

Exercice 1

Q1:

Temps de chauffage à 72°C (s)	Nb de réduct. décimale (m)	Population résiduelle survivante (N)
0s	0	$10^5 = N_0$
20s	1	10^4
40s	2	10^3
60s	3	10^2
80s	4	10^1
100s	5	10^0

*20s

0°C
72°C

10

$$N = N_0 \times 10^{-m}$$

$$N_{20} = 10^5 \times 10^{-1} = 10^4$$

$$N_{40} = 10^5 \times 10^{-2} = 10^3$$

⋮

$$D_{60} = 600 \text{ s (référence)}$$

$$\Delta = 5^\circ\text{C}$$

$$\text{chauffage } [70; 75^\circ\text{C}]$$

$$\uparrow$$

$$72^\circ\text{C}$$

$$D_T = D_{T_{\text{réf}}} \times 10^{\frac{T_{\text{réf}} - T}{\Delta}}$$

$$D_{65} = 600 \times 10^{\frac{60-65}{5}} = 60$$

$$D_{70} = 600 \times 10^{\frac{60-70}{5}} = 6$$

⋮

Température	D_T
60°C	600 s
65°C	60 s
70°C	6 s
75°C	0,6 s

Q2:

2 stérilisation = 10°C → létalité des micro-organismes.
2 vit. = 25°C → dégradation des vitamines

Sachant que $\log(N_{vit}) = -k \times t + \log(N_0)$ et $D_{vit} = \frac{\log(10)}{k}$

$$\Rightarrow \log(N_{vit}) = -\frac{t \times \log(10)}{D_{vit}} + \log(N_0)$$

$$\Rightarrow \log\left(\frac{N_{vit}}{N_0}\right) = -\frac{t \times \log(10)}{D_{vit}}$$

$$\Rightarrow D_{vit} = -\frac{t \times \log(10)}{\log\left(\frac{N_{vit}}{N_0}\right)}$$

$$\Rightarrow D_{vit} = -\frac{t = 4s}{\log\left(\frac{N_{vit}}{N_0}\right)} = 0,996$$

$$\text{et } t = -\frac{D_{vit} \times \log\left(\frac{N_{vit}}{N_0}\right)}{\log(10)}$$

$$= -D_{vit} \times \log\left(\frac{N_{vit}}{N_0}\right)$$

$$D_{135^\circ\text{C}} = -\frac{4}{\log(0,996)} = 2298 \text{ s} \approx 38,3 \text{ min}$$

$$t_{110^\circ\text{C}} = t_{135} \times 10^{\frac{135-110}{10}} = t_{135} \times 10^{\frac{110-135}{10}} = 1265 \text{ s} \approx 21 \text{ min}$$

$$\text{On a } t_1 \times 10^{\frac{T_1 - T_{réf}}{Z_{réf}}} = t_2 \times 10^{\frac{T_2 - T_{réf}}{Z_{réf}}}$$

$$D_{110^\circ\text{C}} = D_{135} \times 10^{\frac{135-110}{Z_{vit}}} = 2298 \times 10^{\frac{25}{25}} = 22980 \text{ s} \approx 6,38 \text{ h}$$

$$f_{110} = 10^{-\frac{t_{110}}{D_{110}}} = 10^{-\frac{1265}{22980}} = 0,881 \Rightarrow \text{à } 110^\circ\text{C}, 88,1\% \text{ des vitamines sont présentes.}$$

• Exercice 2:

A

Q1:

Germes	Pathogénicité	Sporulat?
Bact. lactiques	non pathogènes	non
E. coli	pathogènes	non
S. aureus	pathogènes	non
Bacillus sp.	pathogènes	oui

Si sporulation: résistance au traitement thermique = ⊕ difficile à détruire ⇒ donc on ne base notre traitement sur Bacillus sp. qui présente le ⊕ de risque.

B

Q1: À partir de la 1^{ère} loi de destruction thermique: $N = N_0 \times e^{-kt}$ on veut montrer que $D_T = \frac{\ln(10)}{k}$ et donc $N = N_0 \times e^{-\left(\frac{t}{D_T}\right)}$

(cf. CM)

NB: k = vitesse à laquelle les germes sont détruits par la chaleur.

$$N = N_0 \times e^{-kt}$$

$$\Rightarrow \ln(N_1) = -k \times t_1 + \ln(N_0)$$

$$\Rightarrow \ln(N_1) - \ln(N_2) = -k \times t_1 + \ln(N_0) + k \times t_2 - \ln(N_0)$$

$$\Rightarrow \ln(N_1) - \ln(N_2) = -k \times (t_1 - t_2)$$

$$\begin{aligned} \text{on par définit si } t_1 - t_2 = D_T \text{ alors } N_2 &= 0,1 \times N_1 \quad \ln(N_1) - \ln(0,1 \times N_1) \\ &= \ln(10) \\ &= k \times D_T \end{aligned}$$

$$\Rightarrow D_T = \frac{\ln(10)}{k}$$

pour une réduct. de 10^m , le temps requis est $t = m \times D_T$

Q2: $N_t = N_0 \times e^{-kt}$ et $D_T = \frac{\ln(10)}{k}$ et $t = m \times D_T$

