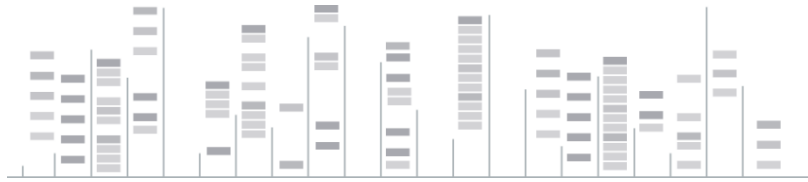


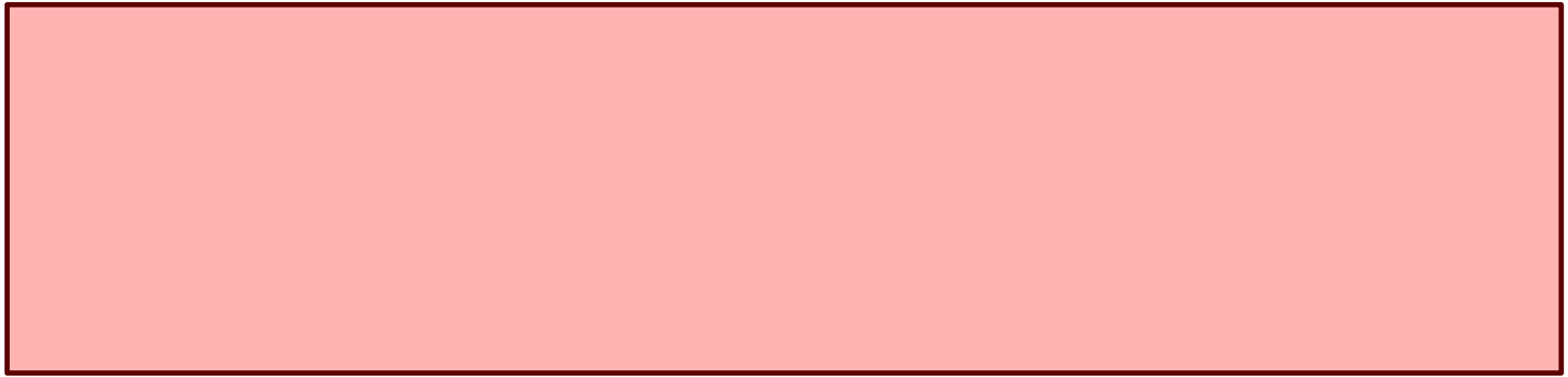
Modélisation probabiliste du devenir de *Listeria monocytogenes* au cours de la chaîne de fabrication des lardons et de leur conservation

Pascal Garry – Natalie Commeau – Laurent Guillier – Mariem ELLOUZE



Plan de travail du sous-projet 2 : *Listeria*/lardons

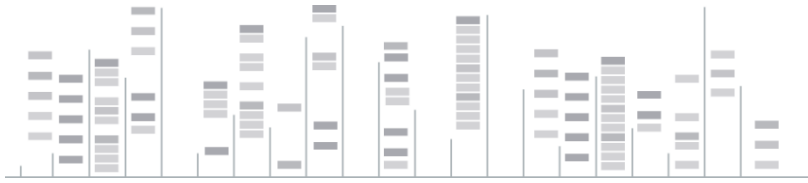
4 tâches :



3 - Définition d'une stratégie de surveillance
en lien avec la qualité microbiologique du produit fini

4 - Réingénierie, optimisation du procédé
(économies d'énergie, de temps)

