



CONSERVE DE FRUITS ET LÉGUMES : PASTEURISATION ET STÉRILISATION

AUTEUR

François Michels & Geoffroy Anciaux
Pôle Technologique de Conservation Alimentaire de DiversiFERM

VERSION 1

Décembre 2024

Qu'est-ce qu'une
consERVE?

Quel est le rôle du pH?

Quel est le barème
à appliquer ?

Quelle différence
entre pasteurisation et
stérilisation ?



Pour plus d'informations sur le contenu de cette
fiche, pour un accompagnement ou une formation sur
le sujet: info@diversiferm.be ou 081/62.23.17

Partenaires du projet **TRÈFLE**



Ensemble pour un système alimentaire durable



1. Avant tout, qu'est-ce qu'une conserve appertisée ?

La **conserve** est obtenue grâce au procédé d'appertisation. L'**appertisation** est une méthode de conservation des aliments, qui consiste à les mettre dans un récipient étanche aux gaz et aux liquides, et d'y appliquer un traitement thermique en vue d'une stabilité à température ambiante.

Une conserve est considérée comme stable si on parvient à y maîtriser les micro-organismes :

- « **d'altération** », qui dégradent l'aliment d'un point de vue organoleptique (fermentation, moisissures, etc) mais qui ne présentent pas de risque pour la santé humaine. Ils représentent donc un risque uniquement commercial.
- « **pathogènes** », dont certains produisent des toxines et qui sont donc néfastes à la santé humaine. Ils représentent donc un risque sanitaire.

Pour garantir la stabilité de la conserve, on cherche à détruire suffisamment de microorganismes d'altération et pathogènes. Cette destruction peut s'opérer en maintenant une température donnée sur une période de temps définie. Ce couple temps-température est appelé « barème ».

Les microorganismes se développent en général entre 10 et 65°C. Le barème pour les détruire doit donc être supérieur à 65°C. Le **barème de pasteurisation**, qui consiste à chauffer un certain temps **entre 65 et 100°C** en général, permet de détruire les formes végétatives « fragiles » des microorganismes.

Cependant, certains microorganismes renforcent leurs cellules pour les rendre plus résilientes à l'environnement. Ces cellules végétatives « fragiles » deviennent alors des cellules « résistantes » appelées spores, qui survivent à un barème de pasteurisation. Pour détruire les spores, **un barème de stérilisation, supérieur à 100°C**, s'avère nécessaire.

2. Quel produit doit être pasteurisé ou stérilisé ?

La bactérie pathogène la plus résistante aux traitements thermiques est le ***Clostridium botulinum***, car elle sporule. Les conditions idéales pour son développement sont une température entre 20 et 40°C et une absence d'oxygène, elle produit alors la **toxine botulique**. La toxine botulique est considérée comme l'un des poisons les plus puissants à l'état naturel : à peu près 500 000 fois plus puissant que le cyanure. En outre, la toxine est incolore et inodore, ce qui rend sa détection très difficile dans les aliments.

La toxine botulique est éliminée par la chaleur : quelques minutes à 100°C suffisent. Cependant, à cette température, les spores de *Clostridium botulinum* survivent. Celles-ci sont donc capables, après un retour à température ambiante dans la conserve refroidie, de redevenir des cellules végétatives pouvant libérer à nouveau la toxine dans le produit fini.

Le barème de stérilisation d'un produit doit donc permettre de **détruire suffisamment les spores de *Clostridium botulinum***. Toutefois, ce microorganisme ne se développe pas un pH inférieur à 4.5.

« En général, on considère donc que les aliments destinés aux conserves à température ambiante avec un pH supérieur à 4.5 doivent être stérilisés (> 100°C) et que les aliments avec un pH inférieur à 4.5 doivent être pasteurisés (< 100°C) »

3. Comment connaître le pH de mon produit ?

Le pH, ou potentiel hydrogène, permet de mesurer **à quel point un aliment est acide ou basique**. Le pH mesurable le plus acide est de 1 et le plus basique est de 14. Au milieu de l'échelle, il y a l'eau dont le pH est de 7. **Au plus un aliment est acide, au plus son pH est bas, au moins il présente de chance d'avoir des développements de microorganismes.**

