

# L'eau et la vapeur pour les nuls

## AQRDM 2023

Richard Marchand MD  
Microbiologiste infectiologue  
Institut de cardiologie de Montréal

# Plan

- Rappel de concepts généraux
  - Les spores
- Historique
- Le cycle de référence
- D value, Z value, F value
- Concept du  $A_0$
- Différence entre eau et vapeur
- Différence entre vapeur et humidité

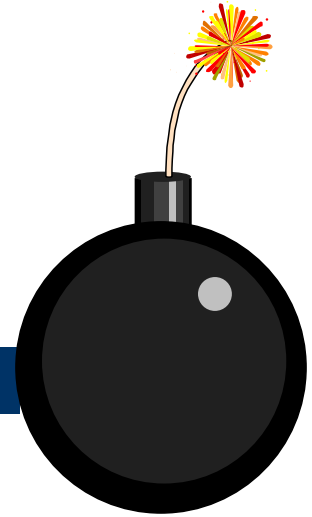
# Déclaration/divulgation

- J'aime les microbes
- Je n'ai aucun conflit

J'ai actuellement, ou j'ai eu au cours des deux dernières années, une affiliation ou des intérêts financiers ou intérêts de tout ordre avec une société commerciale ou je reçois une rémunération ou des redevances ou des octrois de recherche d'une société commerciale :

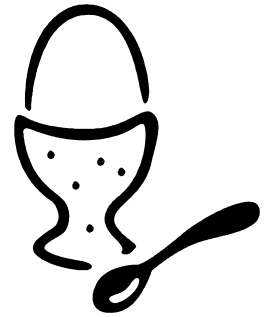
Non  Oui

# Question



- Quel est le mécanisme par lequel la vapeur tue les bactéries ??
- Réponse : Par coagulation des protéines

# Question



- Qu'est-ce que la coagulation des protéines?

Réponse : C'est un changement de structure et des bris de liens entre certains acides aminés par un mécanisme lorsqu' **en présence d'eau** est appelé hydrolyse

# Question

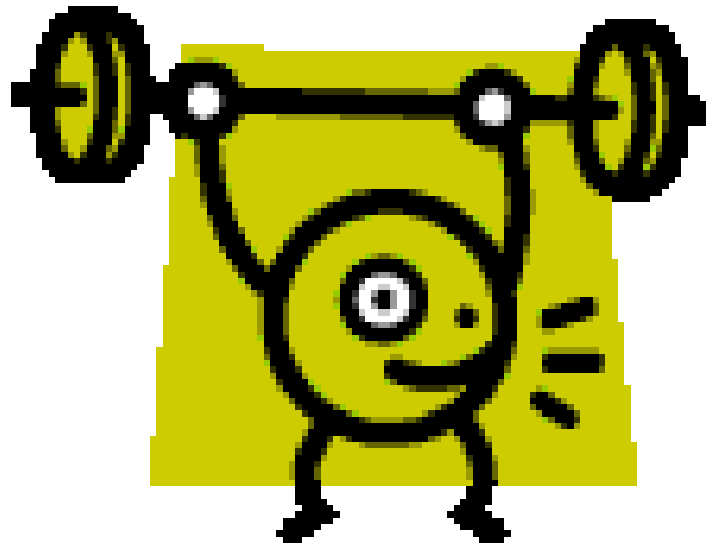
- Quelle est la température nécessaire pour inactiver les bactéries ????

Réponse : Cela dépend,  
certaines bactéries sont carrément  
résistante à la chaleur.

# La coagulation ou dénaturation des protéines

- Est un des mécanismes par lesquels les bactéries sont inactivées : physique (chaleur) ou chimique (ex.: chlorhexidine)
- L'autoclave tue les bactérie en coagulant les protéines
- Moins il y a d'eau dans une bactérie, plus fort et longtemps il faut chauffer pour coaguler les protéines

