

## CHAPITRE

### 1

# TD2 : UTILISER LES MODÈLES PRIMAIRES ET SECONDAIRES POUR PRÉDIRE LA CROISSANCE DE PATHOGÈNES

## Exercice 1 : Prédiction de croissance d'espèces pathogènes

### A. Énoncé

5 produits sont contaminés par trois micro-organismes à 1 bactérie/g. Nous allons ici estimer le temps de conservation des produits à partir des modèles primaires et secondaires de croissance.

Le modèle primaire utilisé est :

$$X_t = X_0 \times \exp(\mu \times (t))$$

et le modèle secondaire est :

$$\mu = k \times (T - T_{min})^2 \times (a_w - a_{wmin}) \times (pH - pH_{min}) \times (pH - pH_{max})$$

Vu le nombre de données, vous utiliserez le tableur fourni avec les données des graphiques et vous réaliserez tous les calculs avec le tableur.

#### Question 1 Déterminer le modèle secondaire de température - obligatoire

A partir des caractéristiques des espèces et du graphiques présenté ci-dessous, nous allons chercher à établir le modèle secondaire de croissance en fonction de la température pour chacune de ces espèces :

$$\sqrt{\mu_T} = b(T - T_{min})$$

#### Question 2 Déterminer le modèle secondaire de pH - facultatif

A partir des caractéristiques des espèces et du graphiques présenté ci-dessous, nous allons chercher à établir le modèle secondaire de croissance en fonction du pH pour chacune de ces espèces :

$$\mu_{pH} = a \times (pH - pH_{min}) \times (pH - pH_{max})$$

#### Question 3 Déterminer le modèle secondaire de Aw - facultatif

A partir des caractéristiques des espèces et du graphiques présenté ci-dessous, nous allons chercher à établir le modèle secondaire de croissance en fonction de Aw pour chacune de ces espèces :

$$\mu_{Aw} = c(a_w - a_{wmin})$$

Pour répondre aux trois questions précédentes, il faut pour chaque paramètre étudié :

- déterminer la gamme de température, Ph ou Aw sur laquelle le modèle d'applique
- calculer  $\mu$  ou  $\sqrt{\mu}$  pour chaque point à partir de G
- calculer pour chaque point  $(a_w - a_{wmin})$  ou  $(pH - pH_{min}) \times (pH - pH_{max})$  ou  $(T - T_{min})$

- tracer la droite :  $\mu_{Aw} = c(a_w - a_{wmin})$ ,  $\mu_{pH} = a \times (pH - pH_{min}) \times (pH - pH_{max})$  ou  $\sqrt{\mu_T} = b(T - T_{min})$
- déterminer la valeur des pentes a, b et c.

Il est rappelé que :

$$X_t = X_0 \times \exp(\mu \times (t))$$

$$X_t = X_0 \times 10^{(t/G)}$$

#### Question 4 Déterminer le modèle secondaire en fonction des trois paramètres - facultatif

Déterminer le modèles secondaires de croissance pur chaque souche décrit ci-dessus ( $\mu = \mu_T * \mu_{Aw} * \mu_{pH}$ )

#### Question 5 Prévoir les croissances bactériennes - facultatif

A partir de l'ensemble des données, déterminez pour les trois souches dans les cinq produits contaminés le taux de croissance de chaque souche ainsi que le temps de conservation du produit (temps pour atteindre la première DMI).

Dans une première estimation, nous considérerons que l'ensemble des produits est maintenu à 4°C dans le respect de la chaîne du froid.

#### Références :

Modelling microorganisms in food (2007) Stanley Rul, Rul Suzanne van Gerwen Gerwen, Marcel Zwietering CRC Press (Ed.) – 294 pages

Catherine Béal Sandra Helinck Sophie Landaud Séverine Layec Eric Spinnler , Cours AgroParisTech Microbiologie et qualité des aliments (2012)

|           |        | <i>Listeria monocytogenes</i> | <i>Salmonella ssp.</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> |
|-----------|--------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Tg        | (h)    | 0,6                           | 1,0                    | 1,1                          |
| Temp (°C) | Min    | 0                             | 6,5                    | 6                            |
|           | Opt    | 37                            | 30                     | 37                           |
|           | Max    |                               |                        | 42                           |
| pH        | Min    | 4,5                           | 5,6                    | 4,5                          |
|           | Opt    | 6,7                           | 6,8                    | 7,0                          |
|           | Max    | 7,5                           |                        | 9,0                          |
| aw        |        | 0,928                         | 0,974                  | 0,911                        |
| DMI       | CFU/mL | 10 <sup>3</sup>               | 10 <sup>4</sup>        | 10 <sup>6</sup>              |

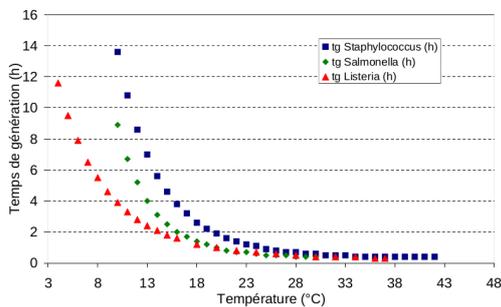
Tg : temps de génération (h) ; DMI : dose minimale infectieuse (CFU/mL)

