité de consommer un aliment contaminé ?
 - quel est le nombre probable d'agent pathogène dans l'aliment au moment de la consommation ?
- Fréquence de contamination de l'aliment par le micro-organisme considéré et le niveau de la contamination au cours du temps :
 - Caractéristiques de croissance et de survie du microorganisme
 - Ecologie microbienne dans l'aliment
 - Contamination initiale de la matière première et aux stades ultérieurs
 - Diagramme de fabrication, emballage, distribution et conservation
 - Modélisation complète de la chaîne alimentaire (données à toutes les étapes et effets des différents traitements)

24/04/2006

40



3. Evaluation de l'exposition (suite)

- Données de consommation :
 - Les origines socio-économiques et culturelles
 - L'appartenance ethnique
 - Saisonnalité et différences régionales
 - Age
 - Préférences du consommateur et son comportement :
 - » Type d'aliments : nature, conditionnement, portions, origine
 - » Quantités consommées : par repas, par jour, par semaine...
 - » Modes de consommation : conservation (couple temps/température), étapes de la préparation...

24/04/2006

41



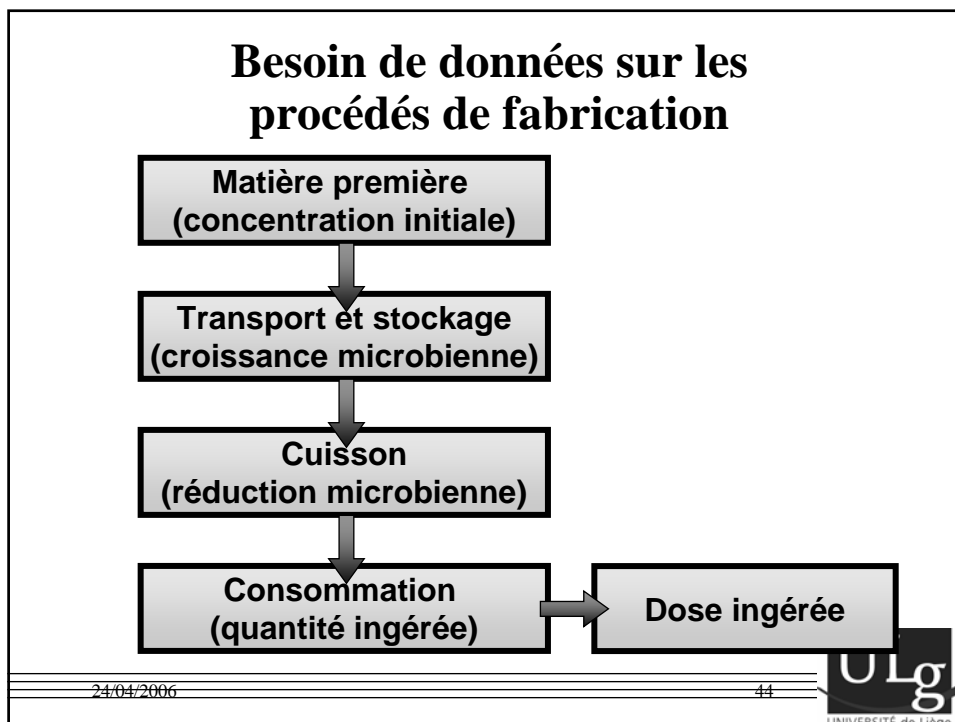
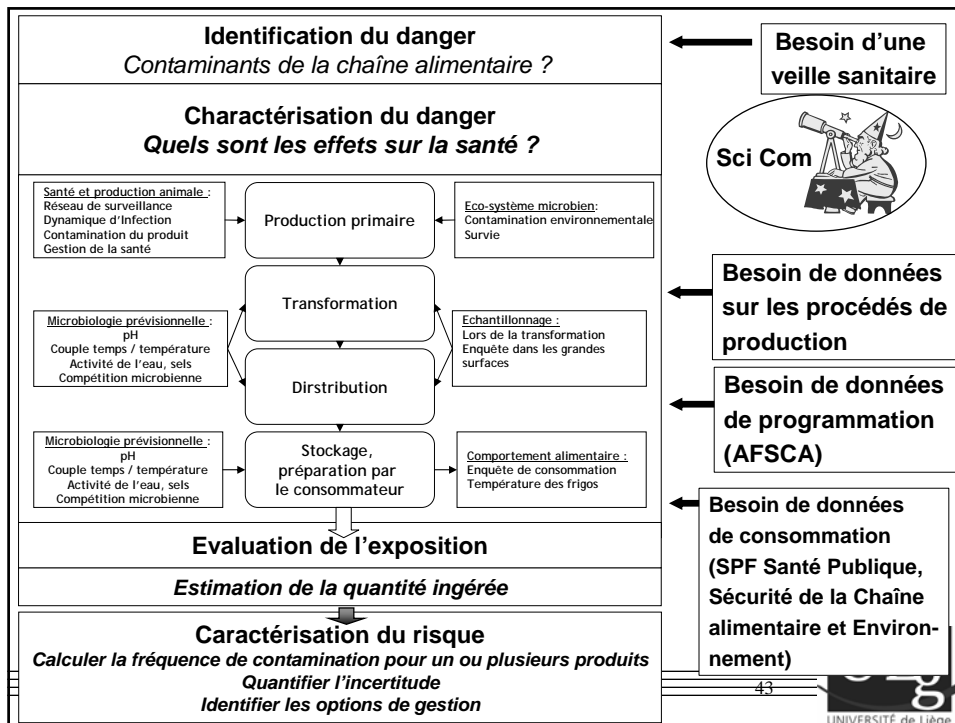
4. Caractérisation du risque

