

# MAÎTRISE DES CONTAMINATIONS MICROBIOLOGIQUES EN INDUSTRIE LAITIÈRE BASÉE SUR UN MODÈLE D'APPRÉCIATION QUANTITATIVE DU RISQUE.

APPLICATION À *LISTERIA MONOCYTOGENES* DANS  
LES FROMAGES À PÂTE MOLLE AU LAIT PASTEURISÉ

Fanny AZIZA -TENENHAUS

# Contexte

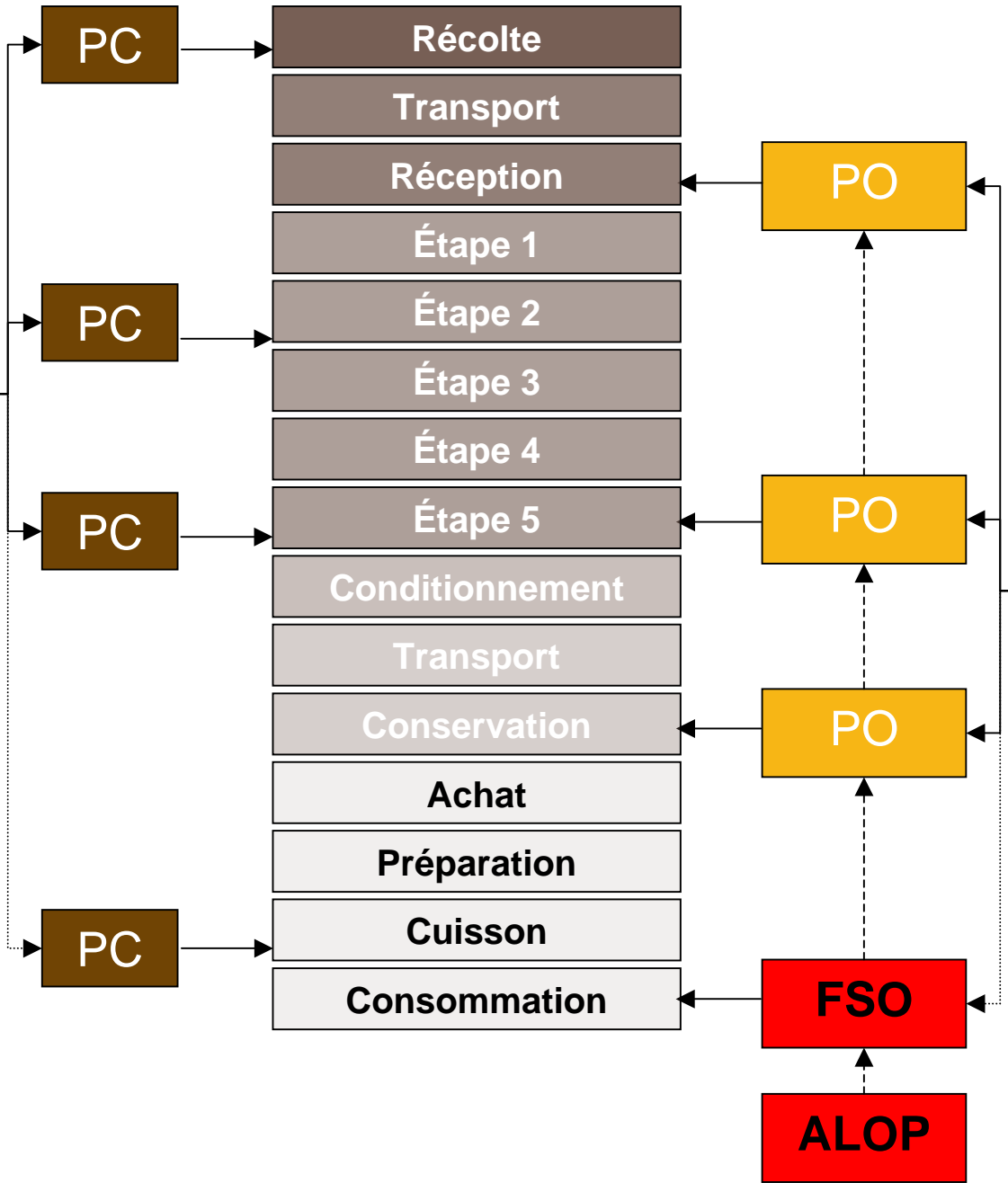
- Thèse réalisée au sein de l'unité Epidémiologie et Analyse des Risque de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort
- Sous la direction de Moez SANAA et Jean Jacques DAUDIN
- Financement:
  - ▣ DGAL - Programme AQS R02/12
    - Partenaires: ENVA / SOREDAB / Fromagerie Berthaut
  - ▣ Bourse CIFRE
    - Partenaires: SOREDAB / Ministère de la recherche

