



## Quelques réflexions sur la conduite de la cuisson : aspects microbiologiques et valeur pasteurisatrice

Leïla MEKHTICHE et Jean-Luc MARTIN (CTSCCV)

### RESUME

De nombreuses questions posées au CTSCCV au cours de ces derniers mois concernent la conduite de la cuisson, et en particulier l'utilisation de la valeur pasteurisatrice. C'est pourquoi il nous a semblé important de faire le point sur la signification de cette notion, de manière à bien en comprendre le potentiel, mais aussi les limites.

### 1. PREAMBULE : INTERETS ET LIMITES DE LA VALEUR PASTEURISATRICE

Rappelons dès maintenant l'**objectif de la cuisson** : le développement des caractéristiques sensorielles d'un produit. S'agrègent autour de cet objectif strict de cuisson des **objectifs "élargis"** :

- de sécurité,
- de durée de vie (aptitude à la conservation),
- de préservation de la valeur santé et de la qualité nutritionnelle,
- de maîtrise des impératifs technologiques (régularité, aptitude à la manipulation, au tranchage), et économiques (rendement de transformation, durée du processus, immobilisation des équipements, coûts énergétiques...).

La notion de **valeur pasteurisatrice** a été définie par assimilation à la notion de **valeur stérilisatrice**. Cette dernière, largement utilisée dans le secteur des **produits appertisés**, a pour objectif la sécurité et la stabilité des produits à température ambiante. Ceci impose

des niveaux de traitement thermique beaucoup plus élevés que ceux revendiqués par l'objectif de cuisson et donne par conséquent toute sa légitimité à un critère qui privilégie la thermodestruction des micro-organismes.

*NB : Il n'est donc pas question de **pasteurisation** au sens strict (terme qui ne s'applique, en toute rigueur, qu'aux produits liquides), contrairement à ce que fait parfois croire le terme de valeur pasteurisatrice.*

La **vocation de la valeur pasteurisatrice** est la définition du niveau d'inactivation d'un micro-organisme représentatif d'un objectif identifié.

On peut utiliser cette notion pour un objectif de **sécurité alimentaire**, si l'on prend en compte un germe pathogène (ex : *Listeria monocytogenes*).

Initialement, c'est toutefois un objectif de **durée de vie** qui est pris en compte, par rapport à la destruction d'*Enterococcus faecalis* (anciennement *Streptococcus faecalis*). C'est

sur cette base qu'est définie la notion de **valeur pasteurisatrice** au sens général, qui constitue le contenu de cette article.

Il faut d'entrée considérer qu'il s'agit d'une **approche simplificatrice** qui ignore l'amplitude de la variabilité consécutive, d'une part à la biodiversité des souches sauvages, et d'autre part à l'existence, sous certaines conditions technologiques du procédé :

- de mécanismes d'adaptation physiologique (stress bactérien),
- de modifications des constantes de thermo-résistance, par exemple en fonction du pH, de l' $a_w$ .

Cependant, après avoir choisi convenablement le **germe de référence** représentatif de l'objectif fixé, la valeur pasteurisatrice reste un critère essentiel pour le calcul du niveau d'activation donné par le traitement thermique. En effet, elle prend en compte toute température à cœur pour laquelle une **valeur létale** peut être observée (c'est-à-dire toute température à cœur supérieure ou égale à 55°C), et ce pour l'ensemble du traitement thermique (montée de température au cours du chauffage, mais aussi descente au cours du refroidissement).

Son utilisation est donc bien plus "puissante" que la seule prise en compte de la température à cœur maximale.

Considérant les paramètres restrictifs mentionnés précédemment, la valeur pasteurisatrice ne doit donc être prise qu'en tant qu'**indicateur performant du traitement thermique**. Sa détermination ne dédouane absolument pas le fabricant :

- d'une **maîtrise hygiénique** poussée de son processus (la valeur pasteurisatrice est maintenant intégrée dans le cadre de la mise en œuvre de la méthode HACCP),
- de **contrôles a posteriori** de la stabilité microbiologique et de la durée de vie de ses produits.