# LES SPORES

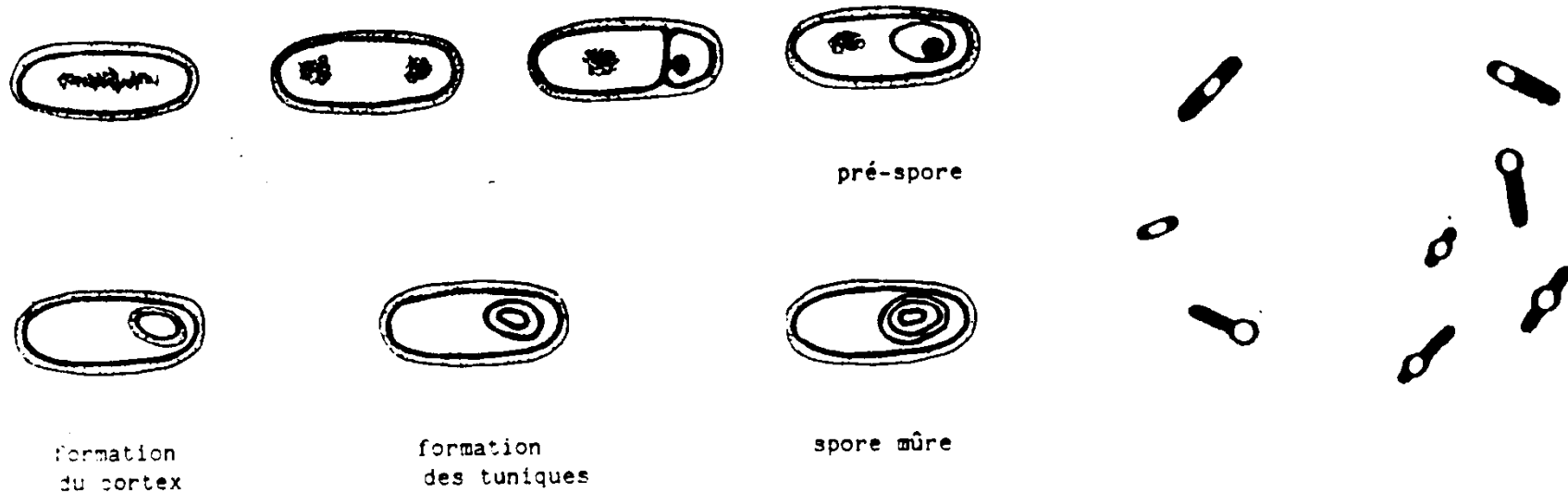




# Les spores

- Si on place les bactéries dans des conditions défavorables de survie, pour certaines d'entre elles (bacilles Gram + : Bacillus et Clostridium) il y a formation de spores ; c'est la **sporulation**.
- Si on place des spores dans des conditions favorables, elles retournent à l'état de bactéries végétatives ; c'est la **germination**.

# Les spores



- On peut observer au microscope les spores en voie de formation dans les corps bactériens. La situation de la spore est caractéristique de l'espèce.

# Les spores

- La spore contient, sous **forme condensée**, le génome (code génétique) et une partie du cytoplasme déshydraté autour d'une enveloppe très résistante à la chaleur et aux produits désinfectants.
- Les spores constituent une **forme plus petite** des bactéries et est beaucoup plus facile à transporter par le vent, les courants d'air, les poils, les micro-aérosols de toilette, les objets, le linge souillé etc. (ex.: l'anthrax).
- **La spore est à la bactérie ce que la graine est à la plante**

# Petit Quizz



En présence d'eau, est-ce que la température d'ébullition est suffisante pour coaguler les protéines des spores ?

# Température d'ébullition

- 100 °C à 1 ATM
- 121 °C à 2 ATM (1 barr)
- 132 °C à 3 ATM (2 barr)
- 80 °C à 0.5 ATM (Mont Blanc)
- 70 °C à 0.35 ATM (Mont Everest)
- 40 °C à 0.02 ATM (vide mécanique)



# Température d'ébullition de l'eau

**100 °C** eau douce dans une casserole avec couvercle

**97 °C** eau douce sans couvercle

**104 °C** eau salée (*dépend de la concentration*)

- L'ébullition de l'eau **ne garantie jamais** que la température atteinte est suffisante pour coaguler les protéines bactériennes
- Les protéines des spores bactériennes sont protégées par une faible concentration interne d'eau et la présence de molécules les protégeant (« Heat shock proteins » ou protéines de stress).
- L'ébullition n'est pas une méthode de stérilisation.
- Les formes sporulées des bactéries pathogène (ex.: *Clostridium*) résistent jusqu'à 8H30 à 100°C. (Diminution des risques d'infections mais pas de gangrène gazeuse).

# Historique: Le presto de cuisine 1800

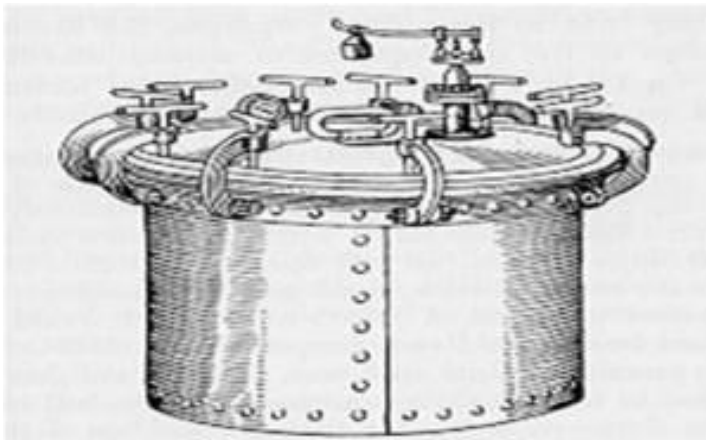
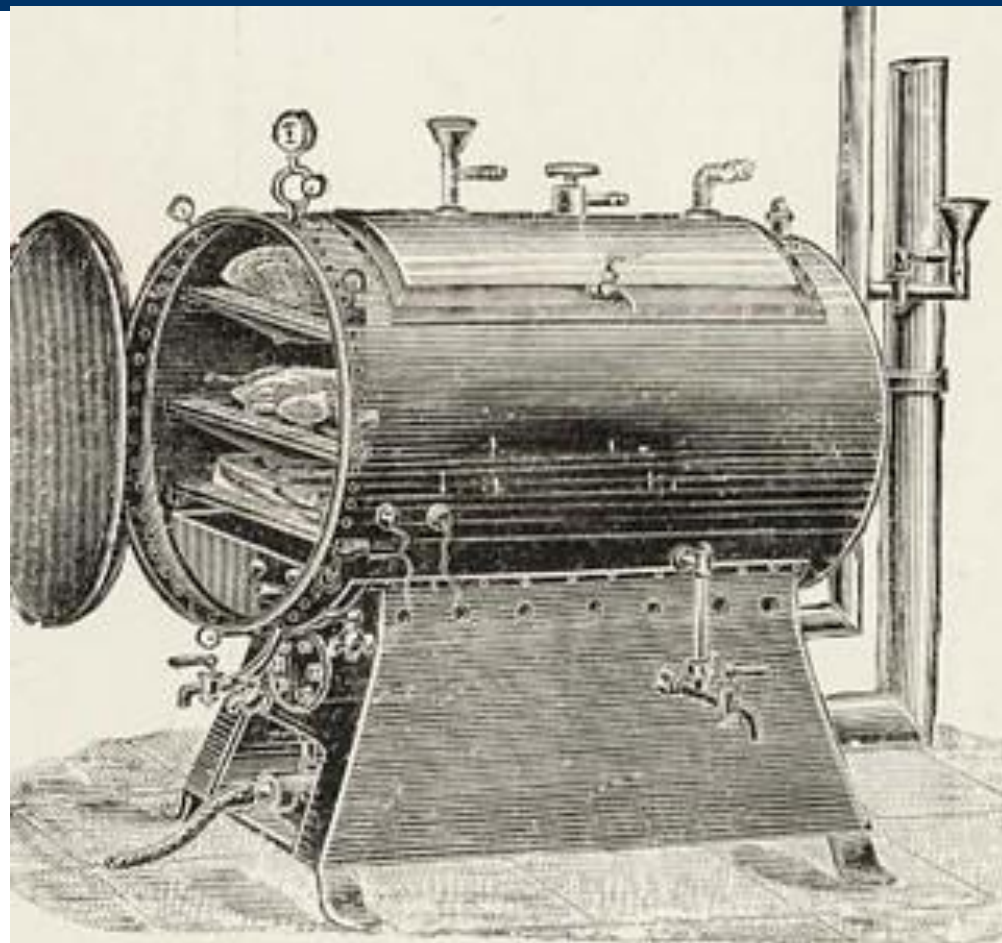