Sous-projet 1 :
dévelop. méthodologiques



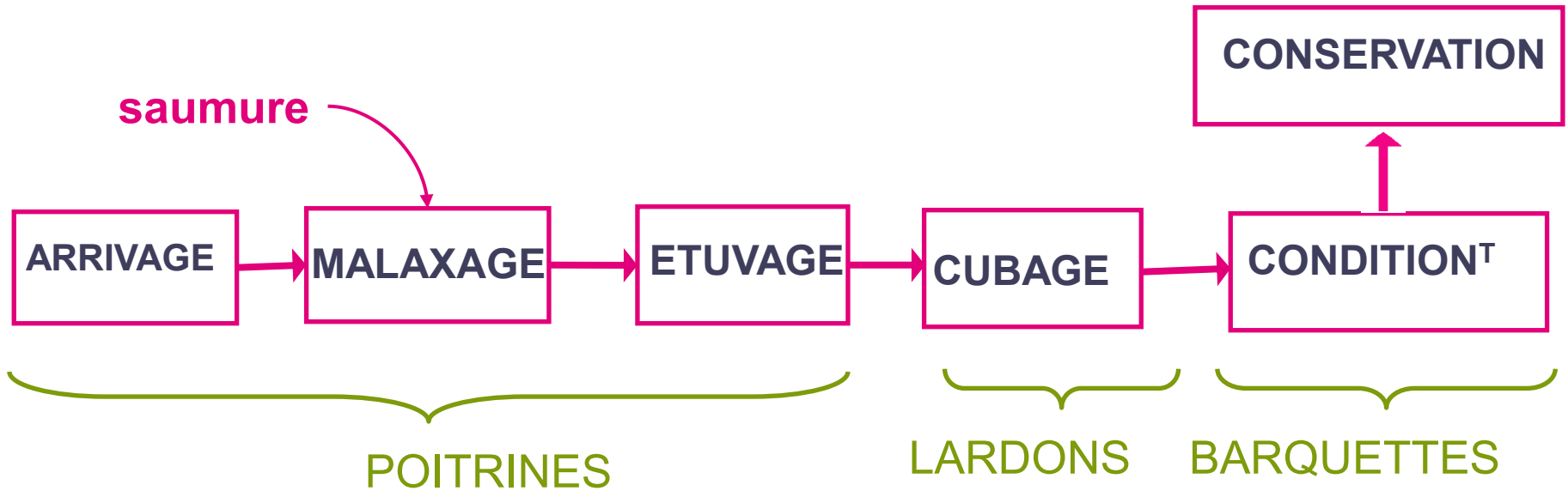
Plan de l'exposé

- | Description du procédé de fabrication et caractérisation du produit
- | Réalisation d'un CT et focus sur les données produit fini et en cours de conservation
- | Modélisation du comportement bactérien

↪ Tâche2 : Mise en relation des paramètres de conduite du procédé avec un objectif de sécurité des aliments (FSO)

- | Mesures de maîtrise envisageables
- | Hypothèses de simulation
- | Paramètres de procédés et respect d'un FSO

Description du process



Arrivage



Malaxage



Etuvage



Cubage



Conservation





Caractérisation process et produit

↳ Questionnaire : 6 entreprises (> 50% du tonnage français)