*L'approche qui suit est volontairement didactique et pédagogique afin de bien comprendre le mécanisme de réflexion à apporter à un traitement thermique. Elle est d'abord basée sur un objectif de durée de vie.*

## 2. METHODE D'UTILISATION DE LA VALEUR PASTEURISATRICE

La mise en œuvre globale de la méthode comporte 3 étapes successives :

1. choix du germe de référence,
2. fixation d'une valeur pasteurisatrice cible,
3. détermination de la valeur pasteurisatrice du traitement thermique.

### 2.1 CHOIX DU MICRO-ORGANISME DE REFERENCE

*Enterococcus faecalis* a été choisi comme **référence de la destruction obtenue au cours de la cuisson** car c'est le germe réputé le plus thermorésistant sous forme végétative (il est caractérisé par le plus long temps de réduction décimale, à une température  $x$  donnée :  $D_{x^\circ C}$ ).

#### Définition

$D_{x^\circ C}$  (temps de réduction décimale) : temps (en minutes) nécessaire à une température donnée pour diviser par 10 la population d'un micro-organisme donné.

70°C a été choisie par convention comme température de référence de la cuisson ( $T_{réf} = 70^\circ C$ ). A cette température le temps de réduction décimale d'*Enterococcus faecalis* est :  **$D_{70} = 2,95$  min, soit 3 min.**

A 70°C, il faut donc environ 3 min pour diviser par 10 la population d'*Enterococcus faecalis*.

Cette valeur est une moyenne, qui peut changer en fonction du pH et de l' $a_w$ .

Les valeurs de  **$D_{70}$**  rencontrées dans la littérature pour quelques germes pathogènes permettent de penser qu'une approche "durée de vie" doit également assurer l'objectif "sécurité alimentaire" :

- *Listeria monocytogenes* :  **$D_{70} = 0,3$  min** (jusqu'à 2 min.)
- *Salmonella* :  **$D_{70} = 0,01$  min**
- *Escherichia coli* :  **$D_{70} = 0,001$  min**

Pour une même durée de chauffage, la réduction du nombre de germes pathogènes doit être nettement supérieure à celle d'*Enterococcus faecalis*. Cependant, la **maîtrise des conditions de cuisson par rapport à *Enterococcus faecalis*** n'est pas forcément un facteur de **sécurité totale** parce que :

- il ne représente pas la flore la plus nombreuse et la plus gênante (mais on peut raisonnablement considérer que les germes moins thermorésistants que lui subissent une destruction encore plus poussée),
- la **présence de germes pathogènes** (ex. : *Salmonella*), même en faible nombre, suffit pour produire des toxines dangereuses,
- leur présence peut être liée à une **introduction lors du conditionnement final** (ex. : *Listeria*).

C'est pourquoi il est important de **dissocier sécurité alimentaire et durée de vie**.

**Une marge de sécurité suffisante doit donc être prise en compte lors de la définition des barèmes de chauffage et des valeurs pasteurisatrices cibles correspondantes.**

### 2.2 VALEUR PASTEURISATRICE CIBLE

Il n'existe pratiquement pas d'obligation réglementaire pour fixer le niveau de valeur pasteurisatrice cible. Certains règlements techniques (produits sous Label Rouge...) fixent, par contre, une **valeur pasteurisatrice**

**minimale** : dans ce cas, la valeur pasteurisatrice cible peut lui être supérieure, mais pas inférieure.

La valeur pasteurisatrice cible est donc fixée par le fabricant, pour un produit donné (formulation, caractéristiques géométriques, conditionnement...), traité dans des conditions déterminées (mode de chauffage...). A partir de là, elle peut être obtenue par différents barèmes (température, temps).

Différents moyens peuvent être mis en œuvre pour fixer cette valeur pasteurisatrice cible.