FIG. 4.—A type of cast-iron steam-pressure cooker. Will carry 30 pounds of pressure.

Indicateur: une patate

# L'autoclave 1933





# HISTOIRE cont.

- 1960-70 Développement du concept de  $D_{\text{value}}$  adapté à la stérilisation +  $F_{\text{value}}$  +  $Z_{\text{value}}$
- 1965 Proposition par la Suède du SAL en tant que définition de “stérile”
- 1979 Proposition par le Canada de la définition légale de « stérilité »
- 1985-1995 Concept de valeur A (Allemagne)
- 1999 Concept de  $A_0$  (Institut Robert Koch):  
Epidemiologisches Bulletin vom 12.02.1999, Seite 37
- 2006 Sortie du standard ISO 15883-1 (2006-04-15)

# Le cycle de référence

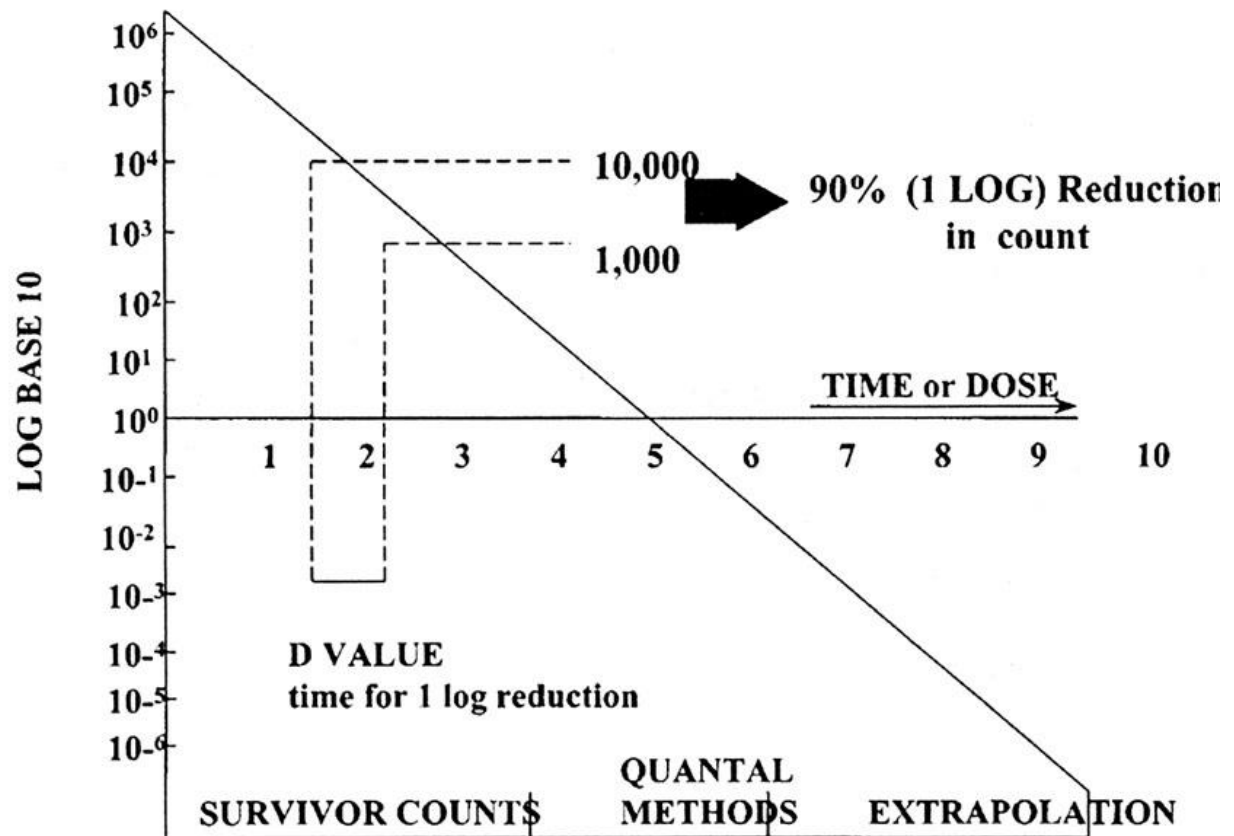


1965 Le Swedish National Health Board propose :  
Sterility Assurance Level (SAL)  $10^{-6}$

- 121 °C (gravité) et 1.05 bar (1 atm de P)
- $10^6$  spores ayant une  $D_{\text{value}}$  de 1.0 à 1.5 min
- Cycle Overkill (doublé) de 12 à 18 minutes + le temps de pré conditionnement et de montée (rinse)
  - A cette époque, les cycles de stérilisation par gravité (sans vacuum) prenaient au total environ **30 minutes**

# PROBABILITÉ DE SURVIE

Figure 2. Microbial Survival Versus Process Exposure.

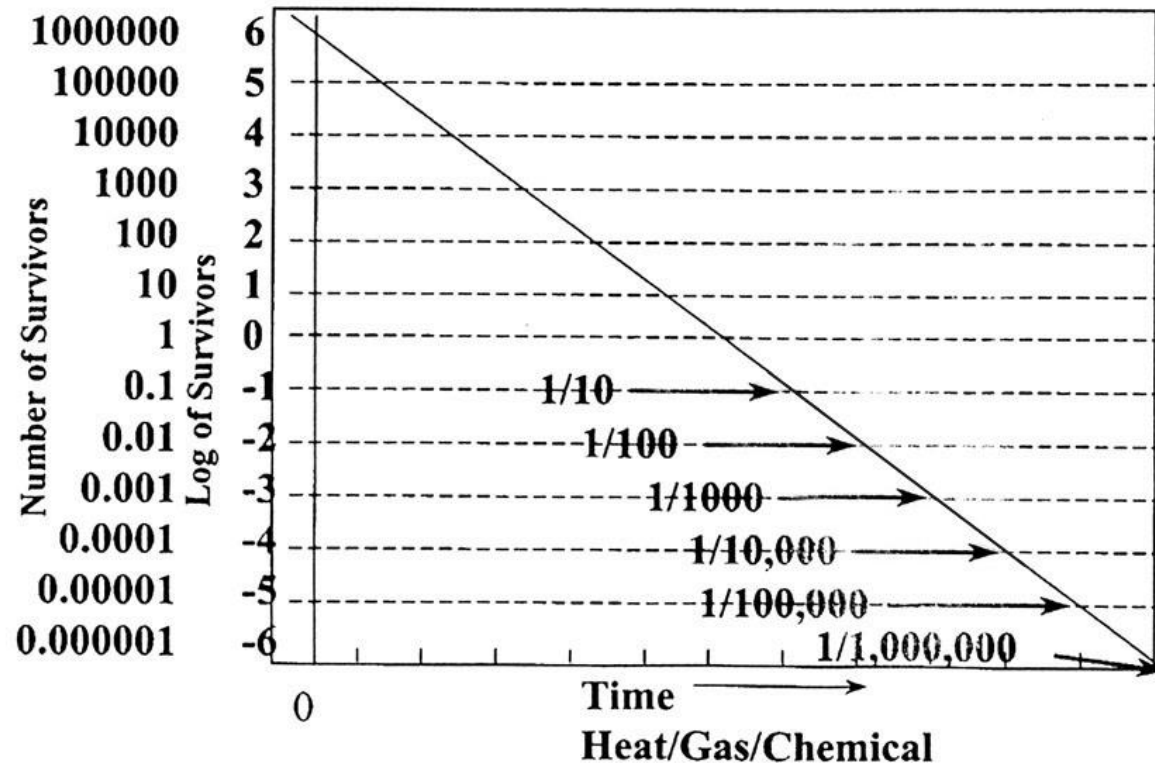


Microbial survival Vs. Process exposure