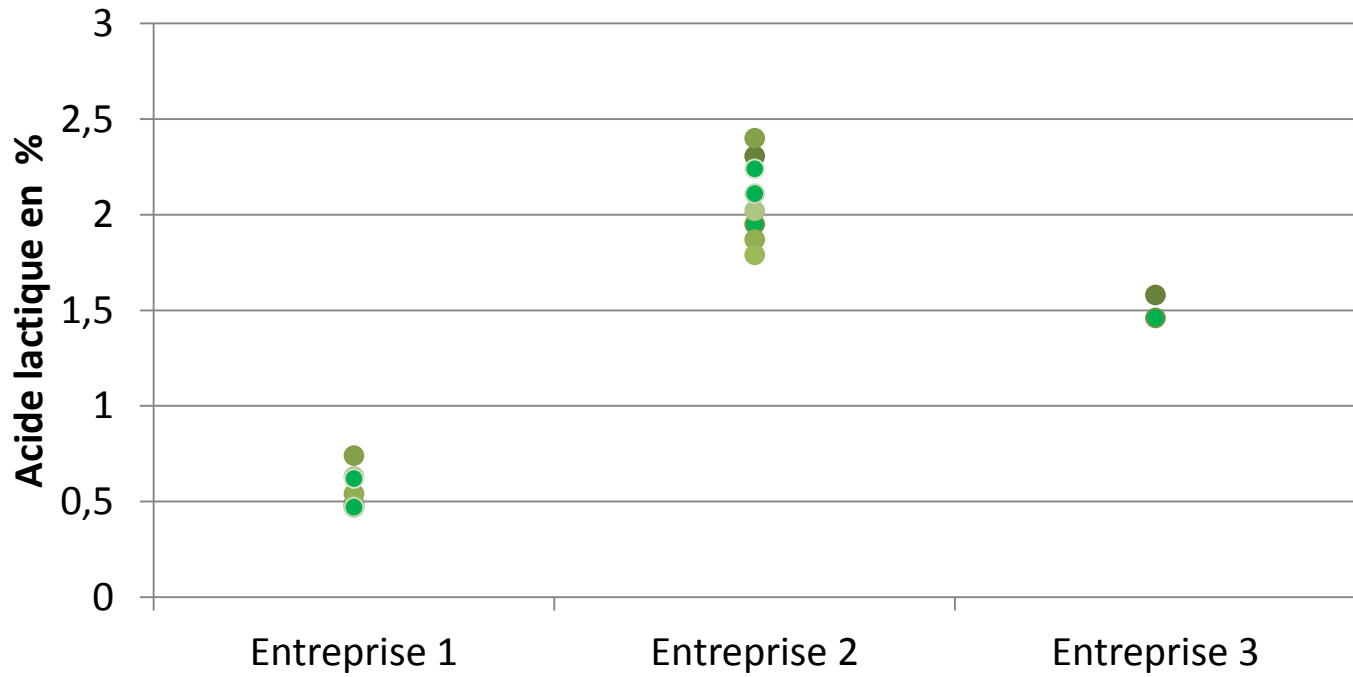
- | Caractérisation physico- chimique : 550 données
- | Caractérisation microbiologique : près de 5000 données
→ MP+PF+TV+CT

↳ Campagnes de mesures sur site

- | Suivis de température en cours d'étuvage : 2 campagnes (Cemagref)
- | Caractérisation de la qualité microbiologique en cours de procédé :
→ Analyses de poitrines en sortie de malaxage (+ lardons sortie usine)