$\Rightarrow \frac{t}{m} = \frac{r}{n} \Rightarrow D_{115} = \frac{176}{2} = 88s$

$D_{130} = \frac{2,5}{1} = 2,5s$

$D_{121} = \frac{168}{3} = 55,3s$

Q3: $k = \frac{\ln(10)}{D_T}$

$k_{115} = \frac{\ln(10)}{88} = 0,026$

$k_{130} = \frac{\ln(10)}{2,5} = 0,92$

$k_{121} = \frac{\ln(10)}{55,3} = 0,042$

$\bar{a}_{115}^{\circ C} : N = N_0 \times e^{-0,026t}$

$\bar{a}_{130}^{\circ C} : N = N_0 \times e^{-0,92t}$

$\bar{a}_{121}^{\circ C} : N = N_0 \times e^{-0,042t}$

Q4: $\log_{10} D_T = \log_{10} D_{T_{ref}} + \frac{T_{ref} - T}{Z}$

$\Rightarrow Z = \frac{T_2 - T_1}{\log_{10} \left(\frac{D_{T_1}}{D_{T_2}} \right)} = \frac{130 - 115}{\log_{10} \left(\frac{88}{2,5} \right)} = 9,7^{\circ C}$

②

Q1: 100 tonnes de lait = $100 \times 10^6 \text{ g}$ de lait = 10^8 g

$$N_0 = 10 \text{ spores/g} \times 10^8 \text{ g} = 10^9 \text{ g}$$

$$N_{\text{bimal}} = 1 \text{ spore} \\ = N_0 \times 10^{-m}$$

$$\Rightarrow m = \log_{10} \left(\frac{N_0}{N_f} \right) = \log_{10} \left(\frac{10^9}{1} \right) = 9$$

Q2: $r_T = m \times D \times T$

$$t_{115} = m \times D_{115} = 9 \times 88 = 792 \text{ s} \approx 13,2 \text{ min}$$

$$t_{130} = 9 \times 2,5 = 22,5 \text{ s}$$

$$t_{121} = 9 \times 55,3 = 498 \text{ s} \approx 8,3 \text{ min}$$

Q3: la même destruction (no mb de m) est obtenue à deux températures $\neq$

$$\Rightarrow \log \left(\frac{r_{T_2}}{r_{T_1}} \right) = \frac{T_1 - T_2}{Z} \quad (\text{cf. CM})$$

$$\Rightarrow Z = \frac{T_1 - T_2}{\log \left(\frac{r_{T_2}}{r_{T_1}} \right)} = \frac{130 - 115}{\log \left(\frac{792}{22,5} \right)} \approx \frac{15}{1,6} = 9,4 \text{ s}$$

③

Q1: à 115°C : $\ln(b N_0 N_{\infty}) = -\ln(10) \times t / D_{D_{115}}$

$$\Rightarrow \log(b N_0 N_{\infty}) = -t / D_{D_{115}}$$

$$\Rightarrow D_{D_{115}} = \frac{-t}{\log(b N_0 N_{\infty})}$$

or expérimentalement 11 min et 15 s = $(60 \times 11) + 15 = 675 \text{ s}$ à 115°C
provoque une destruct' de 5% de la triamine

Sachant $N = 0,95 \times N_0$

$$\Rightarrow D_{115} = \frac{-675}{\log(0,95)} \approx \frac{-575}{-0,022} = 30301 \text{ s}$$

$\Rightarrow$ une destruction de 3% de la Rhizomine correspond à $N = 0,97 \times N_0$

et $r = -\ln(f_{N/N_0}) \times D_{115}$

$$\Rightarrow r = -\log(0,97) \times 30301 = \underline{401 \text{ s}}$$

• à 130°C : $D_{135} = \frac{-152}{\log(0,95)}$
 $= 6823 \text{ s}$

$$\Rightarrow r = -\log(f_{N/N_0}) \times D_{135} = -\log(0,97) \times 6823 = \underline{90,3 \text{ s}}$$

Q2 Pour réduire de 3% la Rhizomine active (0,97), il faut traiter au Θ 401 s à 115°C et Θ de 90,3 s à 130°C .

Pour obtenir la réduction de spores, il faut un traitement de Θ de 792 s à 115°C et de 22,5 s à 130°C .

$\Rightarrow$ Nous pourrions envisager un traitement à 130°C entre 22,5 et 90,3 s.