# STERILITY ASSURANCE LEVEL

Figure 1. Sterility Assurance Levels for Heat, Gas, or Chemicals.

## Sterility Assurance Levels



# D value: principe et logique

- Plus c'est chaud, plus vite meurent les bactéries
- Plus vite meurent les bactéries, plus rapide est le procédé
- La vitesse de mortalité (réduction) est exprimé par la D value
- **D value = temps d'exposition requis** (en minutes)  
**pour tuer 1 log (90%) de micro organismes**
  - Une D value de 4 signifie qu'il faut 4 minutes pour réduire par un facteur de 10 (90%), ou 1 log, le nombre de micro organismes.

N.B. **Plus rapide ne veut pas dire plus efficace.** Une bactérie morte même lentement n'est pas moins morte.

# Z value: principe et logique

- Si on baisse la température, les bactéries meurent plus lentement, donc la D value augmente
  - (il faut plus de temps pour tuer)
- À l'inverse, si on élève la température, les bactéries meurent plus vite et la D value diminue
- **Z value = Le nombre de degré de température requis pour obtenir une variation de 1 log de la D value**
- Pour un micro-organisme donné, la Z value est **une mesure de la résistance à la chaleur** parce que plus la Z value est élevée, plus il faut de chaleur pour diminuer la D value par un facteur de 1.