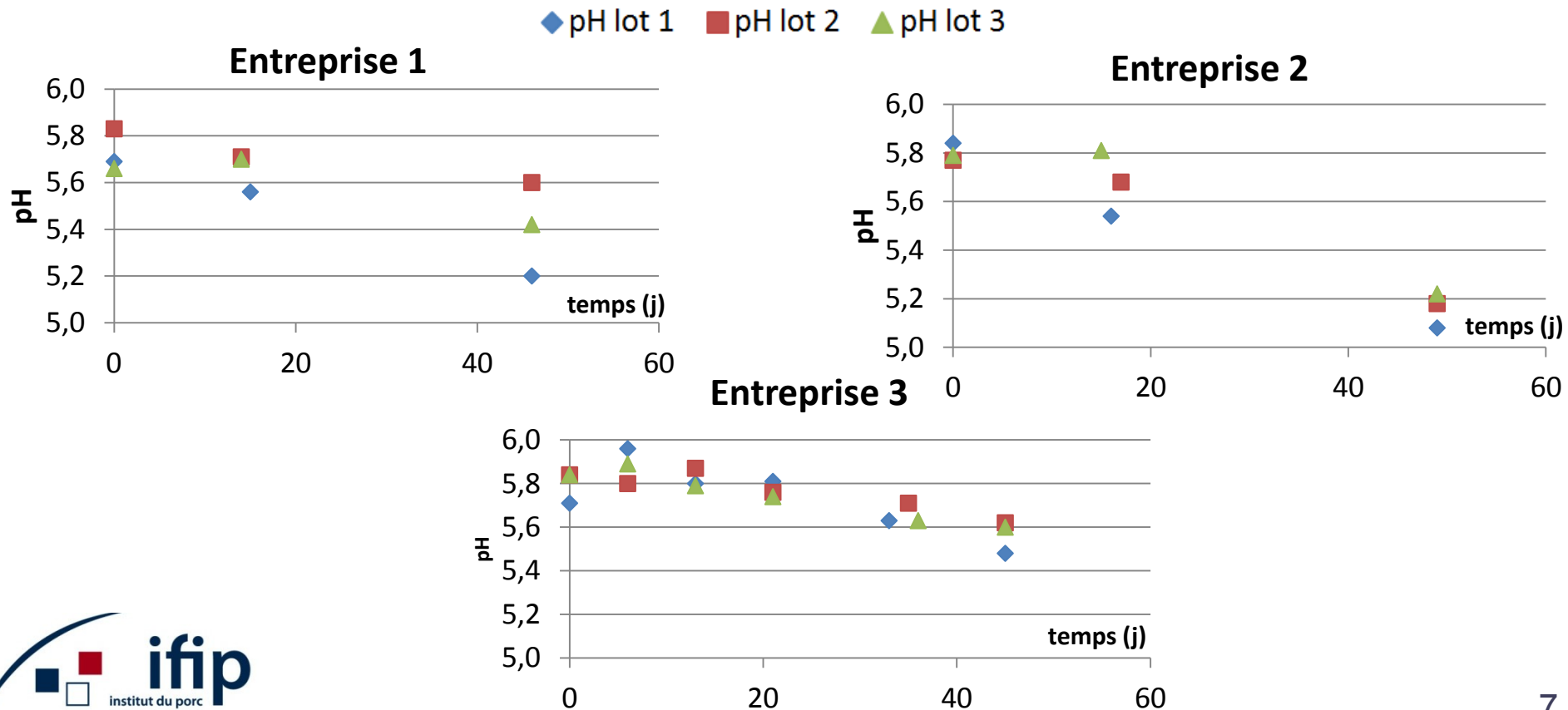
Caractérisation physico-chimique du produit fini (1)

↳ Variabilité intra et inter-entreprises de la concentration (%) d'acide lactique dans les lardons



Caractérisation physico-chimique du produit fini (2)

Variabilité temporelle et inter-lots du pH des lardons pour trois entreprises



Tests de croissance sur les lardons en barquette (1)

3 formulations et 3 lots par entreprise

Caractérisation physico- chimique :

- pH, a_w , Acides organiques (lactate, acétate)
- Atmosphère modifiée

Caractérisation microbiologique :