(a) Caractéristiques des espèces

| Produits        | pH  | aw    | Teneur en sel (%) | Teneur en sucre (g/L) |
|-----------------|-----|-------|-------------------|-----------------------|
| Lait pasteurisé | 6,6 | 0,994 |                   | 49                    |
| Yaourt          | 4,5 | 0,994 |                   | 35                    |
| Camembert       | 6,8 | 0,982 | 1,8               |                       |
| Comté           | 5,5 | 0,948 | 2,0               |                       |
| Dessert lacté   | 6,3 | 0,985 |                   | 150                   |

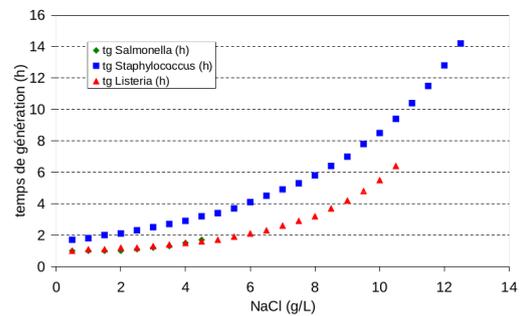
(b) Produits

### Effet de la température sur le temps de génération (à pH 6,6)



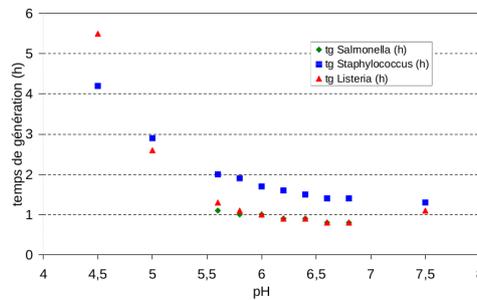
(c) Taux de croissance en fonction de T

### Effet de l'aw sur le temps de génération (à 21°C et pH 6,6)



(d) Taux de croissance en fonction de Aw

### Effet du pH sur le temps de génération (à 21°C)



(e) Taux de croissance en fonction de du pH

FIGURE 1.1 – Données pour l'exercice 2 (Diagrammes du cours Agro Paristech et livre Rul et al. (2007) ). Les tableaux de valeur des graphiques sont disponibles dans le tableur associé au TD

**Question 1 Déterminer le modèle secondaire de température - obligatoire**

A partir des caractéristiques des espèces et du graphiques présenté ci-dessous, nous allons chercher à établir le modèle secondaire de croissance en fonction de la température pour chacune de ces espèces :

$$\sqrt{\mu_T} = b(T - T_{min})$$

Le graphique (c) présente le taux de croissance en fonction de la température. Nous pouvons voir que, pour les trois espèces bactériennes, au dessus d'une certaine température aux environ de 25 degrés le taux de croissance maximum est atteint. Notre modèle secondaire s'appliquera donc jusqu'à cette température environ. Pour déterminer la gamme exacte d'application du modèle, il faudra réaliser les régressions linéaires.

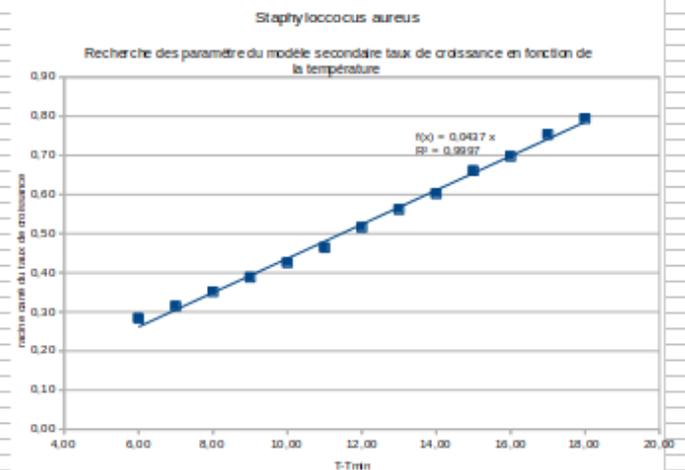
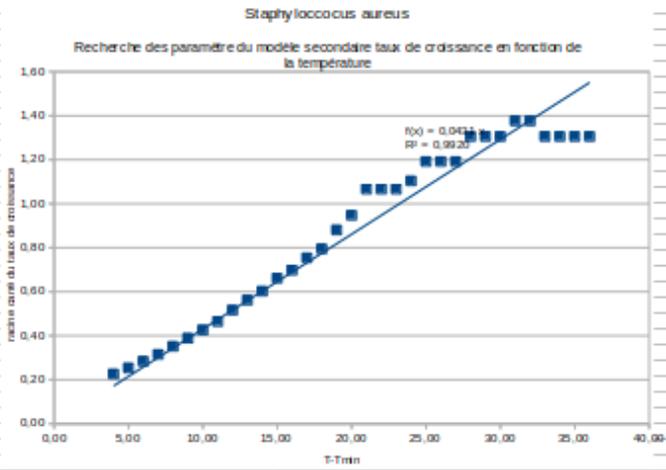
Dans le tableau, vous trouverez le calcul de  $\mu$  ou  $\sqrt{\mu}$  pour chaque température pour chaque espèces ainsi que le calcul de  $(T - T_{min})$ .