# Maîtrise des contaminations microbiologiques en industrie laitière

- ▣ *Listeria monocytogenes* dans les fromages à pâte molle au lait pasteurisé
- ▣ Quel niveau de contamination réel dans l'environnement ?
- ▣ Quel impact sur les produits ?
- ▣ Quelle efficacité des mesures de maîtrise ?
- ▣ Respect des FSOs ?



Mesures de maîtrise (satisfaisant des critères de procédé et/ou de produit)



Plans d'échantillonnage – performance des méthodes d'analyses surveillance - monitoring

# AQR $\leftrightarrow$ HACCP



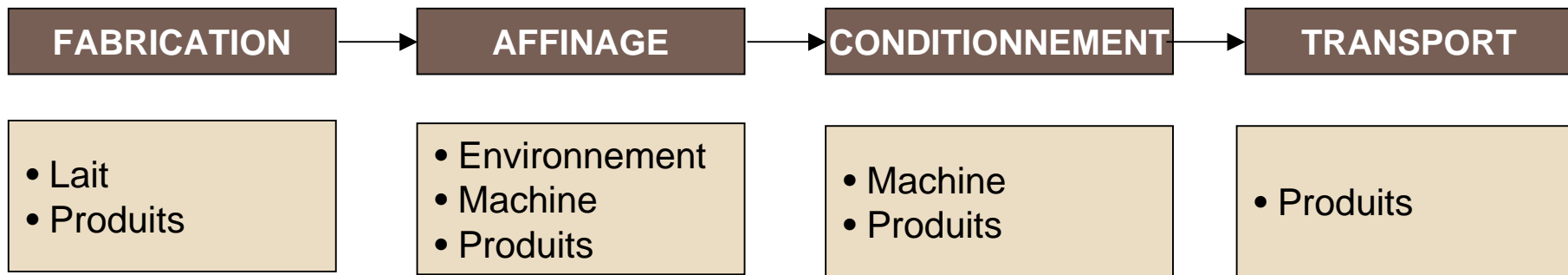
- Modèle AQR à disposition
- Définition des objectifs de performance à des étapes jugées pertinentes en fonction du FSO (ALOP)
- Définition des limites critiques (HACCP)
- Intégration des résultats dans le système HACCP

# Objectifs de la thèse

---

- Contribution au développement méthodologique de l'appréciation quantitative du risque
- Utilisation du modèle en tant qu'outil de gestion pour la maîtrise des contaminations microbiologiques

# Approche modulaire / compartimentale



Calcul du niveau de contamination du compartiment C à l' instant t

$C(t) = (a_i, b_i), i = 1 \text{ à } n, \text{ où } n, \text{ nombre de colonies}$

