

**RMT**  
RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION  
DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS



## Microbiologie Prévisionnelle : un outil opérationnel, Sym'Previus

Anthony PINON      Olivier COUVERT  
Institut Pasteur de Lille      ADRIA Développement

**RMT**  
RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION  
DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS



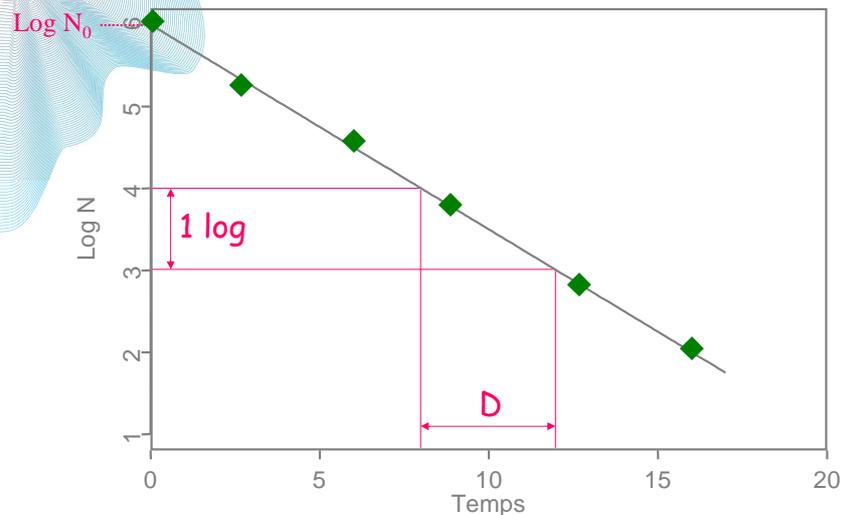
### Maîtrise des dangers microbiologiques