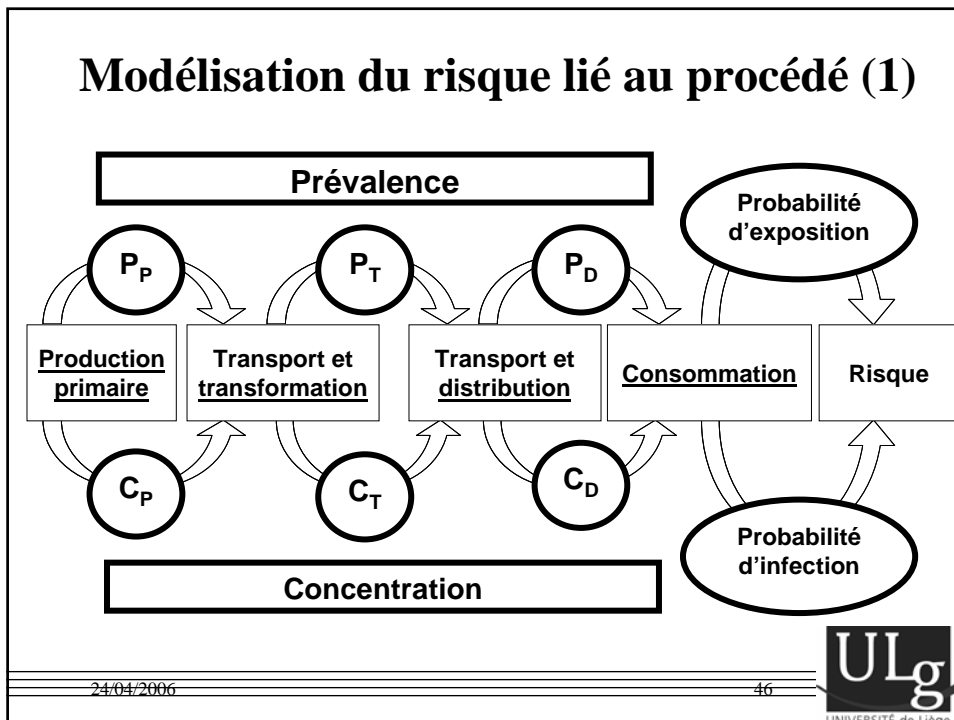
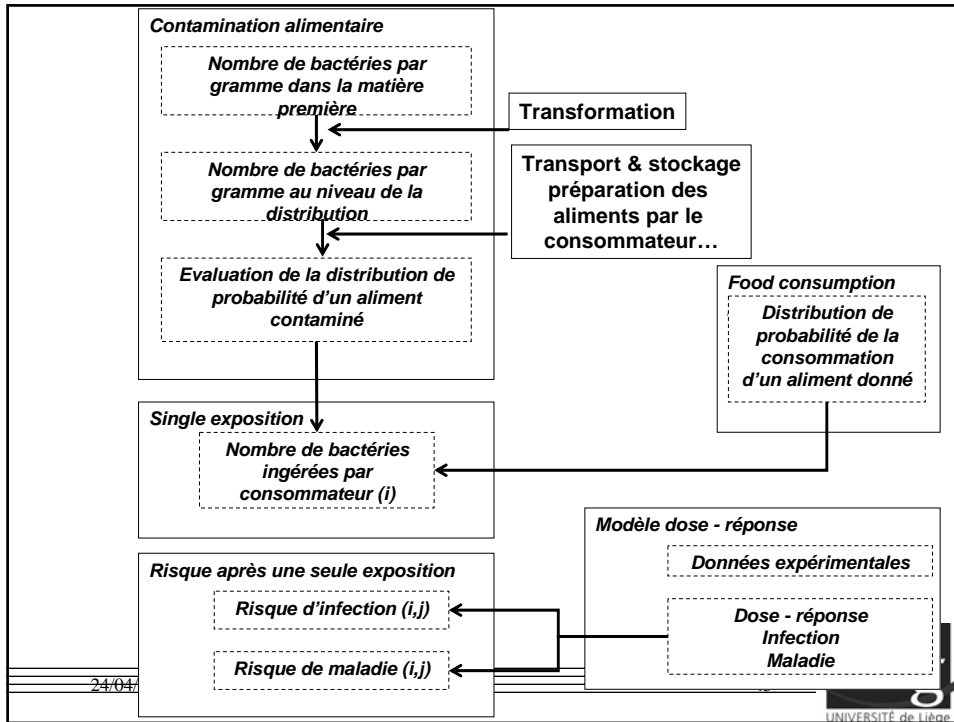
- C'est répondre à la question de savoir : quelle est la nature et la probabilité du risque sanitaire en fonction des (sous-)populations à risque ?
- 3 points importants :
 - Estimation du risque
 - Incertitudes
 - Analyse de sensibilité

24/04/2006

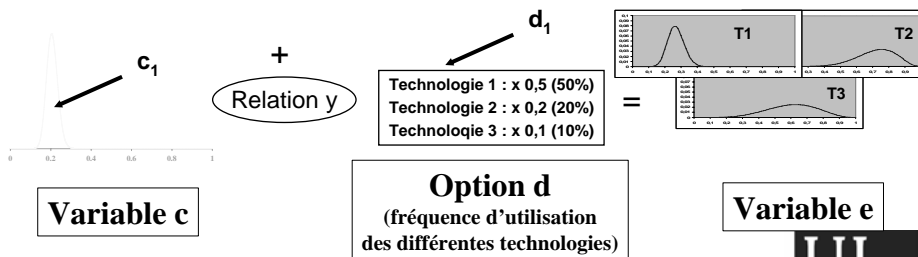
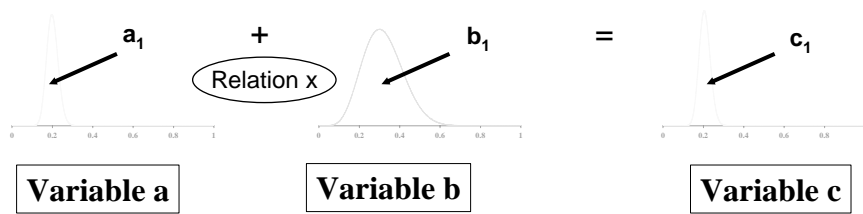
42





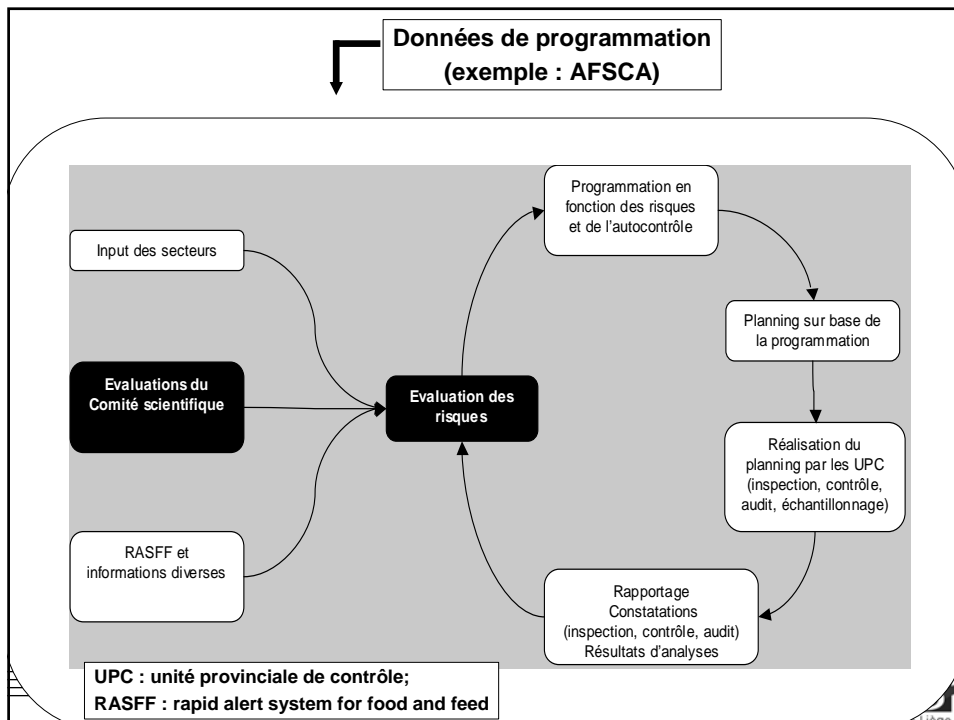


Modélisation du risque lié au procédé (2)