# Z value

- Exemple: Si à 100 °C D value de 4 minutes  
et 105 °C D value de 3 minutes  
Donc la Z value<sub>(100-105)</sub> est de 5 degrés

- Exemple: 100 °C D value = 4 minutes  
92 °C D value = 5 minutes  
Donc la z value<sub>(92-100)</sub> est de 8 degrés

D value = minutes    Z value = degrés

# Z value

- Plus la température est basse plus il faut de degré pour tuer un log de plus
- Plus la température est élevée moins il faut de degré pour tuer un log de plus
- **Donc la Z value change selon l'échelle de la température** (entre 65°C et 95°C la Z est assez stable)
- Les degrés sont proportionnels à la quantité d'énergie que je dois amener pour tuer un log de plus



# Petit Quizz

- À 20 degrés Celsius vous en tuez combien des bactéries?
- De combien de degrés faut-il élever la température pour tuer 1 log
- À 132 degrés de combien faut-il élever la température pour tuer un log de plus ?

# F value: principe et logique

- Pour une température donnée, plus on augmente la pression plus la Dvalue baisse. Donc la Dvalue change avec la pression. Plus la Dvalue baisse avec une augmentation de la pression, plus le procédé est considéré comme puissant.
- **F value = une mesure (à une pression donnée) de la capacité à inactiver les bactéries en fonction de la température.**
- Mathématiquement, la Fvalue est exprimée par le taux de mortalité par minute en fonction de la température à une pression donnée.
- **Ce concept ne s'applique *de facto* qu'à la stérilisation à la vapeur et correspond à la puissance du stérilisateur.** (Une grosse marmite avec de gros tuyaux de vapeur fonctionne plus vite qu'une bouilloire à eau chaude)

# La pasteurisation et tyndallisation

- Vers 1860 **Louis Pasteur** démontre que **le chauffage** entre 50 et 60 °C **sans air** pendant environ 30 minutes **prévient la détérioration du vin pendant son transport**. Il démontre aussi que le pré-chauffage du mout avant l'inoculation par la levure prévient la contamination de la bière.
- La tyndallisation est **une série de chauffages brefs** à des températures de 70°C à intervalles réguliers (sur 3 jours à l'origine) , ceci **afin de laisser aux formes résistantes la possibilité de germer pour les tuer au chauffage suivant**. Pour exemple la destruction des pathogènes du lait se fait par un cycle de 63°C pendant 30 minutes suivie de 73°C pendant 15 minutes.

# La pasteurisation depuis

- En 1964 on démontre que l'usage de hautes températures pour de courtes périodes a moins d'effet délétère sur les matériaux sans réduire l'inactivation
- Cette technique ne détruit qu'une partie de la flore bactérienne. *Ce n'est en aucun cas une technique de stérilisation.*

# La Pasteurisation Today

- Méthodes physiques : chaleur (avec ou sans vapeur), ultraviolets, ultrasons, « Burst de pression », etc..
- Méthodes chimiques : peroxyde, ozone, plasma à froid etc..

Dans tout les cas, la présence d'eau sous la bonne forme, à la bonne quantité est essentielle à la réussite du procédé

# La réalité

- Les microbes n'ont pas tous la même sensibilité à la chaleur
- La quantité de matière à traiter varie d'une fois à l'autre
- Les systèmes diffèrent les uns des autres

Alors comment déterminer quelle quantité d'énergie il faut transférer pour tuer 90 % des microbes ?

# La décontamination thermique

- Des **couples énergie/durée** sont reconnus et considérés comme « acceptable » pour la décontamination thermique de la plupart des bactéries depuis plusieurs années  
(exemple 80 °C pendant 60 secondes: 93 °C pendant 10 minutes)
  - La pasteurisation est un exemple typique
- Comment détermine-t-on si la quantité d'énergie transférée par un décontaminateur thermique est suffisante?

# Le concept A

- C'est la quantité d'énergie qu'il faut pour tuer 90 % des bactéries
- La QUANTITÉ d'énergie est fonction du niveau d'énergie nécessaire (les degrés) multiplié par la durée

Exemple : -)une calorifère de 1500 watts à l'heure pendant 1 heure consomme 1500 watts -  
-)un système qui transfère 500 Btu à l'heure pendant 2 heures transfère 1000 Btu



# Concept du $A$

Pour une espèce de bactérie donnée

À 80° Celsius (eau plutôt très chaude)