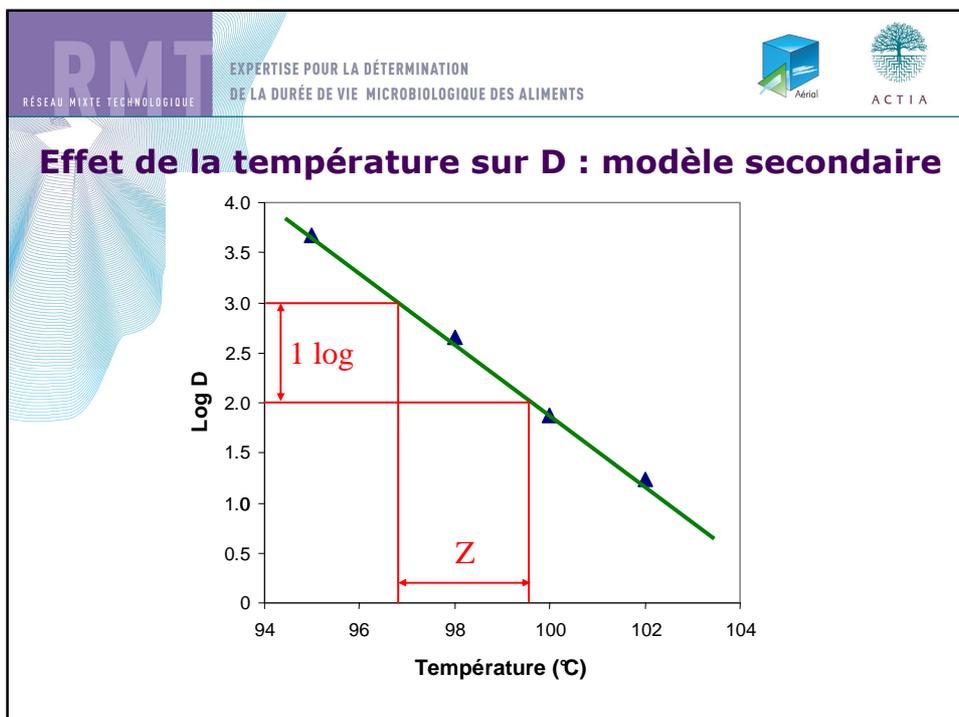
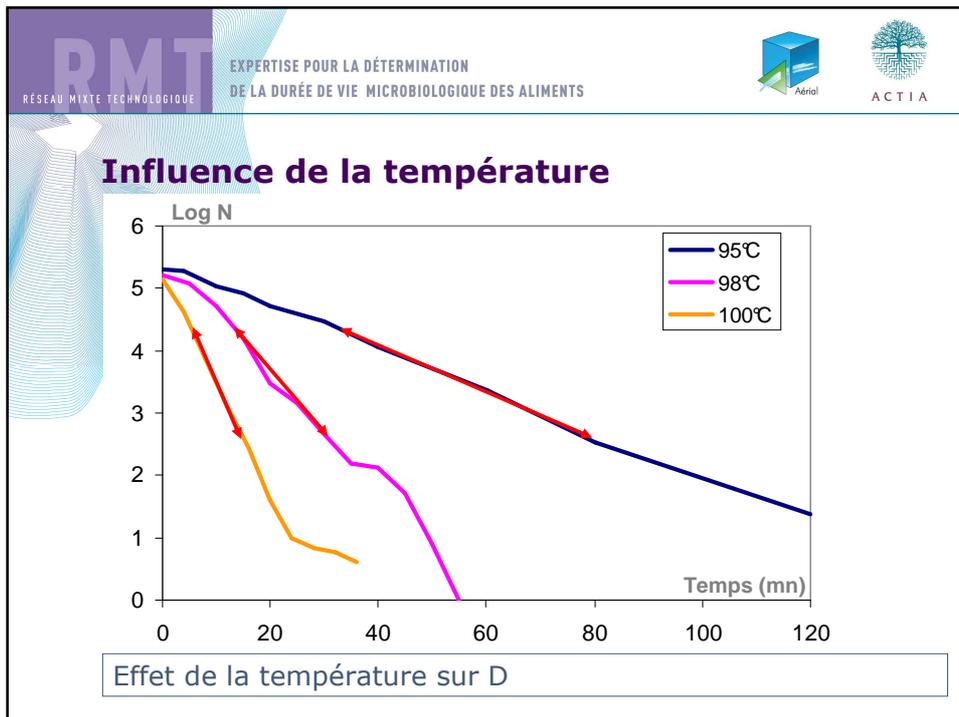
- Bonne connaissance des flores microbiennes et de leurs évolutions dans les produits
- Procédures expérimentales
  - Délais, coûts
- Simulation du comportement : **Microbiologie prévisionnelle**
  - ✓ Orienter et Optimiser l'approche expérimentale
  - ✓ Actions *a priori*, études à long terme : acquisition de connaissances sur le comportement des microorganismes

## Historique

- Premiers travaux
  - ✓ Maîtriser la stérilisation des aliments par la chaleur
- Bigelow
  - ✓ Cinétiques de destruction thermique de spores
  - ✓ Notions de D et z
  - ✓ Transposition de barèmes thermiques