24/04/2006

47



Besoin sur les données de consommation

HIGHEST REPORTED 97.5th PERCENTILE CONSUMPTION FIGURES
(EATERS ONLY) FOR VARIOUS COMMODITIES BY THE GENERAL POPULATION
AND CHILDREN AGES 6 AND UNDER

Code	Commodity	General Population (g/kg bw/day)	Reporting Country	Children (g/kg bw/day)	Reporting Country
AP 1	Honey	0.86	Australia	2.26	Australia
CF 1210	Wheat germ	3.33	France	0.53	USA
CF 1211	Wheat flour	5.62	USA	10.23	Australia
CF 1212	Wheat wholemeal	2.39	USA	4.91	USA
CF 1250	Rye flour	1.84	France	1.18	USA
CF 1251	Rye wholemeal	0.51	USA	0.68	USA
CF 1255	Maize flour	1.34	Australia	3.16	Australia

Prepared by WHO GEMS/Food

1 January 2003

49



Besoins des données locales de consommation Enquête de consommation alimentaire (2005-2006) Exemple : consommation de produits de gélatine

	Moyenne	Ecart type	Min	P25	P50	P75	P97, 5	P 99	Max	n	N
Seulement pour les consommateurs durant les jours de consommation	94,4	42,5	0,36	63	87	118	196	224	772,2	5341	2924
Total concernant la population	80,6	41,5		51	75	104	179	206		5341	2924

Légende :

- moyenne : corrigée en fonction du nombre de jours d'interview et de la saison
- n : nombre de jours avec ingestion
- N : nombre de répondants qui ont au moins une fois consommé l'aliment
(sur 3083 répondants au total)

24/04/2006

50



Approches déterministe et probabiliste

Approche déterministe

- ❑ calculer le risque avec des valeurs ponctuelles
- ❑ moyennes, 95^{ème} percentile, scénario du pire (worst-case)
- ❑ estimations ponctuelles du risque
- ❑ approche conservative
- ❑ la variabilité et l'incertitude sont ignorées

Approche probabiliste

- ❑ calcul du risque avec des distributions de valeurs
- ❑ production d'une distribution du risque
 - probabilité pour des événements particuliers
 - reflète l'effet de la variabilité et de l'incertitude sur l'estimation du risque

24/04/2006

51



Variabilité et incertitudes

- ❑ Variabilité « biologique »
 - Propriété naturelle, diversité
 - Les points de grande variabilité dans les processus sont des options de maîtrise
 - Ne peut pas être réduite par des études complémentaires
- ❑ Incertitude
 - Manque de connaissance
 - Les points d'incertitude constituent des options de recherche
 - Peut être réduite par des études complémentaires

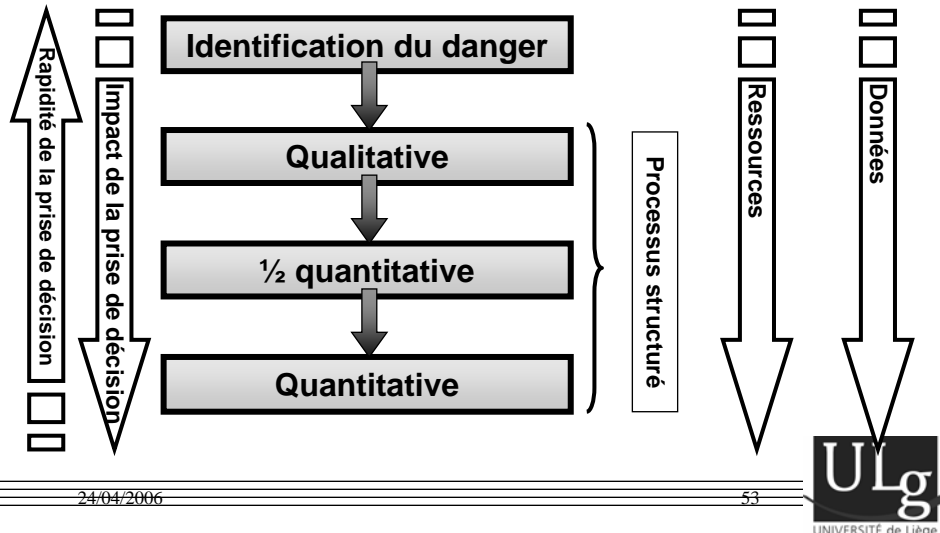


24/04/2006

52



Les différentes approches de l'appréciation du risque



Simple identification du danger

- Première étape basique de l'appréciation du risque
- Répond aux questions suivantes :
 - Existe-t-il un risque ?
 - Quelle est l'origine du problème ?
 - Quels sont les effets ?

24/04/2006

54

Appréciation qualitative du risque (1)

- Traite les problèmes avec un peu plus de détails
- Développe une base de connaissance sur le risque étudié
 - Revue de la littérature
 - Cadre plus large
 - Commence à développer les séquences d'événements induisant le risque

24/04/2006

55



Appréciation qualitative du risque (2)

- N'inclut pas la quantification des paramètres, mais utilise des échelles descriptives (grille de Zepeda) :
 - négligeable : consommation sans restriction
 - faible : autorisation à la consommation avec des mesures de réduction du risque
 - modéré : évaluer les mesures de réduction du risque, leur efficacité et leurs possibilités de réalisation avant d'autoriser la consommation
 - élevé : interdiction de la consommation (retrait du marché)

24/04/2006

56



Grille de Zepeda, 1998

Probabilité de l'événement 2	Probabilité de l'événement 1			
	Négligeable	Faible	Modérée	Elevée
Négligeable	Négligeable	Faible	Faible	Modérée
Faible	Faible	Faible	Modérée	Modérée
Modérée	Faible	Modérée	Modérée	Elevée
Elevée	Modérée	Modérée	Elevée	Elevée

Risques liés à la sécurité alimentaire :

- négligeable : consommation sans restriction
- faible : autorisation à la consommation avec des mesures de réduction du risque
- modéré : évaluer les mesures de réduction du risque, leur efficacité et leurs possibilités de réalisation avant d'autoriser la consommation
- élevé : interdiction de la consommation (retrait du marché)

Appréciation $\frac{1}{2}$ quantitative du risque

- Traduire des opinions et informations qualitatives en mesure $\frac{1}{2}$ quantitatives (scores, grille de Zepeda qui tient compte déjà de l'incertitude)
- Convertir une compréhension conceptuelle en modèle
- Développer un système synthétisant des formulations qualitatives

La grille de Zepeda modifiée* permet déjà de tenir compte des incertitudes

	Nu	Nu à N	N	N à F	F	F à M	M	M à E	E
Nu	Nu	Nu	Nu	Nul	Nu	Nu	Nu	Nu	Nu
Nu à N	Nu	Nu à N	Nu à N	Nu à N	Nu à N	Nu à N	N	N	N
N	Nu	Nu à N	Nu à N	Nu à N	Nu à N	Nu à N	N	N	N à F
N à F	Nu	Nu à N	Nu à N	Nu à N	N	N	N	N à F	F
F	Nu	Nu à N	Nu à N	N	N	N	N à F	F	F
F à M	Nu	Nu à N	N	N	N	N à F	F	F	F
M	Nu	N	N	N	N à F	F	F	F	F à M
M à E	Nu	N	N	N à F	F	F	F	F à M	M
E	Nu	N	N à F	F	F	F	F à M	M	M

Légende : Nulle = Nu, N = Négligeable, F = Faible, M = Modérée et E = Elevée

24/04/2006

AFSSA, France

59



Appréciation quantitative du risque (AQR)

- Traduire des données et des informations quantitatives dans un système
- Représenter un système physique avec des équations mathématiques
- Outil d'organisation des connaissances et d'aide à la compréhension du phénomène de santé étudié
- Selon la disponibilité des données intègre une ou plusieurs étapes de la filière (de la fourche à la fourchette)
- Identifie les déficiences cruciales en données; ce qui permet de mieux cibler les travaux futurs
- Permet de choisir des options de gestion les plus appropriées

24/04/2006

60



Validation...validation...validation...