$A$  est la durée en seconde pour réduire de 1 log (90 %) le nb de bactéries

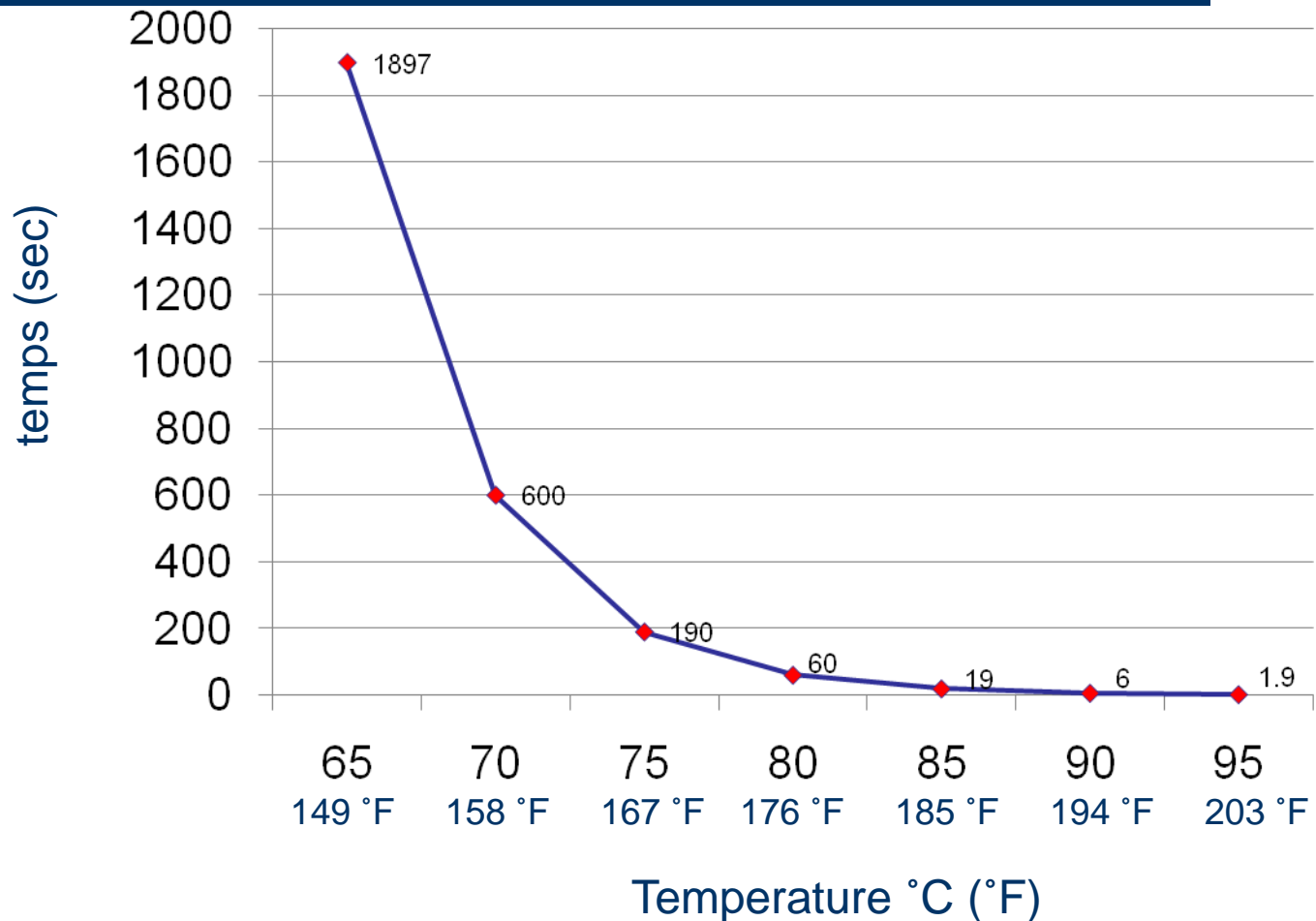
- Un  $A$  de 60 signifie qu'à 80 degré Celsius, il faut 60 secondes pour réduire d'un log

# Le concept $A_0$

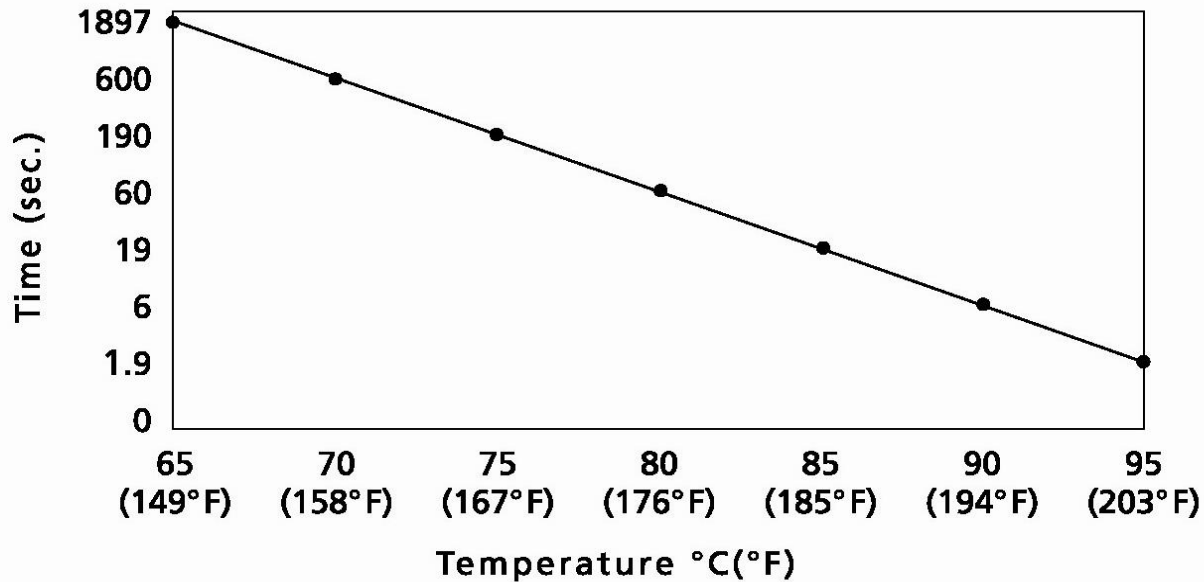
- Si «  $A$  » est défini comme la durée en secondes à 80 degrés Celsius,
- Le  $A_0$  est la **durée** équivalente à 80 °C pour tuer 90 % des bactéries par un procédé lorsque les micro-organismes possèdent une **Z value de 10 °C**
  - BUT: On fixe la température à 80°C et la Z value à 10  
(La z value augmente lorsque la résistance à la chaleur des micro-organismes augmente = on fait comme si tous les organismes avaient la même sensibilité)
  - RÉSULTAT: On définit le niveau de cuisson désiré