$a_i = \text{Taille de la colonie } i \text{ (cellules)}$

$b_i = \text{Latence de la colonie } i \text{ (heures)}$

# Évolution du niveau de contamination

Évolution du niveau de contamination d'un compartiment

```
graph TD; A[Évolution du niveau de contamination d'un compartiment] --> B[liée aux contaminations secondaires]; A --> C[liée aux conditions environnementales physico-chimiques]; B --> D[Recontamination]; B --> E[Contamination croisée]; C --> F[Mesures d'hygiène]; C --> G[Croissance, survie];
```

liée aux contaminations secondaires

Recontamination

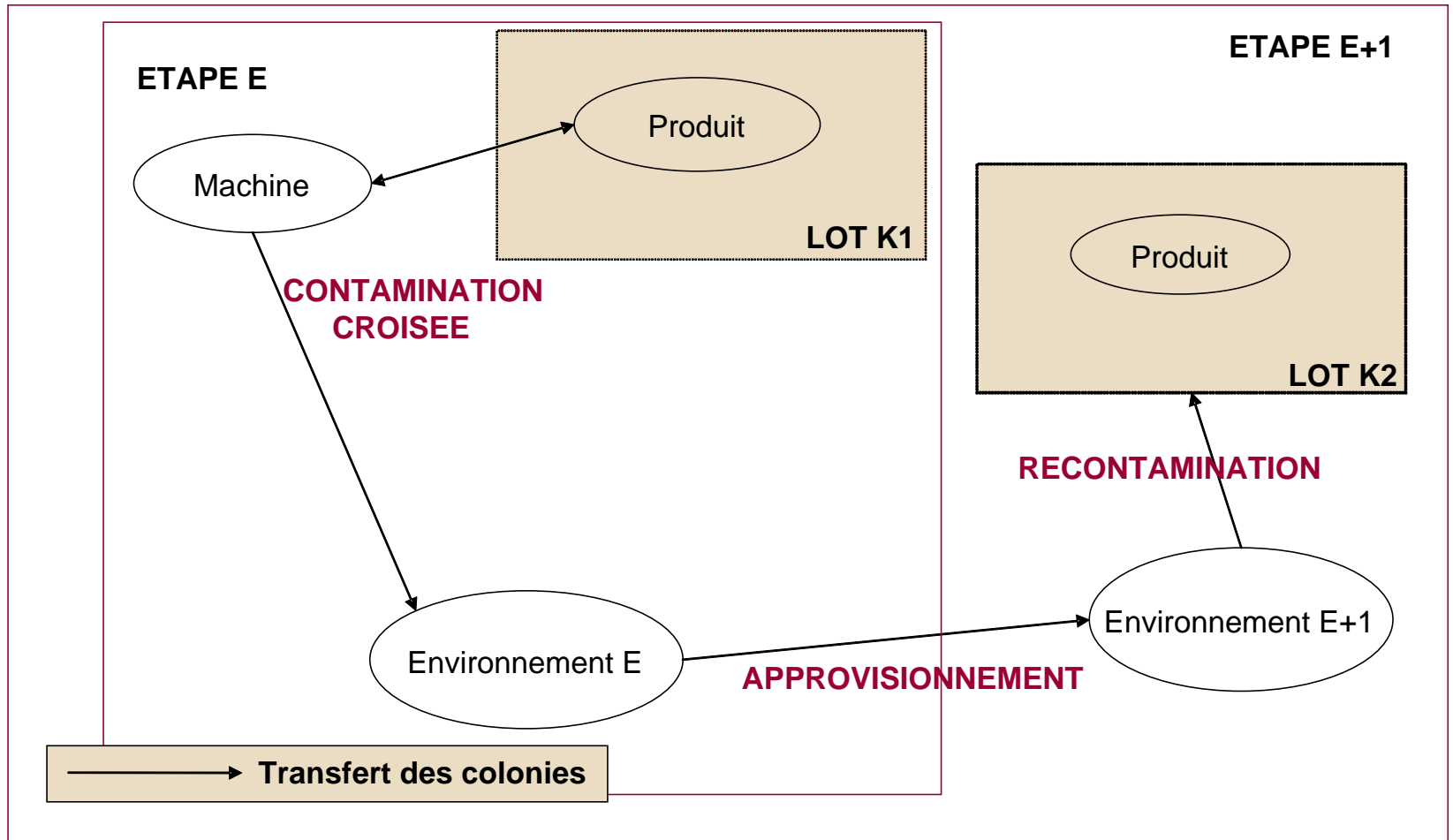
Contamination croisée

liée aux conditions environnementales physico-chimiques

Mesures d'hygiène

Croissance, survie

# Contaminations secondaires



# Évolution du niveau de contamination

Évolution du niveau de contamination d'un compartiment