## Caractérisation d'une courbe de destruction

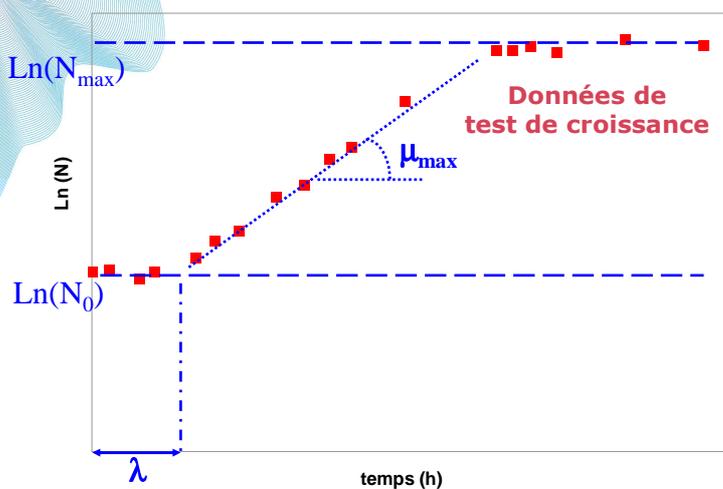


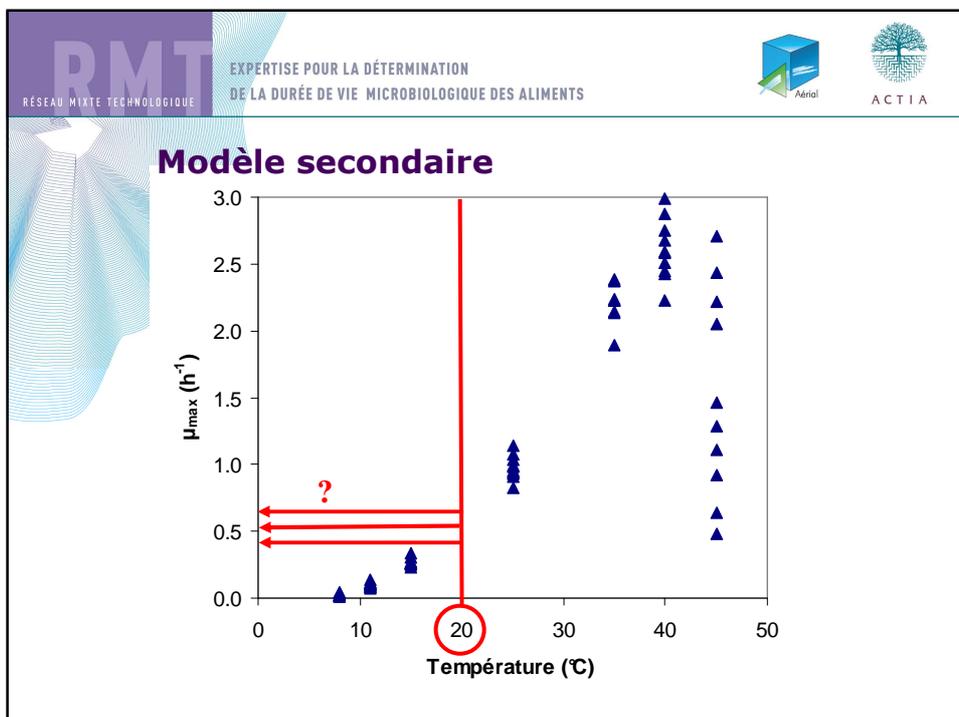
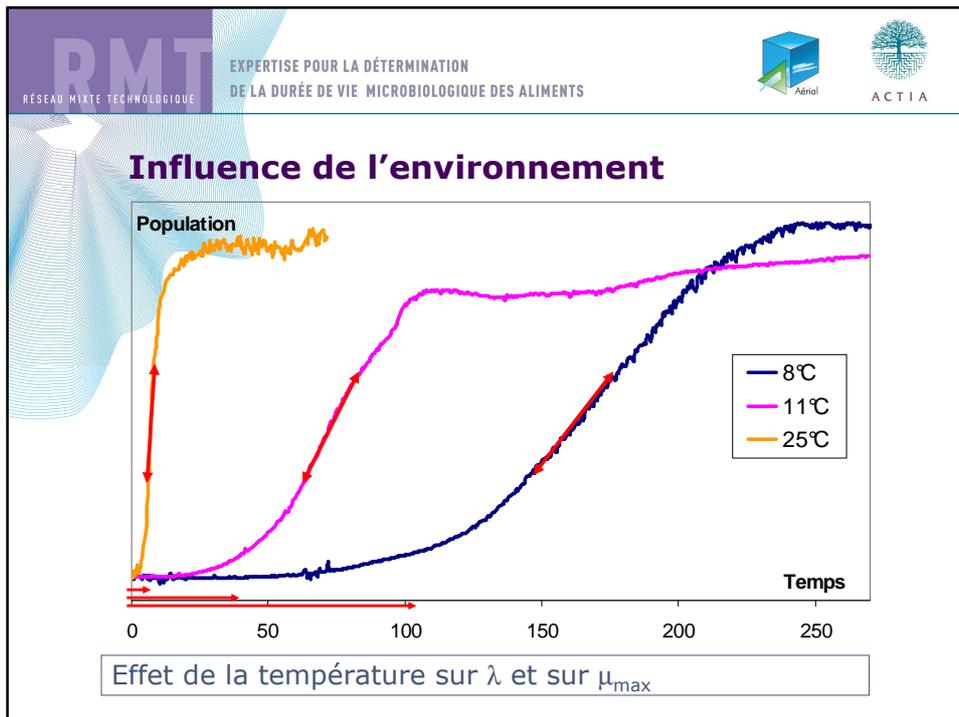