Rappel: La Z value est le nombre de degré pour changer 1 log

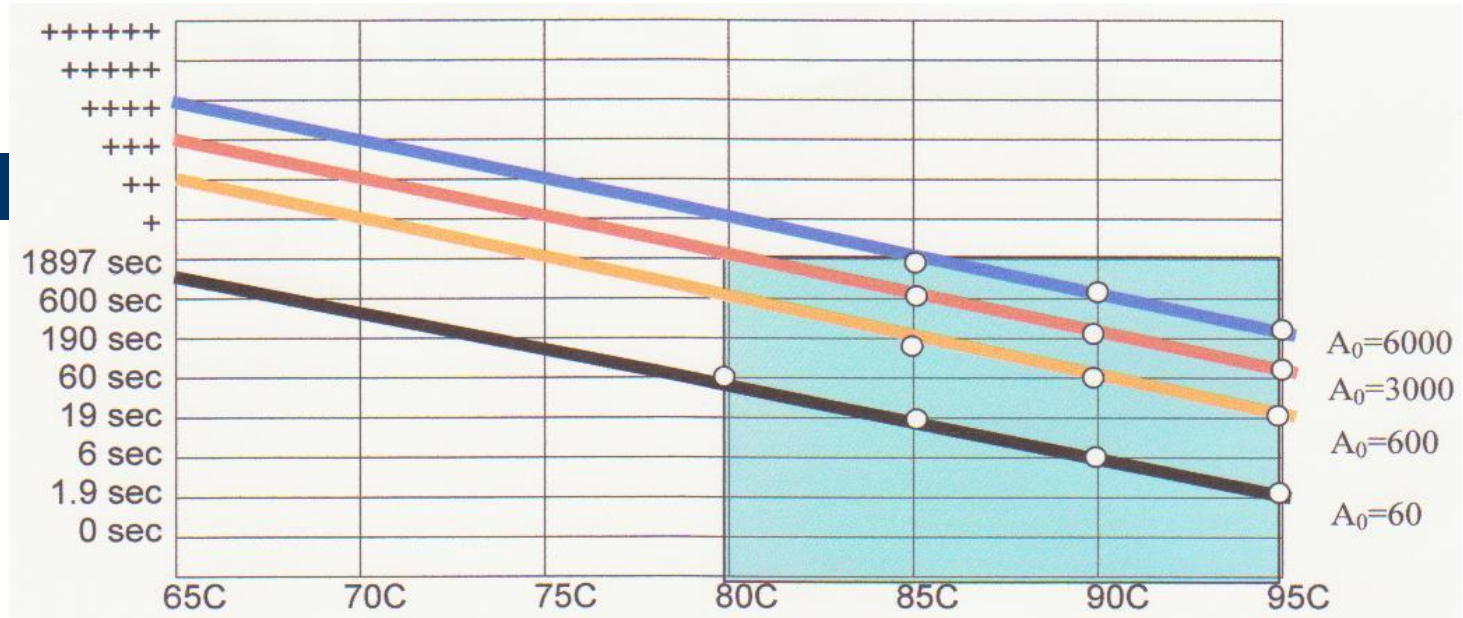
# Temps et température pour $A_0$ de 60



# Temps et température pour Ao de 60 (en linéaire)



## Ao et différents type bactéries



- **A0=60:**  
E. coli, C. difficile végétatif
- **A0=600:**  
MRSA, VRE
- **A0=3000:**  
Mycobactéries
- **A0=6000:** Spores, virus à capside tels Norwalk, Hépatite A,

**Section bleue:** indique les paramètres de programmation des désinfecteurs thermiques

# Corrélation temps et température

- Durée et température requise pour une désinfection  $A_0=60$ 
  - 1897 secondes (32 min) à 65°C (149°F)
  - 600 secondes (10 min) à 70°C (158°F)
  - 190 secondes (3 min) à 75°C (167°F)
  - 60 secondes (1 min) à 80°C (176°F)
  - 19 secondes à 85°C (185°F)
  - 6 secondes à 90°C (194°F)
  - 1.9 secondes à 95°C (203°F)

# Conclusion

- Le concept de **Ao** nous permet de standardiser les procédés de décontamination
- Le concept de Ao **permet d'ajouter** la résultante de différents mécanismes de réduction bactérienne dans un procédé (lavage, ultrasons, décontamination, séchage à chaud, UV)  
(ex.: stérilisation d'endoscopes)
- La décontamination thermique est probablement la méthode la plus **écologique** pour disposer des matières fécales infectieuses en bassines

# Petit Quizzzzzzz

Quelle est la différence entre de la vapeur à 100°C et de l'humidité à 100°C ?