- Attention à la qualité des données (rester critique)
- Veiller à la cohérence de la démarche
- Comparer avec les résultats de surveillance (plausibilité)
- Gérer les données manquantes ou imprécises :
 - Microbiologie prévisionnelle
 - Relations dose/réponse (hôte-agent-aliment)
 - Fréquences et quantités consommées

24/04/2006

61



Avantages et inconvénients des méthodes

- méthode qualitative : plus simple, plus rapide, mais subjective (des techniques permettant d'intégrer l'incertitude existent toutefois; exemple : grille de Zepeda modifiée)
- méthode quantitative : rigoureuse, permet une analyse de sensibilité de l'estimation par rapport aux hypothèses mais réservée à un nombre limité de cas (informations pas toujours disponibles et dans certains cas recours à des hypothèses souvent arbitraires)

Conseil 1 : toujours commencer par une analyse qualitative

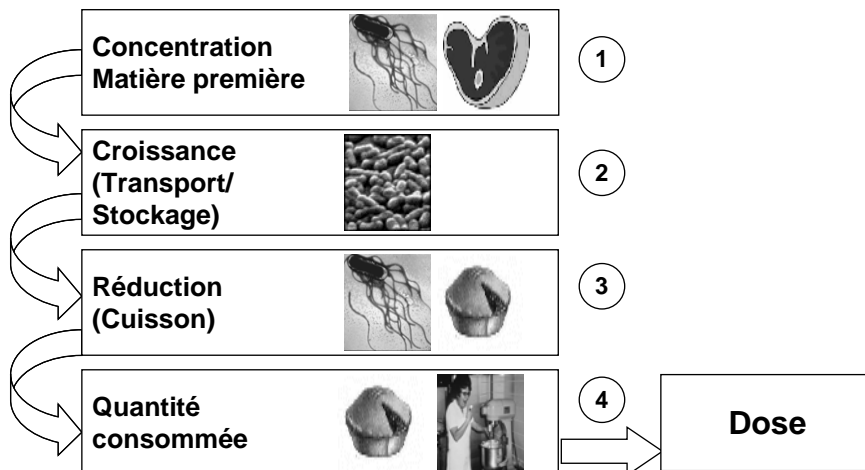
Conseil 2 : garder un esprit critique à toutes les étapes

24/04/2006

62



AQR (exemple microbiologique)



24/04/2006

Sanaa, 2002

63

ULg
UNIVERSITÉ de Liège

Approche déterministe

ULg
UNIVERSITÉ de Liège

Exemple d'estimation ponctuelle

(valeur moyenne)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Concentration | <input type="checkbox"/> $2,0 \log \text{CFU/g} = 10^2 \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> 2. Croissance | <input type="checkbox"/> $1,5 \log \text{CFU/g} = 10^{1,5} \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> Ce qui reste après transport
(addition log) | <input type="checkbox"/> $= 10^2 * 10^{1,5} = 10^{3,5} \text{CFU/g}$
(produit) |
| <input type="checkbox"/> 3. Inactivation | <input type="checkbox"/> $3,6 \log \text{CFU/g} = 10^{3,6} \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> Ce qui reste après cuisson
(soustraction log) | <input type="checkbox"/> $= 10^{3,5} / 10^{3,6} = 10^{-0,1} \text{CFU/g}$
(quotient) |
| <input type="checkbox"/> 4. Quantité consommée | <input type="checkbox"/> 53 g |
| <input type="checkbox"/> Dose ingérée
(addition log) | <input type="checkbox"/> $= 10^{-0,1} \text{CFU/g} \times 53 \text{g} =$
$= 0,8 \times 53 = 42 \text{bactéries}$
(produit) |

24/04/2006

65



Exemple d'estimation ponctuelle

(scénario du pire = 95% percentile)

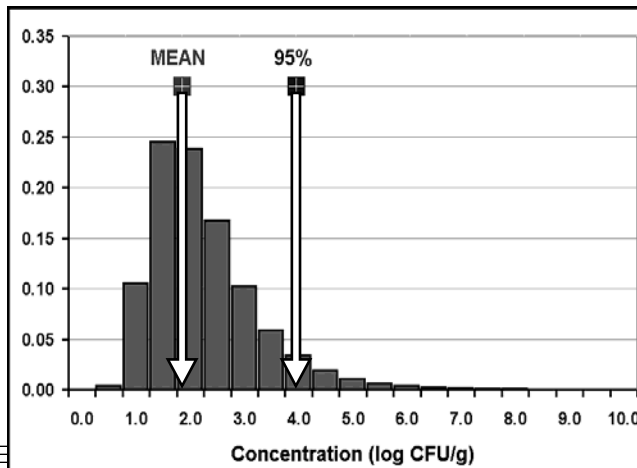
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Concentration | <input type="checkbox"/> $4,0 \log \text{CFU/g} = 10^4 \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> 2. Croissance | <input type="checkbox"/> $1,85 \log \text{CFU/g} = 10^{1,85} \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> Ce qui reste après transport | <input type="checkbox"/> $= 10^4 * 10^{1,85} = 10^{5,85} \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> 3. Inactivation | <input type="checkbox"/> $2,6 \log \text{CFU/g} = 10^{2,6} \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> Ce qui reste après cuisson | <input type="checkbox"/> $= 10^{5,85} / 10^{2,6} = 10^{3,25} \text{CFU/g}$ |
| <input type="checkbox"/> 4. Quantité consommée | <input type="checkbox"/> 85 g |
| <input type="checkbox"/> Dose ingérée | <input type="checkbox"/> $= 10^{3,25} \text{CFU/g} \times 85 \text{g} =$
$= (1778) \times 85 = 1,52 \times 10^5$
bactéries |

24/04/2006

66



Distribution de concentration (dans la matière première)