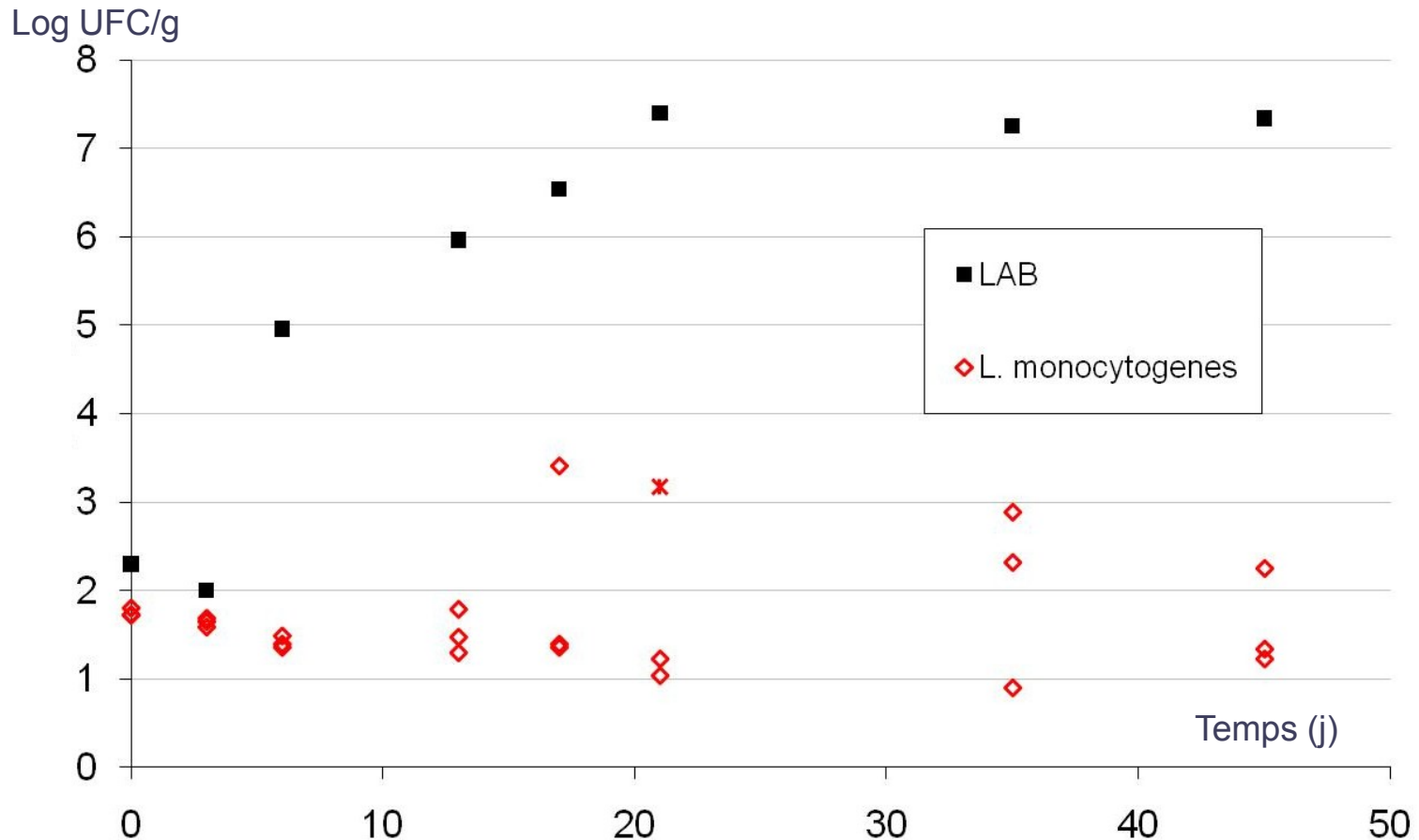
- Recherche et dénombrement de *Listeria monocytogenes*
- Suivi de la flore lactique au cours de la durée de vie

Tests de croissance sur les lardons en barquette (2)

	Formulation A	Formulation B	Formulation C
Eau (g/kg de viande)	183,2	83,0	120,0
NaCl (g/kg de viande)	36,8	21,9	31,3
Lactate K (g/kg de viande)	0,0	19,3	23,0
Acétate Na (g/kg de viande)	3,9	1,4	0,0
<i>aw</i> initiale	0,955	0,961	0,960
<i>pH</i> initial	5,7	5,8	5,8
Acidification	-0,3	-0,7	-0,2
FL (UFC/g) à J0	<10 à 10 ²	10 ²	10 ²
<i>L. monocytogenes</i>	Croissance	Non croissance	Croissance dans qq unités

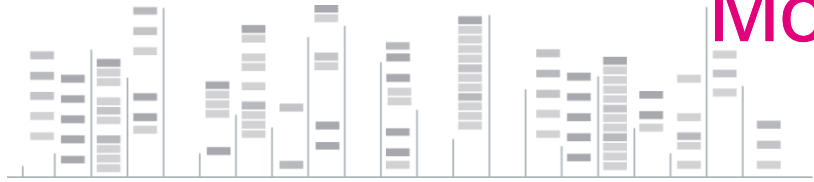
Tests de croissance sur les lardons en barquette (3)

Exemple de cinétiques pour une formulation



Evolution de *L. monocytogenes* et de la flore lactique dans les lardons en fonction du temps

Modélisation du comportement bactérien



Quel modèle pour prédire la croissance de *L. monocytogenes* ?