```
graph TD; A[Évolution du niveau de contamination d'un compartiment] --> B[liée aux transferts entre surfaces et produits]; A --> C[liée aux conditions environnementales physico-chimiques]; B --> D[Recontamination]; B --> E[Contamination croisée]; C --> F[Mesures d'hygiène]; C --> G[Croissance, survie];
```

liée aux transferts entre surfaces et produits

Recontamination

Contamination croisée

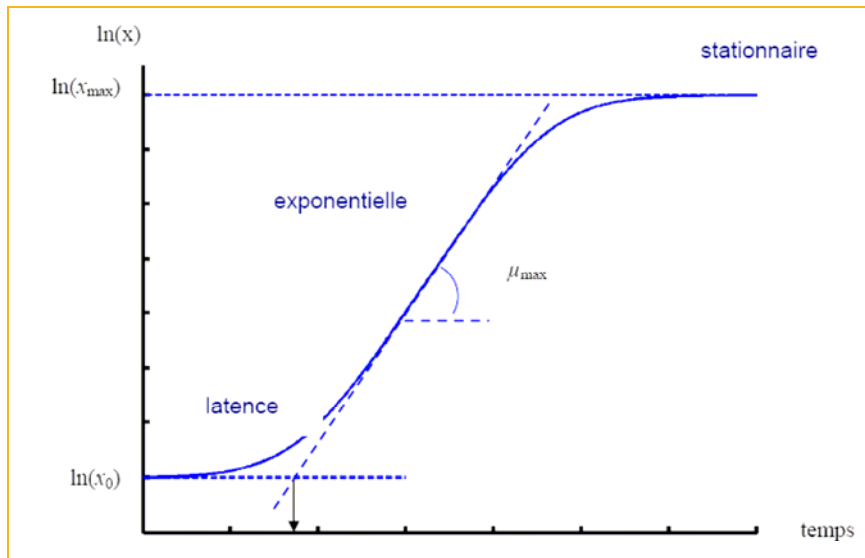
liée aux conditions environnementales physico-chimiques

Mesures d'hygiène

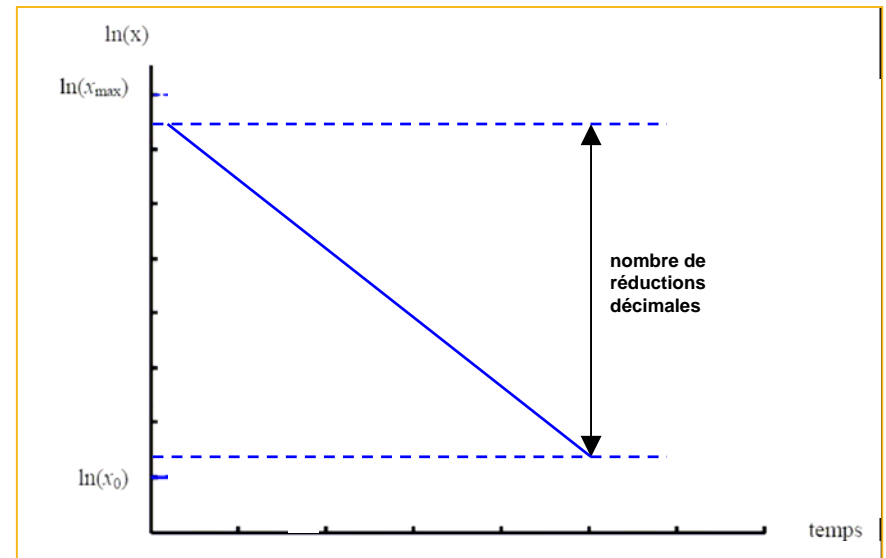
Croissance, survie

# Evolution des charges microbiennes

- Croissance, survie, destruction
  - ▣ Historique des conditions physiologiques des bactéries (ie. stress)
  - ▣ Conditions environnementales dynamiques