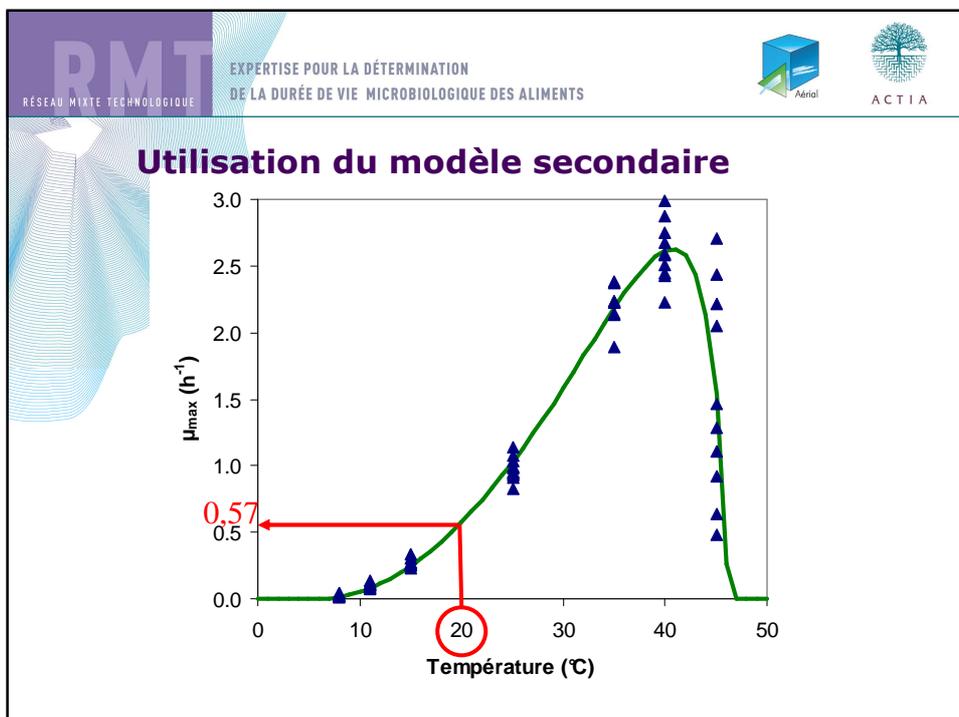
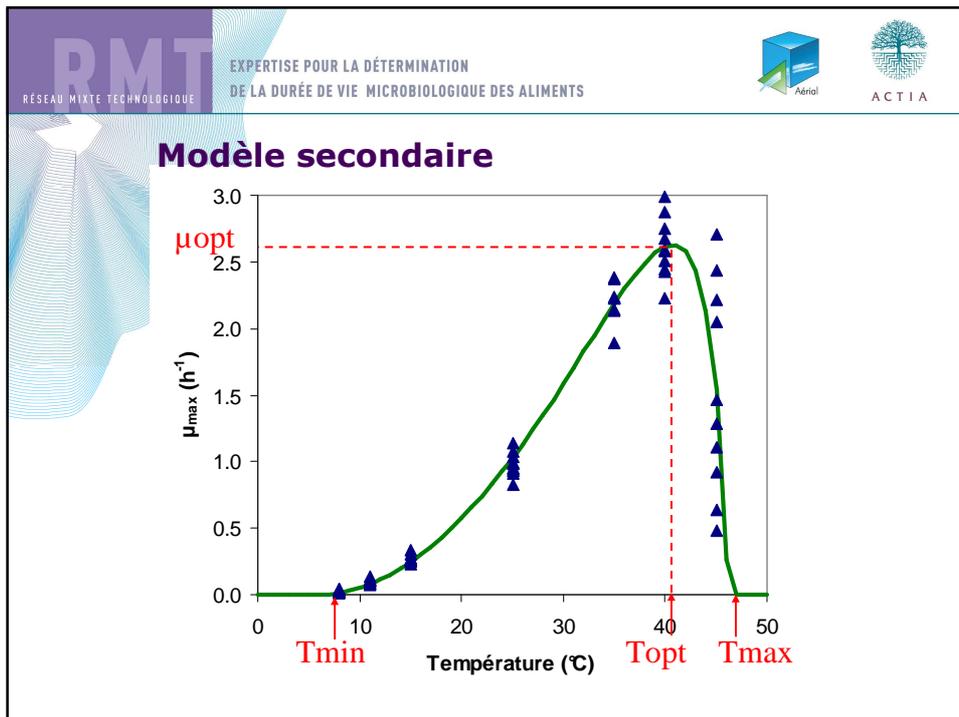
## Historique

