

Contexte

La sécurité microbiologique des aliments repose sur la connaissance et la prise en compte :

- du **produit** : de ses propriétés physico-chimiques (pH, activité de l'eau a_w), de sa contamination initiale...
- du **procédé** (traitement thermique, séchage...) et des conditions de conservation (durée de vie, température de conservation, environnement gazeux...)
- du comportement (croissance, destruction) des **microorganismes** identifiés comme des dangers

L'annexe II du **règlement communautaire CE 2073/2005** relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires encourage les opérateurs du secteur alimentaire à utiliser les modèles mathématiques prévisionnels

Expériences

120 tests de croissance de *L. monocytogenes* inocuées dans la viande de porc hachée ionisée,

- dont le pH (5 niveaux, de 5,0 à 6,2) et l' a_w (5 niveaux, de 0,93 à 0,97) sont ajustés
- subissant un procédé d'étuvage (1h à 53°C, 1h à 48°C, 4h à 42°C) ou non
- conservée à température contrôlée (4 ou 20°C)

Ajustement des paramètres des modèles à partir des expériences

➤ Modèle de croissance :

μ_{opt} : taux de croissance optimal, K : facteur de proportionnalité reliant le temps de latence (lag) et μ_{max} (taux de croissance maximal), spécifique du couple *L. monocytogenes* / aliment, **valeurs cardinales*** : valeurs minimales, optimales, maximales de pH, d' a_w et de température, spécifique de *L. monocytogenes*

➤ Modèle de destruction :

D_{60} : temps de réduction décimale à 60°C, spécifique du couple *L. monocytogenes* / aliment, z^* : élévation de température permettant de réduire par 10 la valeur de D , spécifique de *L. monocytogenes*

➤ Modèle de transfert thermique :

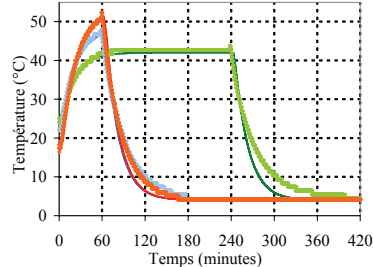
D_t : Diffusivité thermique, spécifique de l'aliment

* Paramètres issus de données bibliographiques

Résultats

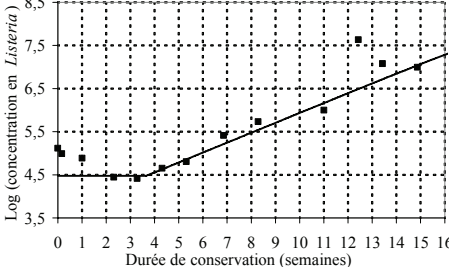
Validation individuelle des modèles

Modèle de transfert thermique : comparaison des simulations et des mesures de la température à cœur du parallépipède de viande hachée



Mesures : ■ 1h à 53°C; ■ 1h à 48°C; ■ 4h à 42°C
 Simulations : — 1h à 53°C; — 1h à 48°C; — 4h à 42°C
 Conditions expérimentales : étuvage puis conservation à 4°C

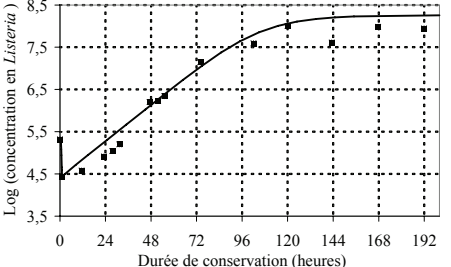
Modèle de croissance : comparaison des simulations et des concentrations en *L. monocytogenes* mesurées dans la viande hachée



Dénombrements : ■ Simulation : —
 Conditions expérimentales : pH 5,9 - a_w 0,96 - conservation à 4°C sans étuvage préalable

Validation de la modélisation combinée

Modèles combinés (transfert thermique - modèle de croissance et de destruction) : comparaison des simulations et des concentrations en *L. monocytogenes* mesurées dans la viande hachée



Dénombrements : ■ Simulation : —
 Conditions expérimentales : pH 5,6 - a_w 0,95 - étuvage 1h à 53°C puis conservation à 20°C

Conclusion : Un premier pas vers la modélisation de l'influence du procédé sur l'évolution de la contamination

La stratégie de modélisation combinée des transferts de chaleur et des modèles de microbiologie prévisionnelle, permet de simuler correctement le comportement de *L. monocytogenes* dans la viande hachée, en fonction du procédé d'étuvage, de la formulation (pH, a_w) et des conditions de conservation.

Bibliographie

- Augustin, J.C., Zuliani V., Cornu M., Guiller, L. 2005. Growth rate and growth probability of *Listeria monocytogenes* in dairy, meat and seafood products in suboptimal conditions. Journal of Applied Microbiology, 99, 1019-1042
- Bigelow, W.D. 1921. The logarithmic nature of thermal death time curves Journal of Infectious Diseases, 29, 528
- Bimbenet, J.J., Duquenoey, A., Tristram, G. 2002. Génie des procédés alimentaires, Dunod, Paris, 303p.
- Chick, H. 1908. An investigation of the laws of disinfection. Journal of Hygiene of Cambridge, 8, 92-158
- Rosso, L., Bajard, S., Flandrois, J.P., Lahellec, C., Fournaud, J., Veit, P. 1996. Differential growth of *Listeria monocytogenes* at 4 and 8°C: consequences for the shelf life of chilled products. Journal of Food Protection, 59, 944-949.

Objectifs

Développer et valider l'utilisation combinée de trois modèles pour prédire :

- l'évolution de la température à tout instant et en tout point de produits de charcuterie/salaison,
- la croissance de *L. monocytogenes* en fonction de la température (T), du pH, de l' a_w ,
- la destruction de *L. monocytogenes* en fonction de la température

Modèles de microbiologie prévisionnelle et de transfert thermique utilisés

- Croissance : modèle logistique avec délai et rupture (Rosso et al, 1996), modèle cardinal d'Augustin (Augustin et al, 2005)
- Destruction : modèle linéaire de Chick (1908), modèle de Bigelow (1921)
- Transfert de chaleur : modèle de Fourier (Bimbenet et al, 2002)

Stratégie de modélisation combinée