Suivant la démarche complète, dans l'absolu, il convient de déterminer le **taux de destruction cible (n)** :

#### Définition

Le **taux de destruction cible (n)** est le nombre de divisions par 10 de la population du micro-organisme de référence (*Enterococcus faecalis*) que l'on désire obtenir par le traitement thermique.

n est fonction de :

- la **contamination finale** (nombre de micro-organismes survivants à la cuisson :  $N_1$ ).

C'est le niveau de contamination maximal qui permet d'arriver à l'objectif fixé (stabilité microbiologique tout au long de la durée de vie annoncée...).

Pour une **contamination initiale** donnée, un **taux de destruction élevé** permet d'obtenir des produits plus stables, moins sensibles aux défauts de fabrication, pouvant être conservés plus longtemps. **Toutefois, une cuisson très poussée a un effet négatif** sur la qualité des produits.

- et de la **contamination initiale** (nombre de micro-organismes avant cuisson :  $N_0$ ).

Elle est fonction d'un certain nombre de paramètres, tels que la contamination initiale des matières premières, la contamination et le développement au cours du processus de fabrication : donc fortement influencée par la maîtrise de l'hygiène et du procédé avant cuisson.

La **taux de destruction cible** est donc la différence :  $n = \log(N_1) - \log(N_0)$ .

n doit être fixé pour un produit, un traitement, un mode et une durée de conservation donnés.

Une des limites de la valeur pasteurisatrice est mise en évidence ici : toute multiplication au cours de l'opération de cuisson (maintien des produits à une température inférieure à la température de début de destruction : 55°C) augmente le niveau de contamination initial réel. Non pris en compte, ce phénomène fausse le résultat final (valeur de  $N_1$  supérieure à l'objectif).

La **figure 1**, qui représente la cinétique d'évolution du nombre de micro-organismes survivants (en valeurs logarithmiques) en fonction du temps de chauffage, permet d'illustrer ce propos.

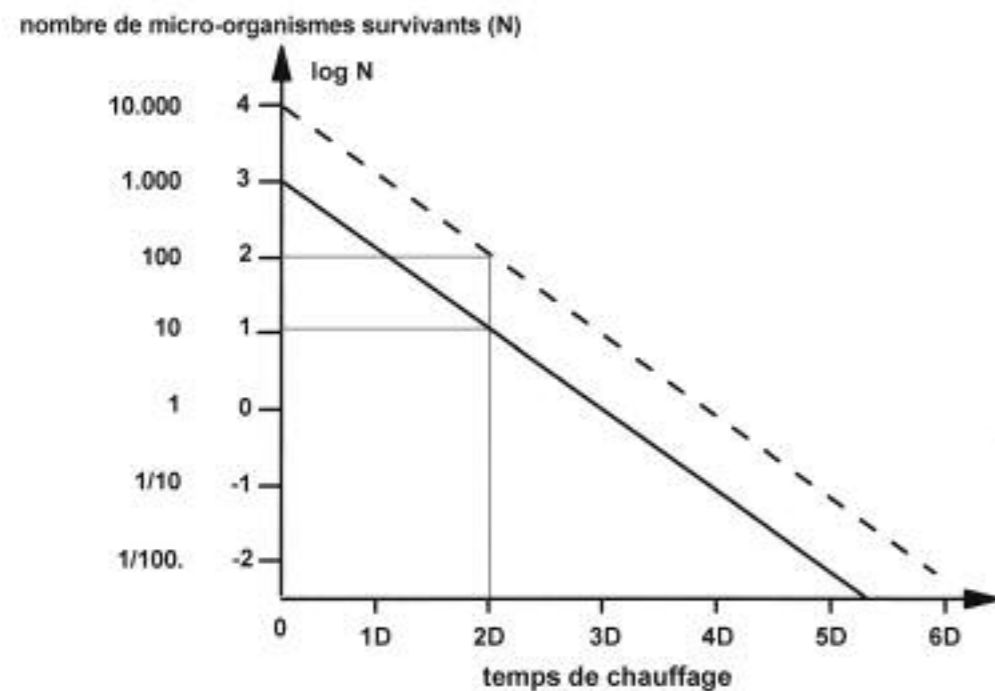


Figure 1. Evolution du nombre de micro-organismes survivants en fonction du temps de chauffage.