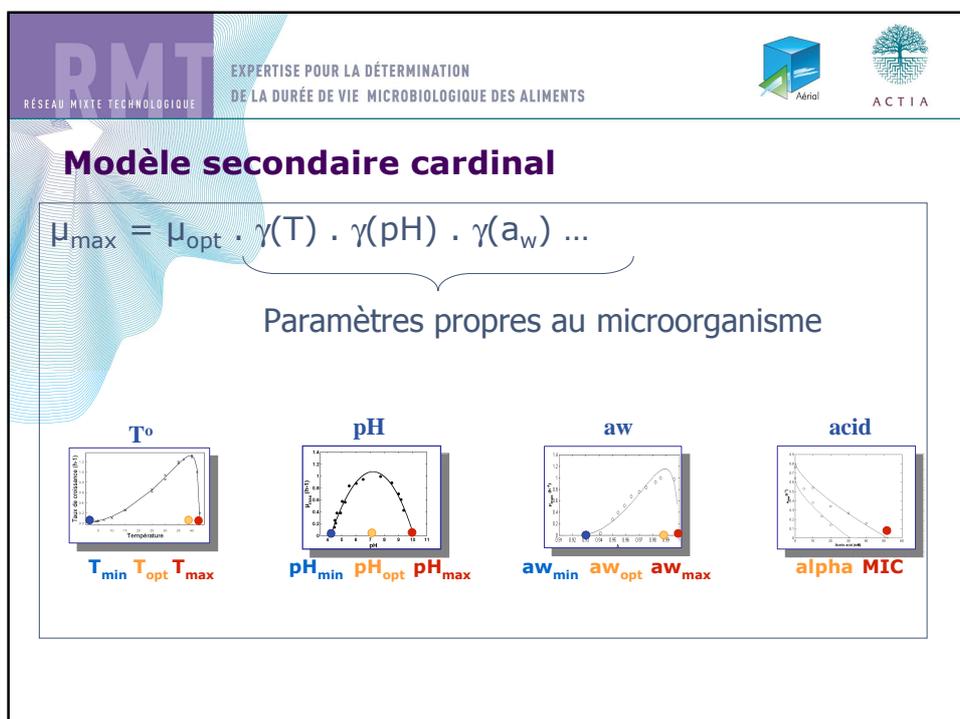
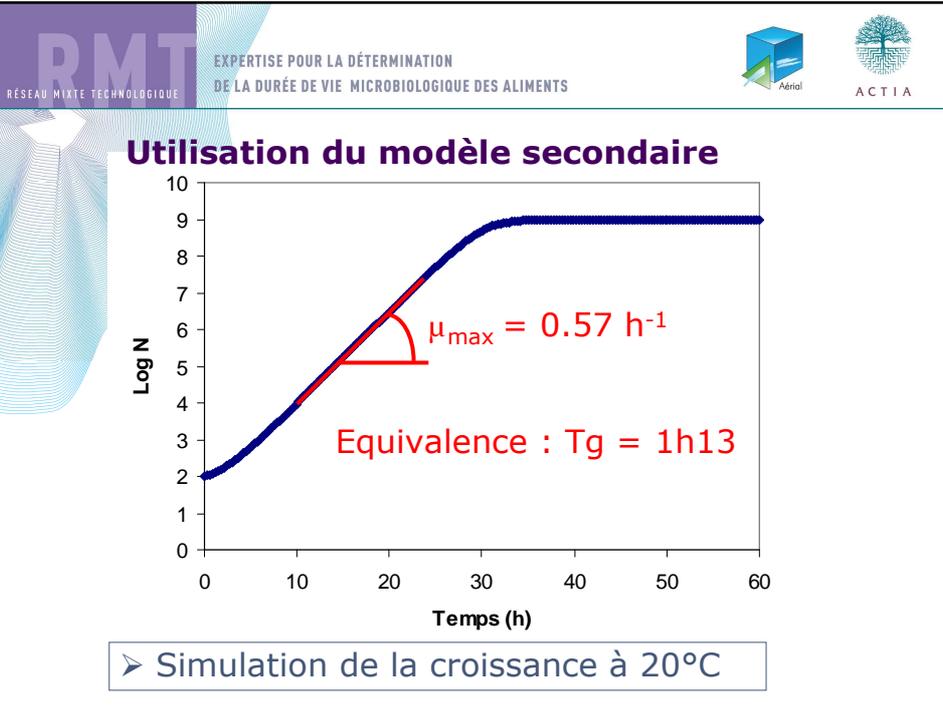
- Au début des années 80
  - ✓ Nécessité de décrypter les règles de comportement de microorganismes (décroissance, **croissance**)
  - ✓ Données existantes : diversité des approches méthodologiques utilisées
- Analyse systématique des cinétiques observées pour différentes conditions écologiques