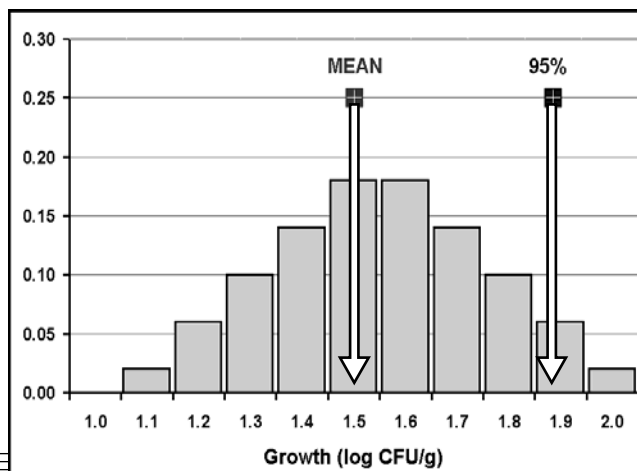
Mean = 2.0
95% = 4.0

DISTRIBUTION
Log-Normale

μ = 2.0
 σ = 1.0



Distribution croissance (transport/stockage)



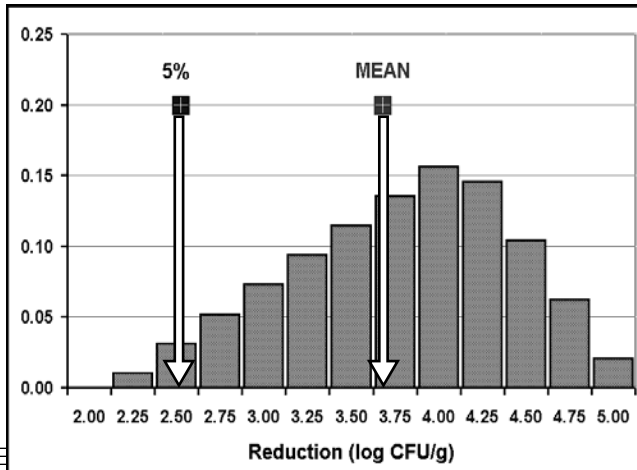
Moyenne = 1.50
95^{ème} Per. = 1.85

DISTRIBUTION
Triangulaire

Min = 1.0
Mode = 1.5
Max = 2.0



Inactivation (cuisson)



Moyenne = 3.67
5% Perc. = 2.60

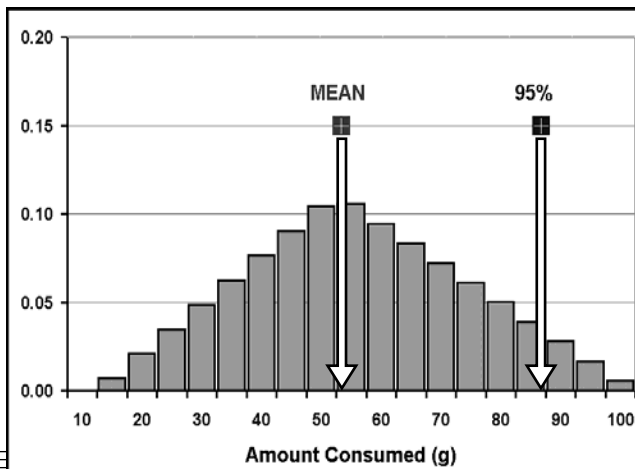
DISTRIBUTION
Triangulaire

Min = 2.0
Mode = 4.0
Max = 5.0



69

Quantité consommée



Moyenne = 53.3
95% Perc. = 85.0

DISTRIBUTION
Triangulaire

Min = 10
Mode = 50
Max = 100



70

Approche probabiliste

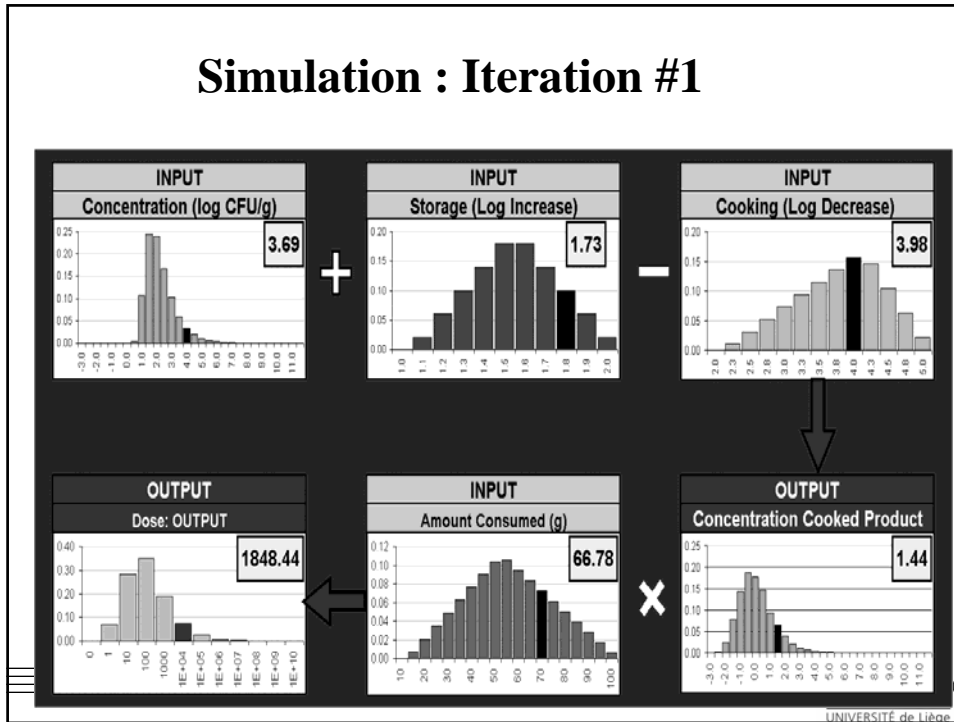


Approche probabiliste

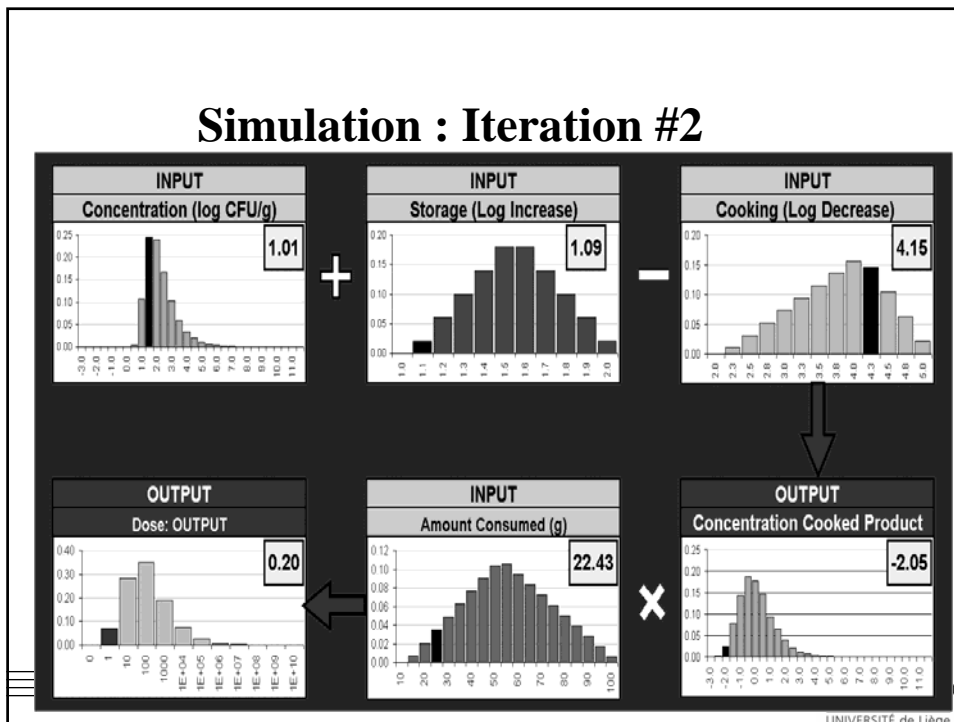
- Etape 1 : estimation ponctuelle =
 $10^{\wedge} [\text{Concentration} + \text{Croissance} - \text{Inactivation}] \times \text{Quantité}$
- Etape 2 : choisir les distributions appropriées
 - soit on utilise des distributions *a priori* (opinion d'experts)
 - soit on demande au logiciel @risk de fournir une distribution au départ d'un jeu de données réelles (best fit)
- Etape 3 : utilisation de la méthode Monte Carlo
 - utilise les distributions de l'étape 2 comme entrées (inputs)
 - échantillonnage randomisé à partir des distributions pour chaque entrée
 - répétition de l'échantillonnage jusqu'à la génération d'une distribution de résultats (sortie ou output)