**Croissance**



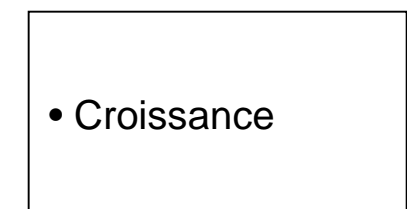
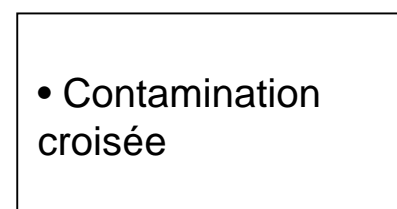
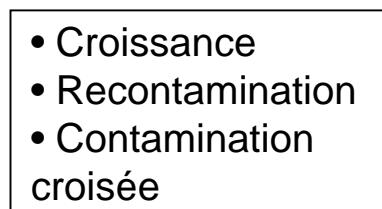
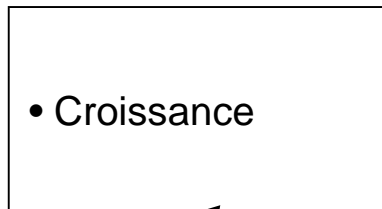
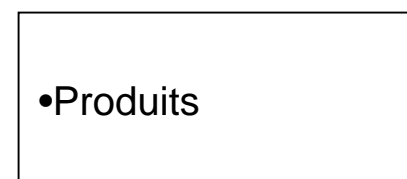
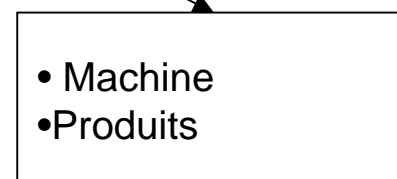
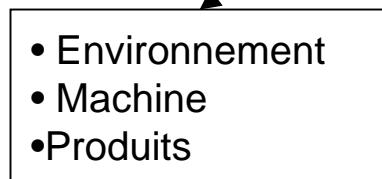
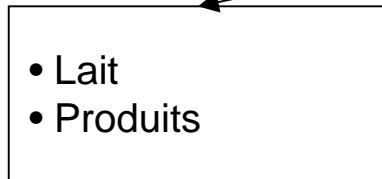
**Destruction**

# Application à un procédé

## INITIALISATION

## PRIMO CONTAMINATION

- Lait
- Machine / Environnement
- Produit



## DIFFUSION

## SIMULATION

# Mesures de gestion

- Mesures d'hygiène
  - ▣ Fréquence (produits-1, jours-1)
  - ▣ Intensité (Nombre de réductions décimales)
  
- Mesures de gestion
  - ▣ Nombre / Fréquence des autocontrôles de l'environnement
  - ▣ Nombre de produits analysés par lot
  - ▣ Sensibilité des tests
  
- Deux types de régimes
  - ▣ Régime standard
  - ▣ Régime renforcé

# Implémentation du modèle

def5

Untitled 1

| Etapes fabrication        | Durée | Température | Recontamination | Concentration | Vecteur des bassins ou produit contaminés |
|---------------------------|-------|-------------|-----------------|---------------|---|
| Pré- emprésurage          | 1     | 35          | 0               | 0             | 0   |
| Post- emprésurage         | 1.36  | 35          | 0               | 0             | 0   |
| Egouttage                 | 23    | 35          | 0               | 0             | 0   |
| Haloir acidification      | 0     | 34          | 0               | 0             | 0   |
| Retroidissement           | 0     | 20          | 0               | 0             | 0   |
| Saumurage ou salage à sec | 1.75  | 12          | 0               | 0             | 0   |
| Resuyage                  | 24    | 12.5        | 0               | 0             | 0   |
| Séchage                   | 0     | 0           | 0               | 0             | 0   |
| Levuration                | 72    | 0           | 0               | 0             | 0   |