## Caractérisation d'une courbe de croissance









## Modèle secondaire cardinal

$$\mu_{\max} = \mu_{\text{opt}} \cdot \gamma(T) \cdot \gamma(\text{pH}) \cdot \gamma(a_w) \dots$$

Paramètres propres au microorganisme

Paramètre lié au **couple** microorganisme - aliment



$\mu_{\text{opt} 1}$



$\mu_{\text{opt} 2}$

2 aliments avec des  $T^\circ$ , pH,  $a_w$ , conservateurs identiques ne vont pas induire une même croissance microbienne.

## Modèle secondaire cardinal

$$\mu_{\max} = \mu_{\text{opt}} \cdot \gamma(T) \cdot \gamma(\text{pH}) \cdot \gamma(a_w) \dots$$

Paramètres propres au microorganisme

Paramètre lié au **couple** microorganisme - aliment

Connaissance des paramètres :

☞ Possibilité de simuler dans de nouvelles conditions

☞ Nouvel aliment = nouveau  $\mu_{\text{opt}}$  : **test de croissance**

 <b>RMT</b> <small>RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE</small>		EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS		 <small>Aerial</small>		 <small>ACTIA</small>		
Logiciels	Centres support	Applications	Croissance	Décroissance	Destruction thermique	Application sur aliment	Logiciel commercial	Expertise associée
<b>Food MicroModel</b>	MAFF (Agric. Minist. UK)	1er logiciel commercialisé, puis abandonné, Simulation sur milieu de culture, <b>Pas de prise en compte de l'aliment</b>	x	x	x		x	
<b>PMP</b>	USDA	Simulation sur milieu de culture, <b>Pas de prise en compte de l'aliment</b>	x	x	x			
<b>ComBase Predictor</b>	IFR	Simulation sur milieu de culture, <b>Prise en compte de l'aliment via l'expertise de l'IFR</b>	x	x	x			x
<b>Seafood Spoilage and Safety Predictor</b>	DIFRES	<b>Logiciel spécifique des produits de la mer</b> , Simulation de croissance de microorganismes pathogènes et d'altération	x					x
<b>Sym'Previus</b>	GIS Sym'Previus	<b>Simulations avec prise en compte de l'aliment</b>	x	x	x	x	x	x

 <b>RMT</b> <small>RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE</small>		EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS		 <small>PREVIUS</small>		 <small>ACTIA</small>	
<h2>Sym'Previus</h2> <h3>Système de prévision du comportement des micro-organismes dans les aliments</h3> <p><u>Domaines étudiés :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Croissance bactérienne (cinétique &amp; interface)</li> <li>. Destruction thermique (pasteurisation / stérilisation)</li> <li>. Décroissance</li> </ul>							

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION  
DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

**ACTIA**

## Les partenaires du projet

- **Pouvoirs publics**
  - . Ministère de la Recherche & DGAL
  - . Région Bretagne
- **AFSSA**
- **Centres recherche publics**
  - . INRA, ENV Alfort
- **Centres ACTIA**
  - . Actilait, ADRIA Développement, ADRIA Normandie, Aériat, Ifip institut du porc, Institut Pasteur de Lille
- **Industriels**
  - . Bel, Bongrain, Danone, Pernod Ricard