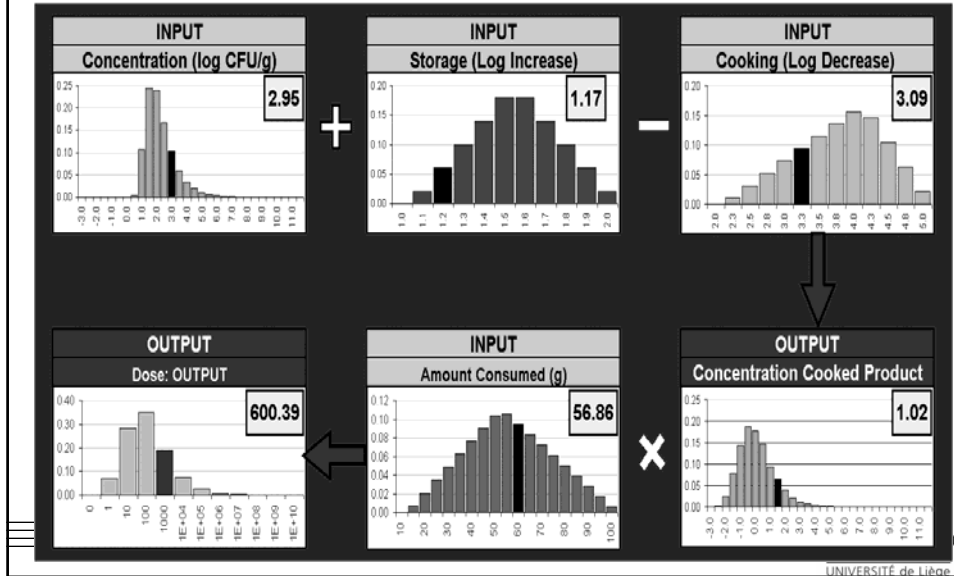
Simulation : Iteration #1



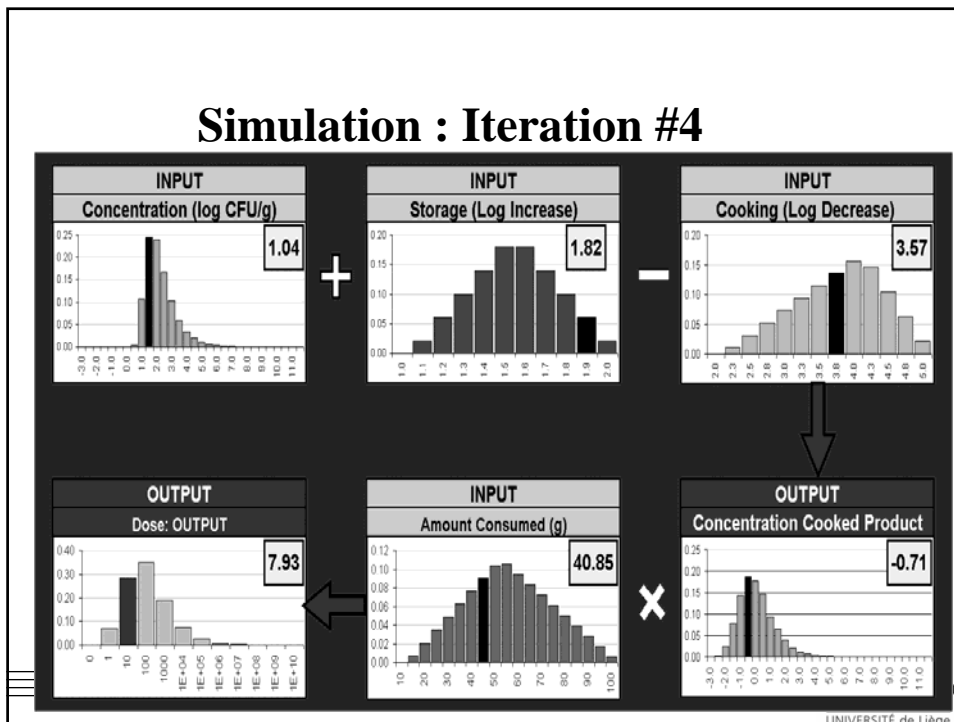
Simulation : Iteration #2



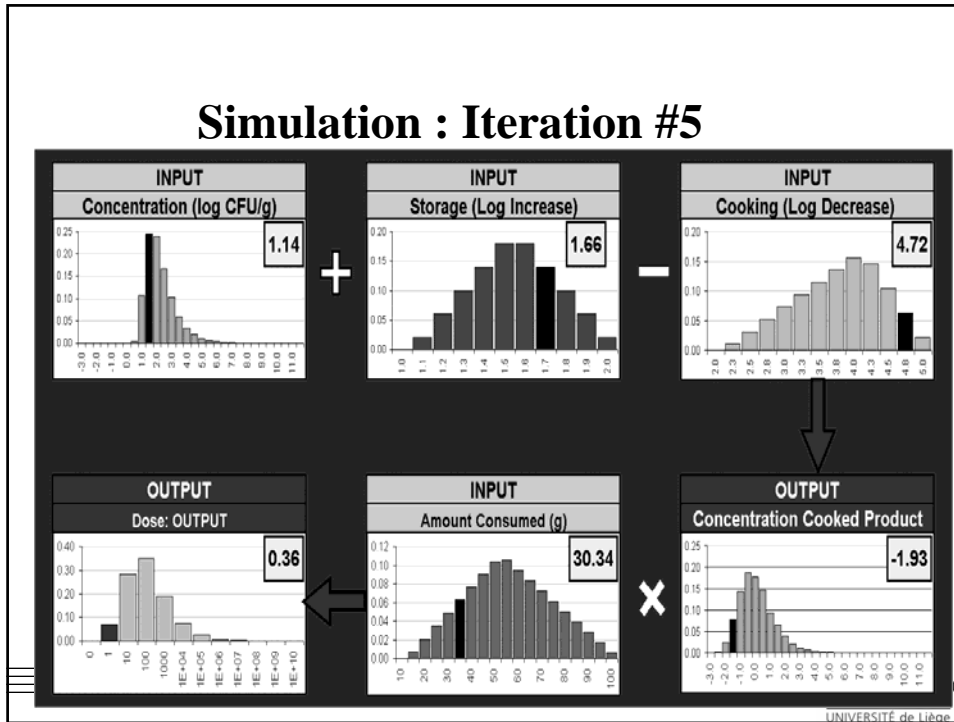
Simulation : Iteration #3



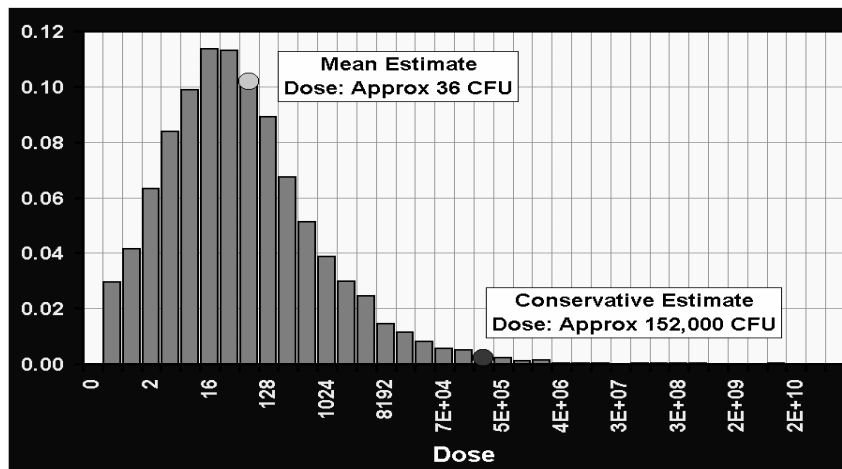
Simulation : Iteration #4



Simulation : Iteration #5



Analyse probabiliste

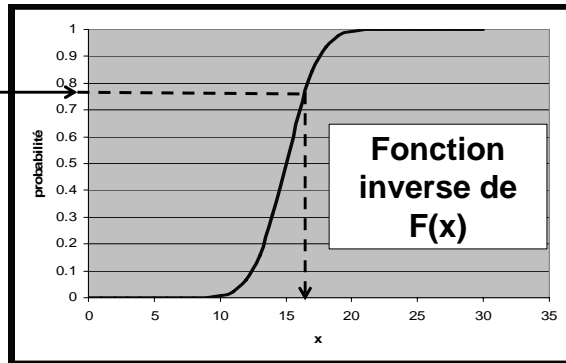


24/04/2006

78

Méthode de Monte Carlo

Générateur de nombre aléatoire entre 0 et 1



Probabilité cumulative

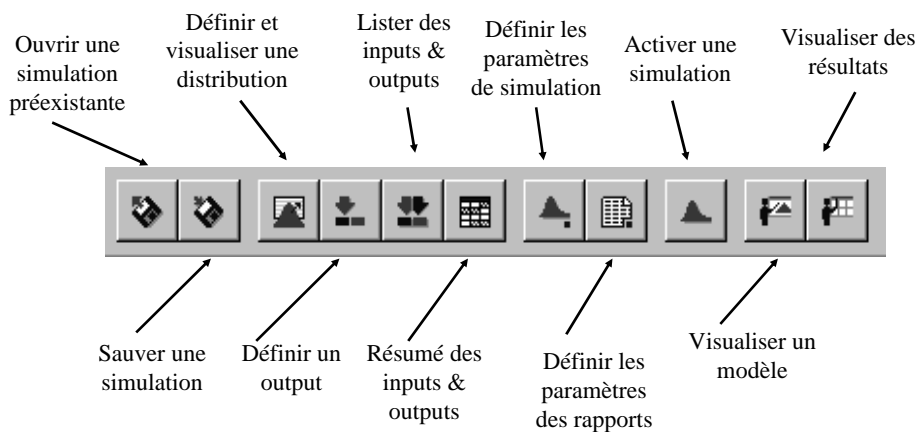
$\text{Prob}(X \leq x)$

24/04/2006

79



@ Risk (liste des tâches)



24/04/2006

80



Gestion du risque (1)

- Processus d'identification, de sélection et de mise en œuvre de mesures permettant de réduire le risque (Toma et al., 2001).

- Processus permettant de définir une politique sanitaire en relation avec les résultats d'estimation du risque et, si besoin en est :