Ligne pleine : produit A, contamination initiale ( $N_0$ ) de 1.000 germes/g  
Ligne pointillée : produit B, contamination initiale ( $N_0$ ) de 10.000 germes/g

Pour obtenir le taux de destruction souhaité (par exemple  $n=5$ ), le temps de chauffage doit être égal à  $n.D$  ( $D$  étant le temps de réduction décimal du germe pris en compte).

Si le niveau de contamination initiale du produit correspond effectivement à cette valeur théorique, cet objectif sera effectivement atteint.

Un **éventuel écart** avec la contamination réelle du produit (produit B) se **retrouve sur le produit fini** : pour un même taux de destruction la contamination de B restera de toute façon 10 fois supérieure à celle de A.

De telles différences peuvent être liées également à des développements microbiens avant que la température létale minimale (55°C) ait été atteinte : par exemple, pour le jambon cuit, au cours du temps d'attente après moulage, de la maturation ou lors de la montée lente en température.

Les caractéristiques technologiques (fragmentation...) doivent également être prises en compte. Ainsi, les produits hachés (pâtés, saucisses) présentent des risques de contamination initiale plus importants que les pièces (jambons). La valeur pasteurisatrice minimale pour les produits hachés doit donc, a priori, être plus élevée.

Par ailleurs, il est à noter que les valeurs  $D$  et  $z$  d'un germe (donc sa thermorésistance) peuvent être influencées par différents facteurs tels que :

- pH et  $a_w$  du produit,
- composition du produit (ex : effet protecteur des lipides),
- vitesse de montée en température et de refroidissement.

D'autre part, le temps de chauffage nécessaire ( $n.D$ ) peut également être allongé par une augmentation de la thermorésistance (essentiellement par le phénomène de stress bactérien lié à une montée en température lente). La valeur de  $D$  réelle est alors plus élevée que la valeur théorique.

Par exemple, la valeur de  $D$  à 60°C pour *Listeria monocytogenes*, égale à 1,82 minutes pour la souche "normale" (généralement rencontrée dans les matières premières) s'élève à 3,48 minutes pour la souche "stressée" (ayant subi un chauffage préalable à 42°C, symbolisant la forme rencontrée dans les pièces type jambon cuit).

**La détermination du taux de réduction décimal (n) permet de fixer la valeur pasteurisatrice cible  $P_0$  à laquelle doit aboutir le traitement thermique.** Cette valeur est calculée par la formule :

$$P_0 = n.D_{70}$$

La valeur pasteurisatrice est basée sur des valeurs  $n$  et  $D_{70}$  correspondant à *Enterococcus faecalis* :  $P_0 = 3.n$

Généralement, la valeur réelle de  $n$  n'est pas connue (analyses avant cuisson peu et surtout pas systématiquement pratiquées, difficultés à appréhender la valeur de  $N_1$  par rapport à une durée de vie donnée). C'est pourquoi la valeur pasteurisatrice cible est bien souvent fixée de façon plus ou moins empirique.

Le **tableau I** indique quelques valeurs cibles souvent données à titre de repères, pour différents produits.

Type de produit	P cible (min)	Observations
jambons cuits entiers	40 min minimum	plus généralement : 60 à 80 min
jambons cuits pré-tranchés, préemballés	> 80 min	
produits fragmentés	> 100 min	suitant le produit (1)

**Tableau I. Valeurs pasteurisatrices cibles pour différents produits.**

(1) Ces indications peuvent être démenties en pratique :

- si les pâtés ont des valeurs pasteurisatrices de 500 à 5.000 min., et les andouillettes largement au-delà, ce n'est pas pour la destruction microbologique, mais à cause de la cuisson *stricto sensu*,
- les saucisses à pâte fine ont du mal à dépasser 20 à 30 minutes.

D'autre part, il est impossible de fixer une valeur pasteurisatrice pour certains produits, pour lesquels la cuisson ne représente pas l'opération finale du processus et est réalisée sur des matières en "vrac", et pas sous leur forme finale (rillettes, pâtés de tête...).