Haloir pré-emballage: 0, 9

Température: 4

Jour d'application du scénario de primo-contamination en phase de fabrication: [ ]

Paramètres pH

| Croute           | Coeur            |
|------------------|------------------|
| a = 6e-013       | a = 7.0924e-013  |
| b = -2.7425e-008 | b = -3.8477e-009 |
| c = 3.0537e-006  | c = 6.9656e-006  |
| d = 0.0013878    | d = -0.0031901   |
| e = 5.4011       | e = 5.4094       |

Paramètres aw

| Croute           | Coeur            |
|------------------|------------------|
| a = 2.6104e-014  | a = 1.5113e-014  |
| b = -9.6076e-011 | b = -5.0835e-011 |
| c = 5.4784e-008  | c = 5.4784e-008  |
| d = -4.8159e-005 | d = -4.8159e-005 |
| e = 0.9630       | e = 0.9630       |

def4

Degré d'efficacité du lavage Environnement \*: 2

Degré d'efficacité du lavage Machines \*: 3

Primo-contamination du milieu de l'environnement d'affinage (nb de cellules): 2000

Nombre d'itérations: 20

Nombre de réductions décimales supplémentaires en régime renforcé: 1

Primo contamination de la machine d'emballage (nb de cellules): 0

Répertoire de sauvegarde: results

Fréquence des opérations d'hygiène dans le milieu de l'environnement d'affinage: 50

Primo contamination de la machine de soin (nb de cellules): 0

Nombre de fromages traités entre deux lavages machine de soins \*: 8750

Durée de passage dans les haloirs (h) \*: 132

Nombre de cycles haloir/soins \*: 4

Température des haloirs d'affinage \*: 13

Température des colonies: 10\*5

Nombre de sous-lots par lot (au sens du régime standard): 3

Probabilité(Transfert colonie Environnement / Produit) \*: 0.000001

Nombre de haloirs d'affinage: 4

Probabilité (transfert colonie Salle Soins / Haloir) \*: 0.05

Nombre de jours: 200

Pourcentage de colonies de l'environnement qui croissent \*: 0.7

Age du produit au moment: [ ]

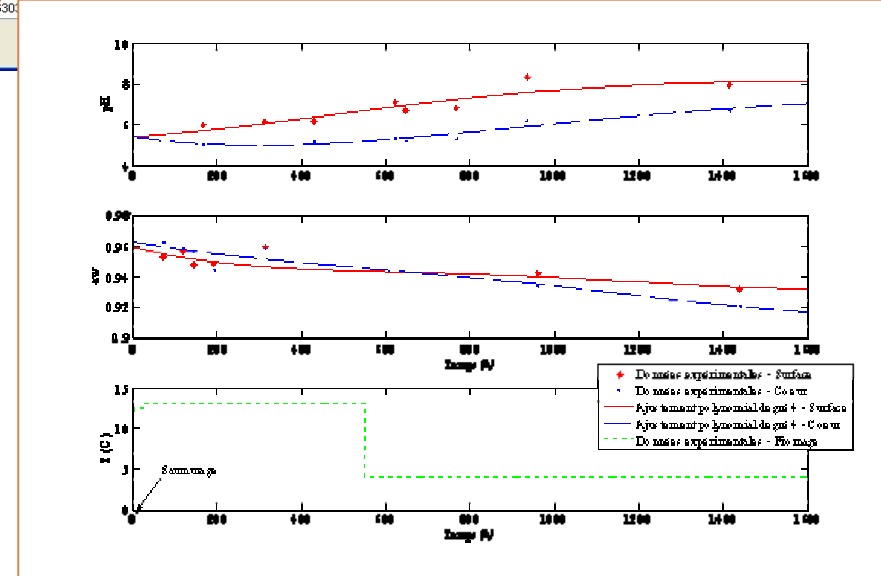
temps de génération dans les haloirs (h) \*: 24