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION  
DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

**ACTIA**

## Objectifs

### Créer un logiciel de Microbiologie Prévisionnelle

- Opérationnel et accessible aux industriels
- Permettant l'exploitation des données industrielles (autocontrôles, tests de croissance, données bibliographiques...) dans le but de donner une réponse personnalisée, proche de l'aliment et du site de production
- Aide à la décision
  - . Estimation des durées de vie
  - . Optimisation des procédés
  - . Développement de nouveaux produits (accélérer l'innovation)
  - . Assurer la sécurité sanitaire
  - . Argumenter les plans HACCP (identifier les CCP, fixer des limites critiques)

**RMT** EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

PRÉVIUS ACTIA

**Les outils Sym'Previus :**

**Base de données**

- données bibliographiques
- données industrielles
- résultats de projets de recherche

**Logiciel de destruction thermique**

- Ajustement
- Simulation
- Calcul de VP / VS
- Paramètres de Ball ( $f_{hr}$ ,  $j_h$ )

**Interfaces Croissance / Non croissance**

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation

**RMT** EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

Tools package

PRÉVIUS ACTIA

**Les outils Sym'Previus :**

**Base de données**

- données bibliographiques
- données industrielles
- résultats de projets de recherche

**Logiciel de destruction thermique**

- Ajustement
- Simulation
- Calcul de VP / VS
- Paramètres de Ball ( $f_{hr}$ ,  $j_h$ )

**Interfaces Croissance / Non croissance**

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation

**Hierarchy of food products**

- ☐ Culture medium
- ◆ En attente de validation
- ☐ Environment and others
- ☐ Food products
  - ☐ Animal products
    - ☐ Egg and egg products
    - ☐ Meat products
      - ☐ Fresh Meat
      - ☐ Meat: primary transformation products
      - ☐ Meat cuts (secondary industry sector)
      - ☐ Meat products
        - ☐ Meat products
          - ◆ Mechanically-separated meat (MSM)
        - ☐ Pork meat products
          - ◆ Bacon

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

ACTIA

**Les outils Sym'Previus :**

**Base de données**

- données bibliographiques
- données industrielles
- résultats de projets de recherche

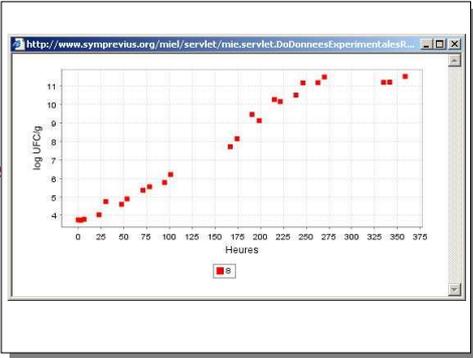
**Logiciel de destruction thermique**

- Ajustement
- Simulation
- Calcul de VP / VS
- Paramètres de Ball ( $f_{hr}$ ,  $j_h$ )

**Interfaces Croissance / Non croissance**

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation



**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

ACTIA

**Les outils Sym'Previus :**

**Base de données**

- données bibliographiques
- données industrielles
- résultats de projets de recherche

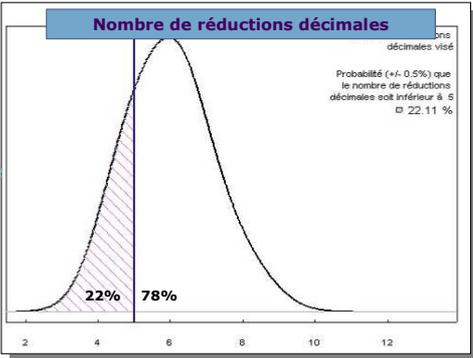
**Logiciel de destruction thermique**

- Ajustement
- Simulation
- Calcul de VP / VS
- Paramètres de Ball ( $f_{hr}$ ,  $j_h$ )

**Interfaces Croissance / Non croissance**

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation



**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

ACTIA

**Les outils Sym'Previus :**

**Base de données**

- données bibliographiques
- données industrielles
- résultats de projets de recherche