Quelle est la différence entre de la

**Beaucoup d'énergie emmagasinée**

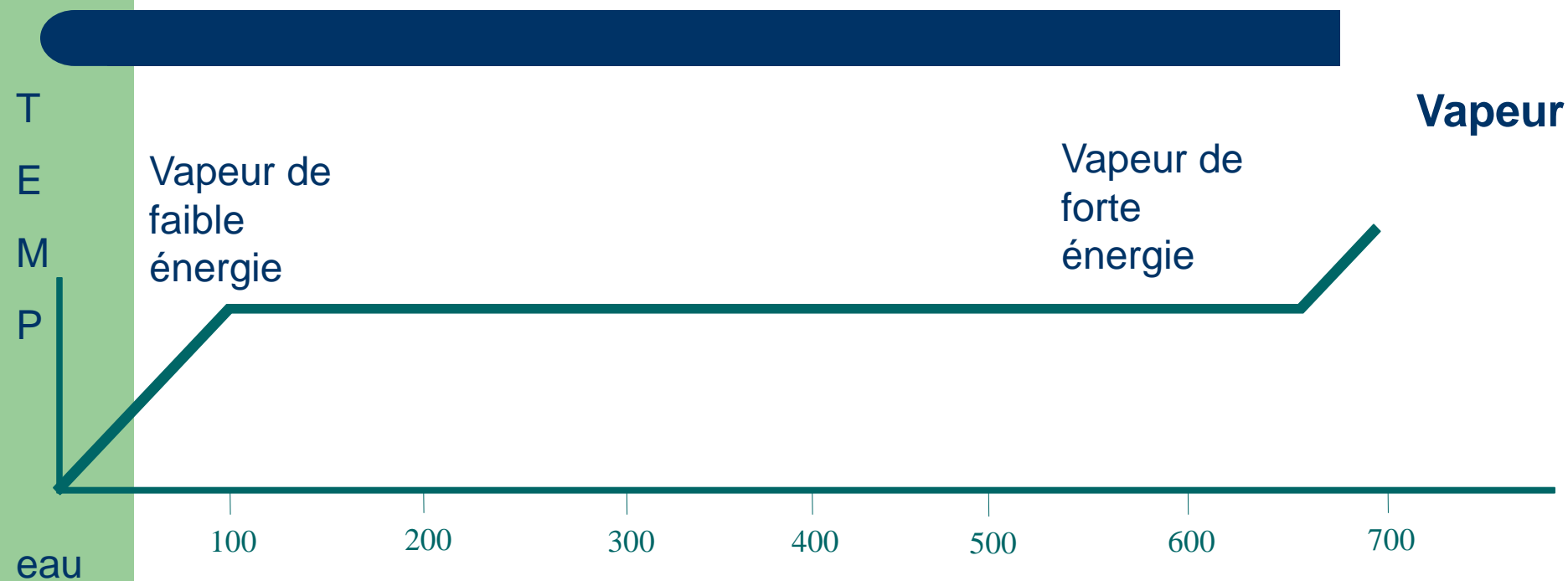
Peut-on avoir de l'eau sous une forme gazeuse à moins de 0°C ?

Peut-on avoir de l'eau qui n'est pas de la vapeur à plus de 100°C ?

**Oui, l'humidité**



**Il faut 538 calories pour convertir un mL d'eau à 100°C en vapeur à 100°C**



# L'humidité est-elle essentielle ?

L'humidité sert de **réservoir temporaire d'énergie**

et agit comme intermédiaire entre la vapeur et la matière organique pour **transférer** cette énergie et permettre la dénaturation des protéines (hydrolyse)

# Rôle de l'humidité

- Le « stérilant » transporte l'énergie (1kg = 540 kCal)
- L'humidité sert d'intermédiaire pour transférer l'énergie du stérilisant (la vapeur) vers la matière organique ou l'objet à stériliser
- Manque d'humidité = difficultés à transférer l'énergie (ex.: chaleur sèche via l'air qui est moins efficace)
- Surplus d'humidité = difficultés à transférer l'énergie, p.c.q. le réservoir temporaire est trop grand à remplir avant de transférer l'énergie (on chauffe l'humidité et l'eau absorbe l'énergie provenant du stérilisant)

# Pour faire la même chose à la Chaleur sèche (Purkins 1960)

- 170 °C (340 °F) : 60 minutes
- 160 °C (320 °F) : 120 minutes
- 150 °C (300 °F) : 150 minutes
- 140 °C (285 °F) : 180 minutes
- 121 °C (250 °F) : 12 à 14 heures

# Rappel : Pourquoi l'eau est essentielle ?

- L'eau favorise la germination des spores
  - Les cellules végétatives sont + sensibles que les spores
- **L'eau est la substance qui transfère l'énergie** (physique ou chimique) à la matière organique.
  - En général à l'état liquide pour les réactions chimiques
  - À l'état gazeux de basse énergie (humidité) pour les procédés physiques

Pcq

L'eau à l'état liquide et/ou à l'état vapeur (état gazeux de haute énergie), ne transfèrent pas bien l'énergie

# Optez pour une vapeur de qualité

- ☑ Vapeur saturée
  - ☑ 98% de vapeur, 2% d'humidité
- ☒ Vapeur sèche
  - ☒ Surchauffée (superheated)
- ☒ Vapeur mouillée
  - ☒ Sursaturée



# Merci

- Des questions?