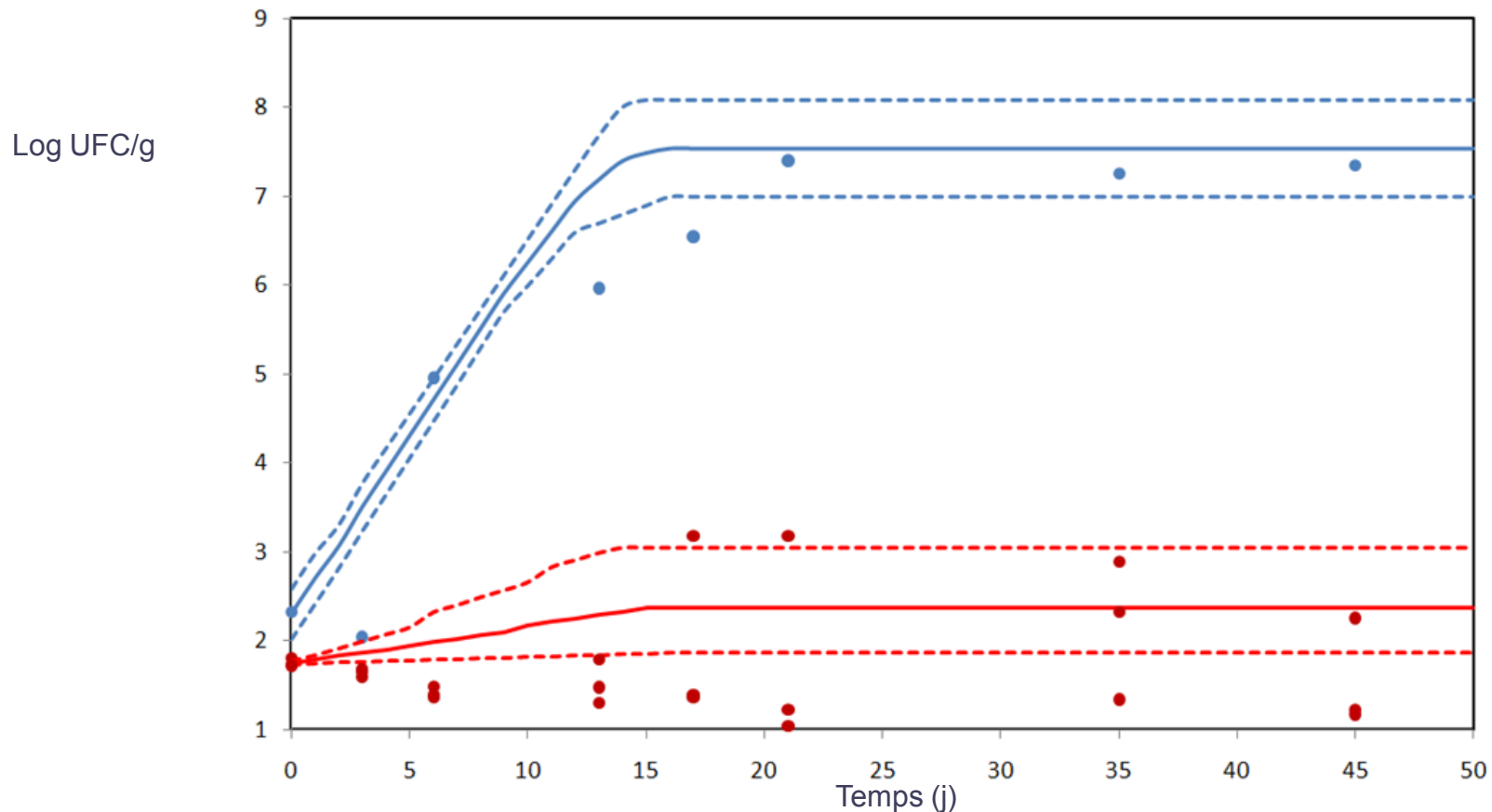
- Compétition avec la flore lactique :
 - Modèle I^{aire} : Cornu et al, 2010 : Compétition par effet Jameson.
- Caractéristiques physico-chimiques : T, pH, CO₂, aw, [Lac], [Dac]
 - Modèle II^{aire} *L.monocytogenes* : Mejlholm et al 2010.
 - Modèle II^{aire} flore lactique : Mejlholm et al 2007.