Le fabricant doit donc se fixer une valeur pasteurisatrice cible, la contrôler le plus régulièrement possible (cf. 2.3), et vérifier ensuite sa validité par contrôle de stabilité du produit fini et validation de D.L.C.

### 2.3 CONTROLE DE LA VALEUR PASTEURISATRICE DU TRAITEMENT

Le calcul de la valeur pasteurisatrice est effectué à partir de l'évolution de la **température à**

**cœur (T<sub>c</sub>)** lors de la montée en température, de 55°C lors du chauffage, jusqu'au retour à 55°C lors du refroidissement.

Il prend donc indirectement en compte les paramètres suivants :

- la composition et la dimension du produit,
- le mode de chauffage, de refroidissement,
- le type d'emballage ou de moule, qui influencent l'évolution globale de la température à l'intérieur de la masse.

D'un lot à l'autre, dans des conditions identiques ou très similaires (et contrôlées), une même valeur pasteurisatrice doit garantir une durée de vie identique. Cette garantie reste toutefois conditionnée au fait que la contamination initiale ne varie pas exagérément et que le traitement du produit après cuisson reste correct (produit "propre" après reconditionnement, maintien de la chaîne du froid...).

La notion de **valeur pasteurisatrice instantanée (P<sub>i</sub>)** permet de rapporter à la température de référence (T<sub>70°C</sub>) les effets pasteurisateurs obtenus par les différentes températures à cœur successives.

Elle est calculée à l'aide de la constante z, caractéristique du germe de référence.

#### Définition

**z** : augmentation ou diminution de température permettant respectivement de diviser ou de multiplier la valeur de **D** par 10.

Pour *Enterococcus faecalis*, z = 10°C. La valeur de D étant égale à 3 minutes à 70°C, elle devient, par exemple :

- 30 minutes à 60°C (il faut 30 minutes pour une réduction décimale d'*Enterococcus faecalis*, à cette température),
- 0,3 minute à 80°C (il faut alors seulement 0,3 minutes).

#### Définition

La **valeur pasteurisatrice instantanée (P<sub>i</sub>)** (ou **valeur létale unitaire**) est le temps, en minutes, de maintien d'une température donnée, nécessaire pour obtenir le même taux de destruction de la population d'*Enterococcus faecalis* qu'en 1 minute à la température de référence (70°C).

$$P_i^{10}_{70} = 10^{(T-70)/10}$$

Le cumul de l'ensemble des valeurs pasteurisatrices instantanées (P<sub>i</sub>) pour l'ensemble de la période de traitement thermique où elles sont significativement mesurables (T<sub>c</sub> > 55°C)

donne la **valeur pasteurisatrice totale** :

$$P = \sum t \cdot 10^{(T-70)/10} = \sum t \cdot P_i^{10}_{70}$$

t est l'intervalle de mesure (**exprimé en minute**) de la température à cœur. Il peut être inférieur à la minute dans les systèmes de calcul en continu (ex : 30 secondes, soit 0,5 min.). On peut, à la rigueur, accepter une valeur supérieure (5 minutes par exemple) dans les pièces comme le jambon (compte tenu des dimensions, la température à cœur évolue assez lentement), dans le cas d'un suivi manuel.

Généralement, l'intervalle de mesure t est de 1 minute : il suffit alors de cumuler les valeurs pasteurisatrices instantanées pour connaître la valeur pasteurisatrice totale.

Comme chaque température à cœur (supérieure à 55°C) a un effet au niveau de la destruction des micro-organismes présents dans le produit, **il faut tenir compte non seulement du chauffage mais aussi du refroidissement.**

*NB : La formule de calcul générale*

$(P_i^{z T_{ref}} = \sum t \cdot 10^{(T-T_{ref})/z})$  permet de calculer des valeurs caractéristiques de certains germes, en prenant en compte la valeur de z correspondante, voire même une température de référence autre que 70°C.