Sauvegarder et lancer la simulation

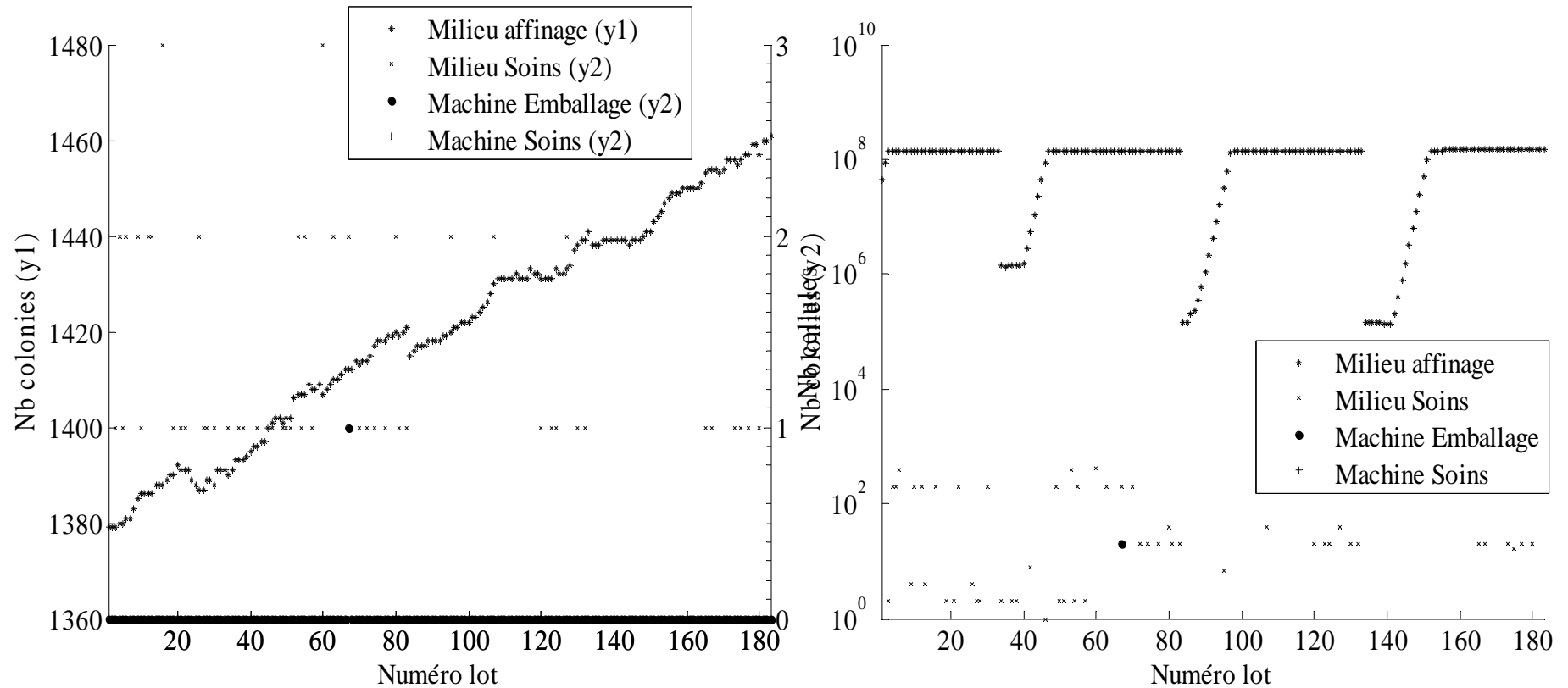
analyses

| ENVIRONNEMENT   | FROMAGES  |
|---|---|
| Nombre d'analyses par semaine *: 25                       | Nombre de fromages analysés par lot: 5                |
| Sensibilité du test: 0.98                                 | Nombre d'analyses supplémentaires en plan renforcé: 3 |
| Spécificité du test: 1                                    |   |
| Surface totale de la zone d'affinage: 2000                |   |
| Surface moyenne d'un frottis: 0.003                       |   |
| Type de plan de controle: 1                               |   |
| Nombres d'analyses supplémentaires si analyse positive: 5 |   |