Quelles sources de variabilité ?

- Propriétés physico-chimiques entre les barquettes et entre les lots,
- Niveaux de *L. monocytogenes* et flore lactique entre les dés.

Modélisation du comportement bactérien

↳ Modèle validé (compétition entre flore au niveau de chaque dé de lardon d'une barquette)



Croissance de la flore lactique observée (●) et prédite (-) et évolution de *L. monocytogenes* observée (●) et prédite (-) dans les lardons ($a_w=0.96$, $pH=5.8$, lactate 1.52%, 40% de CO_2) en fonction du temps



Plan de l'exposé

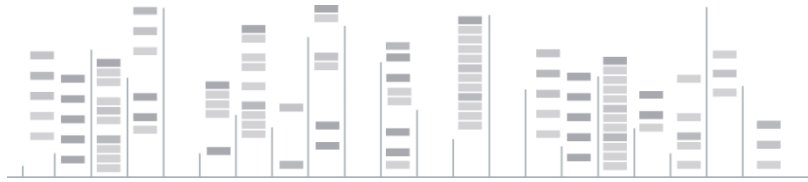
🔗 Tâche1 : Caractérisation du procédé de fabrication des lardons

- | Description du procédé de fabrication et caractérisation du produit
- | Réalisation d'un CT et focus sur les données produit fini et en cours de conservation
- | Modélisation du comportement bactérien



- | Mesures de maîtrise envisageables
- | Hypothèses de simulation
- | Paramètres de procédés et respect d'un FSO

Process et mesures de maîtrise envisageables



Arrivage



Malaxage



Etuvage



Découpage



Conservation



Contamination
initiale

Homogénéisation

Croissance et
destruction

Température et
durée

Croissance

T°
pH
Acides
NaCl

...

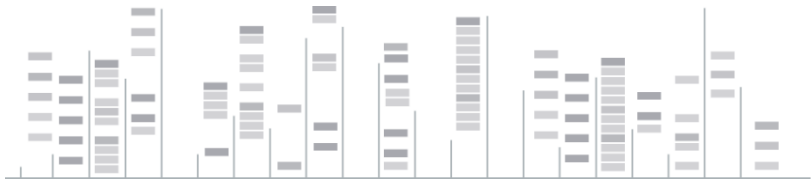


Hypothèses de simulation

↳ Simulations prenant en compte

- ! Variabilité contamination initiale (inter et intra lot)
- ! Différentes étapes et leurs effets (homogénéisation de la contamination pendant le malaxage, variabilité température étuvage,...)
- ! Conservation
 - temps : jusqu'à DLC
 - Température : 1/3 4°C – 2/3 8°C