**Logiciel de destruction thermique**

- Ajustement
- Simulation
- Calcul de VP / VS
- Paramètres de Ball ( $f_{hr}$ ,  $j_h$ )

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation

**Interfaces Croissance / Non croissance**

**Probabilité de croissance**

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

ACTIA

**Les outils Sym'Previus :**

**Base de données**

- données bibliographiques
- données industrielles
- résultats de projets de recherche

**Logiciel de destruction thermique**

- Ajustement
- Simulation
- Calcul de VP / VS
- Paramètres de Ball ( $f_{hr}$ ,  $j_h$ )

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation

**Interfaces Croissance / Non croissance**

**Preview of the primary model fitting**

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

PREVIUS ACTIA

### Les outils Sym'Previus :

**Base de données**

- données bibliographiques
- données industrielles
- résultats de projets de recherche

**Logiciel de destruction thermique**

- Ajustement
- Simulation
- Calcul de VP / VS
- Paramètres de Ball ( $f_h$ ,  $j_h$ )

**Interfaces Croissance / Non croissance**

**Logiciel de simulation de croissance**

- Ajustement
- Simulation

Evolution de la taille de la population, avec bande de confiance à 90%

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

PREVIUS ACTIA

### Microorganismes disponibles dans le logiciel de simulation

- **Principaux micro-organismes pathogènes d'intérêt en agro-alimentaire :**
  - . 12 souches de *Listeria monocytogenes*,
  - . 5 souches de *Salmonella*,
  - . 10 souches de *Escherichia coli*,
  - . 9 souches de *Bacillus cereus*
  - . 7 souches de *Staphylococcus aureus*

→ plusieurs souches par espèces bactériennes, permettent de prendre en compte la variabilité biologique
- **Micro-organismes d'altération :**
  - . Bactéries lactiques : *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc spp*
  - . Coliformes : *Serratia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*
  - . *Bacillus licheniformis*
  - . *Pseudomonas putida* et *P. fluorescens*,
  - . *Shewanella*

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

**ACTIA**

**Évaluer le comportement d'un microorganisme dans un aliment, sous l'effet de différents facteurs :**

- ⇒ *la température*
- ⇒ *le pH*
- ⇒ *l'activité de l'eau ( $a_w$ )*
- ⇒ *Les acides organiques*

- en conditions de conservation statiques
- en conditions de conservation dynamiques (rupture de la chaîne du froid, affinage d'un produit...)

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

**ACTIA**

**Intérêts de Sym'Previus**

**Aide à la décision en cas de lots détectés positifs**

- ⇒ Temps de réaction réduits

**HACCP et quantification des dangers**

- ⇒ Aide à la détermination des points sensibles au cours d'un procédé
- ⇒ Mesurer l'impact d'une rupture de chaîne du froid :
  - Camion frigorifique défectueux
  - Mode de consommation

**Qualification des procédés**

- ⇒ Quantification et optimisation des traitements thermiques

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION  
DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

**ACTIA**

## Intérêts de Sym'Previus

**Aide à la détermination de la DLC**

- ⇒ Tester différents scénarii de conservation

**Aide à la formulation**

- ⇒ Comment conserver en tenant compte de l'aspect nutrition
  - réduction des taux de sucres et de sels des aliments
  - quelles conséquences sur le développement bactérien ?
- ⇒ Maîtriser le développement bactérien par les « bons » inhibiteurs
- ⇒ Développer des produits encore plus sûrs
  - à partir de quelle acidité ou taux de sucre / sel, tel pathogène sera totalement inhibé

**RMT** RÉSEAU MIXTE TECHNOLOGIQUE

EXPERTISE POUR LA DÉTERMINATION  
DE LA DURÉE DE VIE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

**PREVIUS**

**ACTIA**

## Un outil évolutif

**Travail permanent sur la base de données**

- Veille bibliographique
- Ajout de nouvelles espèces bactériennes

**Développement continu de la microbiologie prévisionnelle**

- Acquisition de nouveaux modèles et nouveaux paramètres

**Extension des prévisions**

- Milieux de non croissance ou de destruction athermique
- Approche probabiliste de l'estimation de l'exposition du consommateur aux dangers microbiologiques

## Accès à Sym'Previus

[www.symprevius.org](http://www.symprevius.org)