Sauvegarder

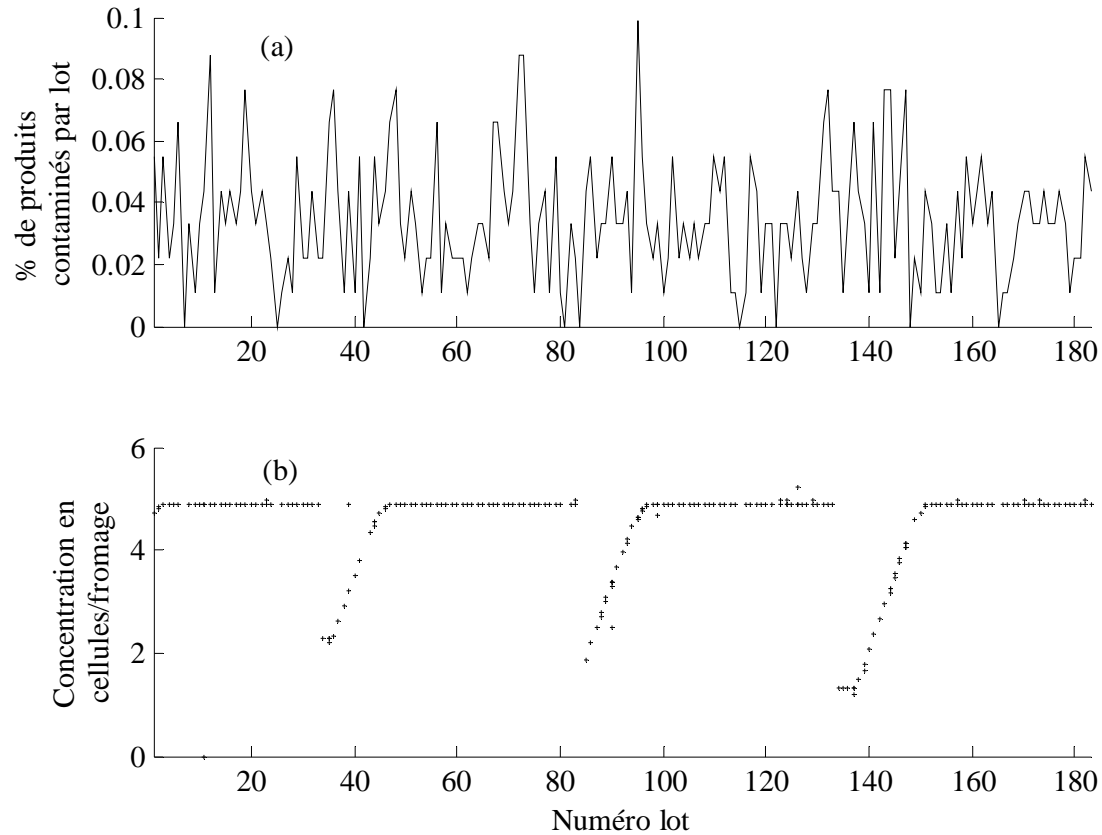


# Exemples de résultats



Evolution au cours du temps du niveau de contamination dans l'environnement en nombre de colonies et nombre de cellules

# Exemples de résultats



Evolution au cours du temps de la prévalence et du niveau de contamination des produits

# Conclusions

---

- Conclusions sur le modèle
  - ▣ Contribution méthodologique à l'AQR
  - ▣ Base pour un outil de gestion
  
- Perspectives
  - ▣ Validation du modèle
  - ▣ Estimation des paramètres