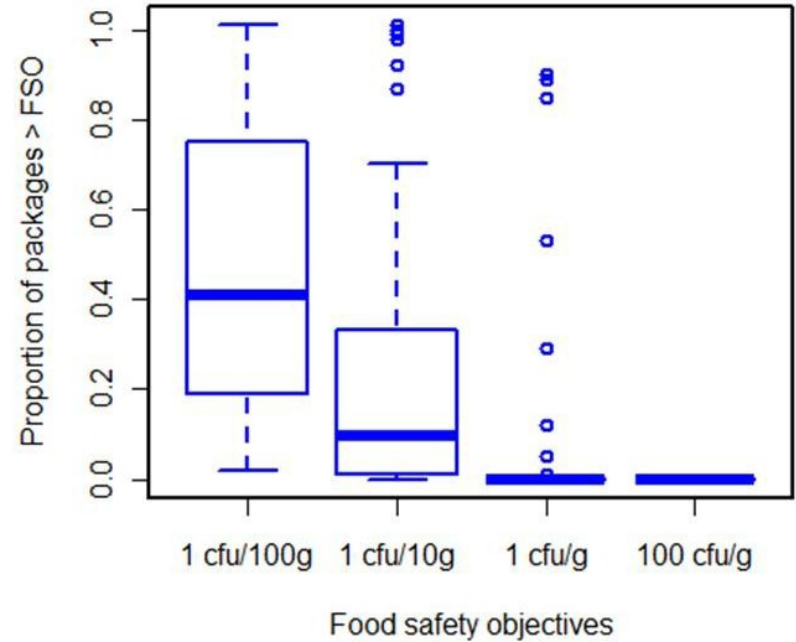
↳ Sortie : % de barquettes > FSO (exemple 100 ufc/g)



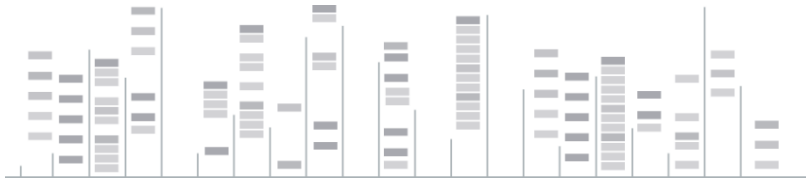
Paramètres de conduite de procédé et FSO

Scénario S1 (de base)

- Température consigne d'étuvage 45°C
- Durée d'étuvage 1h30
- a_w 0.965



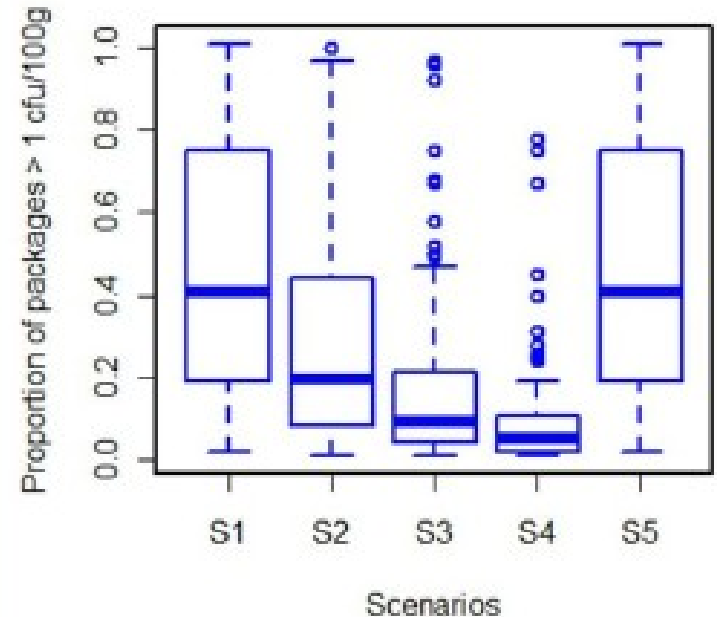
Exemple de résultat : probabilité de dépassement d'un FSO



Du FSO vers les paramètres de conduite de procédé

↳ Autres scénarios :

- S1 : scénario base
- S2 : Durée étuvage ↗
- S3 : Température étuvage ↗
- S4 : Température et durée ↗
- S5 : Réduction de 15% du taux de sel



→ Guide au choix des paramètres d'étuvage pour respecter le FSO choisi

- ↳ Importance de prendre en compte les sources de variabilité pour expliquer les phénomènes
- ↳ Croissance faible de *L. monocytogenes* : importance des interactions
- ↳ Caractérisation d'un procédé en place : probabilité de dépassement d'un FSO
- ↳ FSO choisi → Fixer les paramètres d'un nouveau procédé
- ↳ Quel FSO ?