 - sélectionner et rendre effectives des options de maîtrise appropriées après une analyse coûts/bénéfices
 - inclure des mesures réglementaires (Sanaa M., 2002).

24/04/2006

81



Gestion du risque (2)

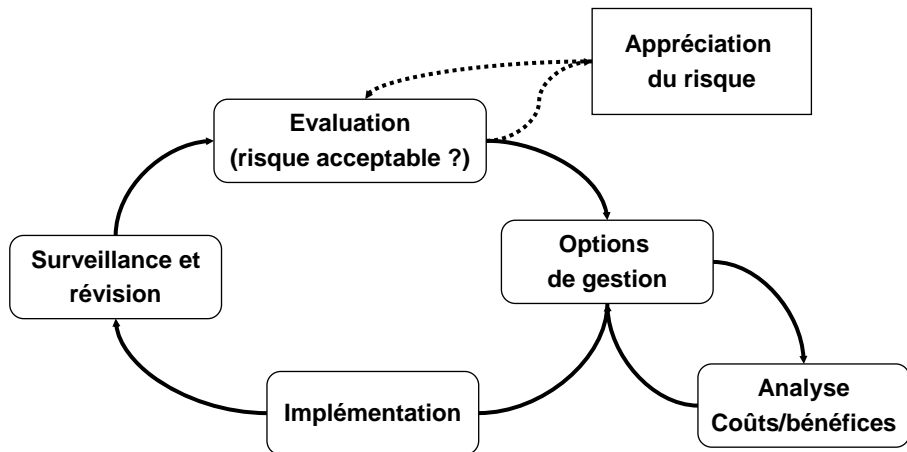
- **Appréciation des risques**
- **Evaluation des options**
- **Mise en oeuvre**
- **Suivi et révision**

24/04/2006

82



Gestion du risque (3)



24/04/2006

83



Gestion du risque (4)

- Définition des options de réduction du risque
 - ex Salmonellose : suivi d'élevage, mesures HACCP
- Estimation du risque réduit : probabilité de survenue du danger et de ses conséquences, une fois les options de réduction de ses conséquences mises en œuvre (à posteriori ou à priori => hypothèses sur l'efficacité)
- Evaluation du risque réduit : comparer le risque réduit grâce aux mesures mises en œuvre, avec le risque initial et surtout avec le risque acceptable.