Ex. : T<sub>réf</sub> = 60°C et z = 3,48 min. pour la souche de *Listeria "stressée"* mentionnée précédemment.

Toutefois, les valeurs obtenues ne peuvent en aucun cas être comparées à des valeurs pasteurisatrices "conventionnelles" (P<sup>10</sup><sub>70</sub>), ni à toute autre valeur calculée avec des valeurs T<sub>réf</sub> et z différentes.

Pour que l'objectif du traitement soit atteint, il faut que la valeur **P** calculée soit **au moins égale** à la valeur pasteurisatrice cible **P<sub>0</sub>**.

En résumé, le principe général de **calcul de la valeur pasteurisatrice** est le suivant :

- 1. mesure** de la température à cœur ( $T_c$ ) à partir de 55°C lors de la phase de montée (chauffage) et jusqu'à 55°C lors de la phase de descente (refroidissement) avec un intervalle de temps constant (t) entre deux mesures.
- 2. calcul** de la valeur pasteurisatrice instantanée ( $P_i$ ) correspondant à  $T_c$ .

- 3. calcul** (si  $t \neq 1$  min.), de  $t.P_i$ .
- 4. cumul** de l'ensemble des valeurs  $t.P_i$  ( $P_i$  si  $t = 1$  min.), qui donne la valeur pasteurisatrice totale (P) du traitement thermique.

*NB : On conçoit aisément que ce type de calcul est bien plus facile, fiable et répétable lorsqu'il est effectué à l'aide d'un appareil spécifique.*

t (min)	T (°C)	P <sub>i</sub> (min)	P (min)
1	55,0	0,03	0,03
2	55,0	0,03	0,06
3	55,1	0,03	0,09
⋮			
309	66,4	0,44	68,39
310	66,4	0,44	68,83
311	66,3 (début de la chute de température à cœur)	0,43	69,26
⋮			
423	55,3	0,03	91,08
424	55,2	0,03	91,11
425	55,0	0,03	91,14

Tableau II. Exemple de calcul pour un jambon de 6 kg : données prises toutes les minutes (t = 1 min).

Dans le cas où le contrôle est effectué sur plusieurs produits d'une même cuisson, la valeur pasteurisatrice caractéristique du traitement thermique ne correspond, en aucun cas, à la moyenne des différentes valeurs calculées. C'est la valeur la plus faible qui est prise en compte.

**CONCLUSION**

Compte tenu de l'ensemble des notions énoncées dans cet article, l'optimisation d'une cuisson exige une étude complète et précise, qui ne peut être faite qu'en fonction des caractéristiques du produit (contamination initiale et finale, composition, dimension, forme,...) et des spécificités de l'entreprise (mode et équipement de cuisson).

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**Durand P. et coll.** (1999) Technologies des produits de charcuterie et des salaisons. Editions TEC et DOC. Collection sciences et techniques agro-alimentaires ; 530 pages.

**Martin J.L.** (1996) Valeur pasteurisatrice des produits de charcuterie. *Bulletin de liaison du CTSCCV*, vol. 6, n° 4, p. 244-247.

**Martin J.L.** (1984) Conduite des cuissons à l'aide des valeurs pasteurisatrice et cuisatrice. *Viandes et Produits Carnés*, 5, p. 62-63 et p. 107-108.

**Reichert J.E.** (1979) Détermination de l'effet de chauffage sur jambon cuit. *Die Fleischerei*, vol. 8, p. 624-634

*Le CTSCCV possède un logiciel adapté modélisant les transferts thermiques et permettant de simuler des traitements thermiques de produits de charcuterie, afin de faire une première approche du niveau de la valeur pasteurisatrice de vos cuissons.*

*Suite à l'étude des résultats, des conseils spécifiques pourront vous être apportés.*

Pour de plus amples renseignements vous pouvez nous contacter :

Leïla MEKHTICHE ou Jean-Luc MARTIN  
Service Technologie - Environnement

Tél. 01 43 68 57 85 - Fax 01 43 76 07 20  
E-mail : mekhtiche@vet-alfort.fr  
jl.martin@vet-alfort.fr