La figure ci-dessous montre les graphiques obtenus pour la régression  $\sqrt{\mu_T} = b(T - T_{min})$  en tenant compte de tous les points et en restreignant à la gamme d'application du modèle donnant le meilleur coefficient de corrélation en régression linéaire.

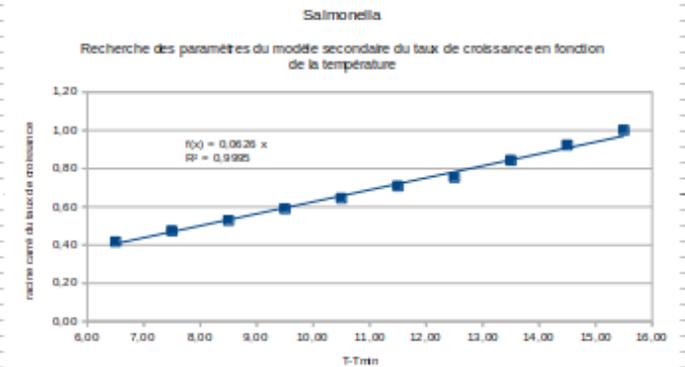
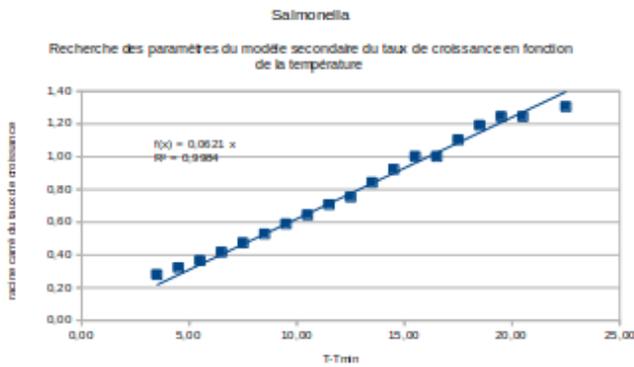
- *Staphylococcus aureus* : Le coefficient de corrélation sur toute la gamme de températures relevées est de 0,9920 alors qu'en restreignant entre 12 deg C et 24 deg C le coefficient de corrélation passe à 0,0437  $(T - T_{min})$
- *Salmonella sp.* : Le coefficient de corrélation sur toute la gamme de températures relevées est de 0,9984 alors qu'en restreignant entre 13 deg C et 22 deg C le coefficient de corrélation passe à 0,9995.  $0,0626(T - T_{min})$
- *Listeria monocytogenes* : Le coefficient de corrélation sur toute la gamme de températures relevées est de 0,9974 alors qu'en restreignant entre 13 deg C et 22 deg C le coefficient de corrélation passe à 0,0427  $(T - T_{min})$

## Régressions linéaires de façon à déterminer la zone d'application du modèle et l'équation

*Staphylococcus aureus*



*Salmonella sp.*



*Listeria monocytogenes*

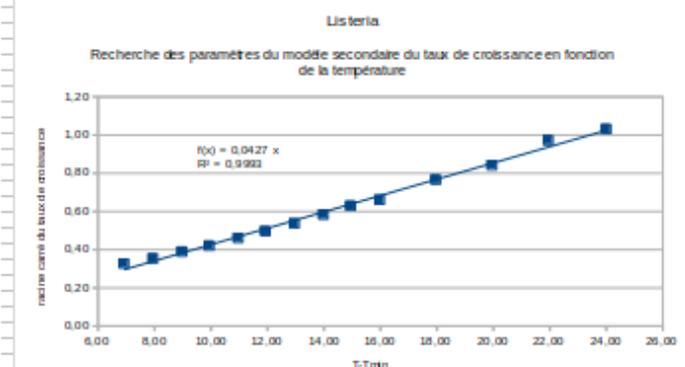
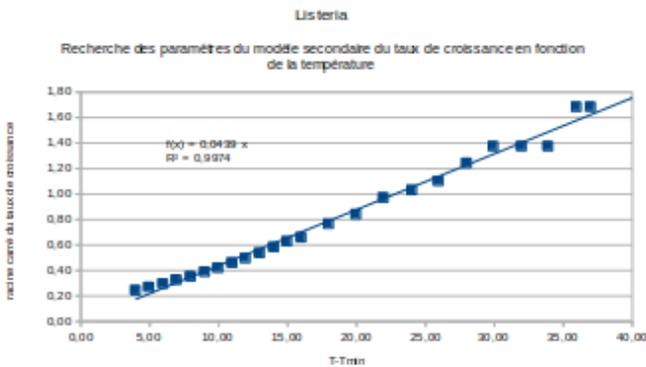


FIGURE 1.2 – Régressions linéaires  $\sqrt{\mu_T} = b(T - T_{min})$  en fonction de la gamme de température considérée