24/04/2006

84



Le risque acceptable

- Risque acceptable : « niveau de risque jugé compatible, avec la santé, compte tenu d'un ensemble de données épidémiologiques, sociales et économiques »
- Difficultés dans la pratique :
 - pour qui le risque doit être acceptable (personnes âgées, immunodéprimées → tenir compte des sous-populations)
 - facteurs sociaux (tradition gastronomique française : lait cru)
 - évolution avec le temps, le niveau de vie
 - perception par les individus variable : risque « actif » (choisi par l'individu) mieux accepté que le « passif » (imposé)

24/04/2006

85



Tendances pour traduire l'acceptabilité de manière structurée

- ALOP = acceptable level of protection
- FSO = food safety objective
- Objectifs de performance
- Critères microbiologiques

24/04/2006

86



ALOP

- **Level of Protection (ALOP) / Niveau de risque tolérable**
- L'ALOP est le niveau atteint ou atteignable du danger microbiologique, pour lequel on tient compte de l'impact sur la santé publique, de la faisabilité technologique, des conséquences économiques, et où on fait la comparaison avec d'autres risques de la vie quotidienne. Un ALOP est un objectif qui doit être atteint via la filière de production entière d'une denrée alimentaire donnée (depuis la matière première jusqu'au produit fini).
- Plutôt que l'ALOP, on peut aussi bien utiliser le niveau de risque tolérable (TRT) et le niveau de risque acceptable (ALR). L'international Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) donne la préférence à l'emploi du TLR plutôt que de l'ALR étant donné que les risques associés à la consommation de produits alimentaires peuvent difficilement être acceptés mais bien tolérés.
- Exemple : «Le nombre de cas de maladie par an par 100.000 habitants dans une (un groupe d'une) population, provoqués par un micro-organisme donné dans une denrée alimentaire, qui est censé (1) pouvoir être toléré, (2) être acceptable.

24/04/2006

87



FSO

- **Food Safety Objective (FSO) / Objectif de sécurité alimentaire :** exprime la fréquence et/ou la concentration maximale d'un danger microbiologique dans une denrée alimentaire au moment de la consommation de manière à satisfaire aux ALOP/TLR/ALR.
- Un objectif de sécurité alimentaire traduit les ALOP/TLR/ALR dans la pratique de l'entreprise du secteur alimentaire. Il traduit le 'risque' en un objectif bien défini qui doit être atteint via un système de gestion de la sécurité alimentaire basé sur les bonnes pratiques de production (Good manufacturing practices – GMP) et l'HACCP.
- Les FSO offrent une base scientifique:
 - à l'industrie, pour la sélection et la mise en œuvre de mesures de gestion pour les dangers pertinents dans des denrées alimentaires ou processus de production spécifiques;
 - aux autorités de contrôle, pour l'établissement et la mise en œuvre de procédures d'inspection en vue de constater si les mesures de gestion appliquées par l'industrie sont adéquates;
 - et permettent de vérifier la similitude des procédures d'inspection dans différents pays.



- De préférence, un FSO est une valeur quantitative et vérifiable. Il s'agit donc typiquement de concentrations en micro-organismes ou en toxines au moment de la consommation. Les concentrations à des stades antérieurs de la chaîne alimentaire sont alors des critères de performance. Sur base du FSO à atteindre, l'entreprise du secteur alimentaire peut alors élaborer des mesures de gestion en vue de satisfaire au FSO.
- Les objectifs de sécurité alimentaire peuvent différer d'un pays à l'autre pour une denrée alimentaire donnée, et sont de préférence établis à l'intérieur de la structure du Codex. Un FSO reconnu au niveau international peut être utilisé pour comparer différents pays.
- Un FSO peut aussi être utilisé pour les dangers chimiques (ex. pesticides).
- Exemple de FSO microbiologique (hypothétique): « le nombre de *Listeria monocytogenes* dans les repas prêts à l'emploi doit être < 100 ufc/g au moment de la consommation »

24/04/2006

89



Objectifs de performance

- La fréquence et/ou la concentration maximale d'un danger microbiologique, quelque part dans la chaîne alimentaire, qui est censée pouvoir être tolérée/acceptée.
- Un exemple d'un objectif de performance est que moins de 15 % des poulets surgelés peuvent être contaminés par *Salmonella*.

24/04/2006

90

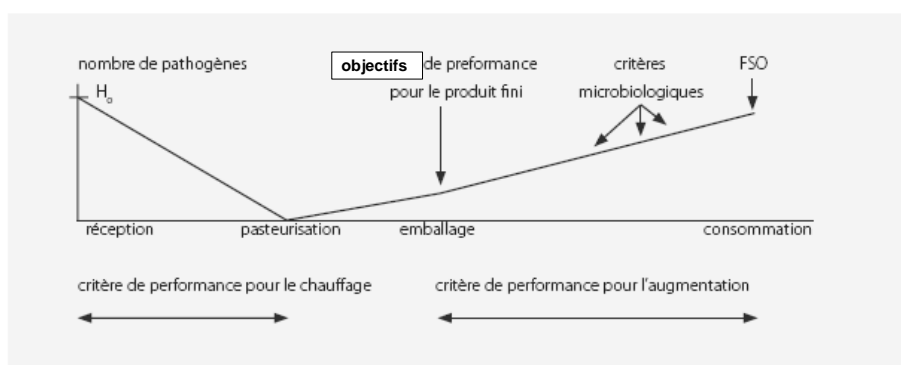


Critères microbiologiques

- Un critère microbiologique définit l'admissibilité d'un produit, d'un lot ou d'un procédé sur base de la présence ou de l'absence (ou le nombre) d'un micro-organisme (ou d'un groupe de micro-organismes) par unité de masse, de volume, de surface ou de lot. Un critère microbiologique doit indiquer:
 - l'énoncé des contaminants retenus ainsi que des méthodes analytiques;
 - le plan d'échantillonnage et des limites numériques d'interprétation;
 - le produit concerné et le point de la chaîne alimentaire où il doit être utilisé;
 - les actions qui doivent être entreprises lorsque les critères microbiologiques ne sont pas respectés.

24/04/2006

91



24/04/2006



Les grandes tendances en ARQ

- Utilisation de modèles quantitatifs probabilistes
- Evaluation des effets des mesures de maîtrise aux différentes étapes de la chaîne alimentaire
- Utilisation d'approches modulaires décrivant indépendamment chacune des étapes de la chaîne alimentaire
- Application en industrie :
 - Evolution vers l' HACCP quantitative
 - Adoption de l'approche d'analyse de risque
 - Réponse à un besoin de transparence dans la collecte des données, l'interprétation, l'analyse et la prise de décision

24/04/2006

93



Utilité des modèles ?

- Tous les modèles sont faux, quelques uns sont utiles !
- L'intention n'est pas de créer un duplicata parfait et exact de la réalité
- Mais de créer un outil donnant un aperçu du système
- Approche modulaire permet de décrire des systèmes complexes
- La modification de paramètres d'un modèle permet de comprendre ce qui se passe sans nécessairement devoir recourir à une expérimentation coûteuse et fastidieuse

24/04/2006

94



Communication relative au risque

- échange d'informations et d'opinions concernant le risque, entre les responsables de l'estimation du risque, les responsables de la gestion du risque et les autres parties intéressées (milieux professionnels et publics)
- la pierre d'achoppement de l'analyse de risque est la « détermination du risque acceptable »