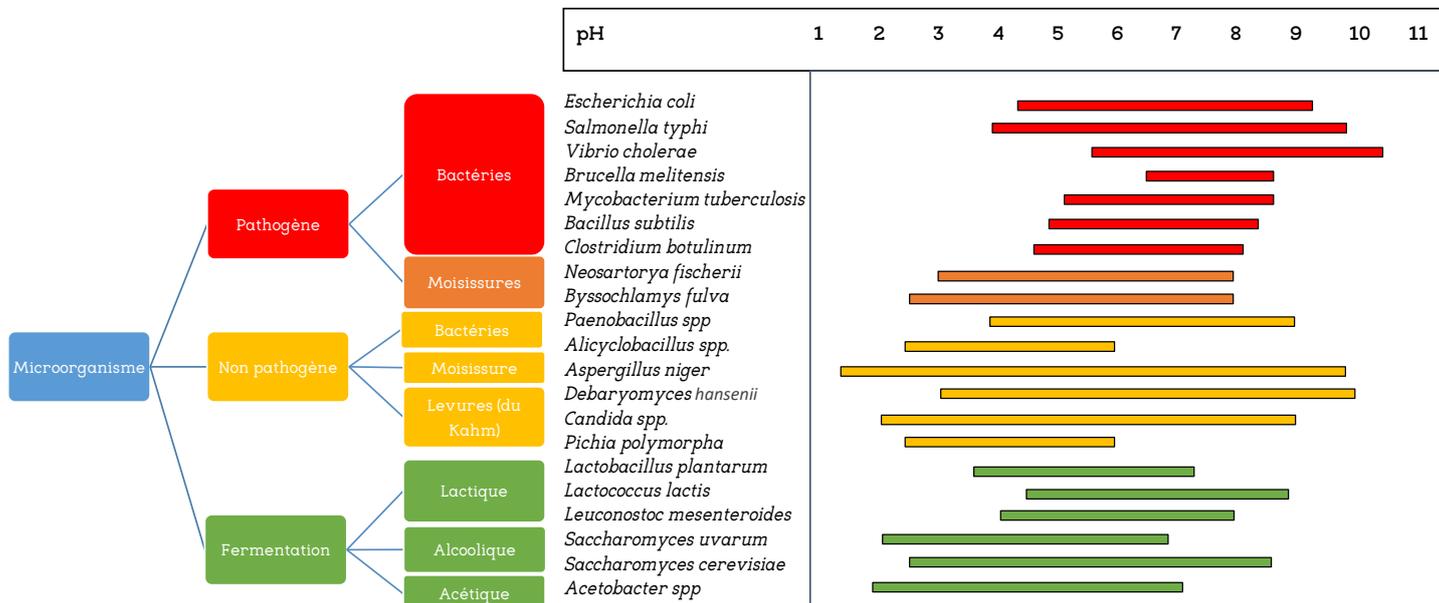


FIGURE 1. Ph de développement des microorganismes retrouvés dans les fruits et légumes

Les fruits et légumes sont tous acides, inférieur à un pH de 7. On distingue :

TYPE D'ALIMENT	PH	ALIMENT CONCERNÉ	MICROORGANISME À MAITRISER	BARÈME DE CONSERVE
ALIMENTS PEU ACIDES	4.5 à 7	Légumes et champignons	Bactérie pathogène sporulée (<i>Clostridium botulinum</i>)	Stérilisation (> 100°C)
ALIMENTS ACIDES	3.7 à 4.5	Majorité des fruits	Bactérie pathogène non-sporulée	Pasteurisation (< 100°C)
ALIMENTS TRÈS ACIDES	< 3.7	Certains fruits acides (agrumes, pomme)	Microorganisme d'altération	Pasteurisation (< 100°C)

Le pH peut être déterminé au moyen d'un pH-mètre.



FIGURE 2. Mesure du pH d'une tomate

Attention à ne pas confondre les barèmes de pasteurisation et de stérilisation, qui correspondent à la température de l'enceinte de chauffe, avec la température qu'il est nécessaire d'atteindre à cœur du produit. Notez sur le schéma ci-dessous l'effet de l'inertie thermique dont il faut tenir compte. Cette inertie thermique varie en fonction de nombreux paramètres tels que la texture du produit, la taille ou la forme du contenant, la température initiale du produit, etc.

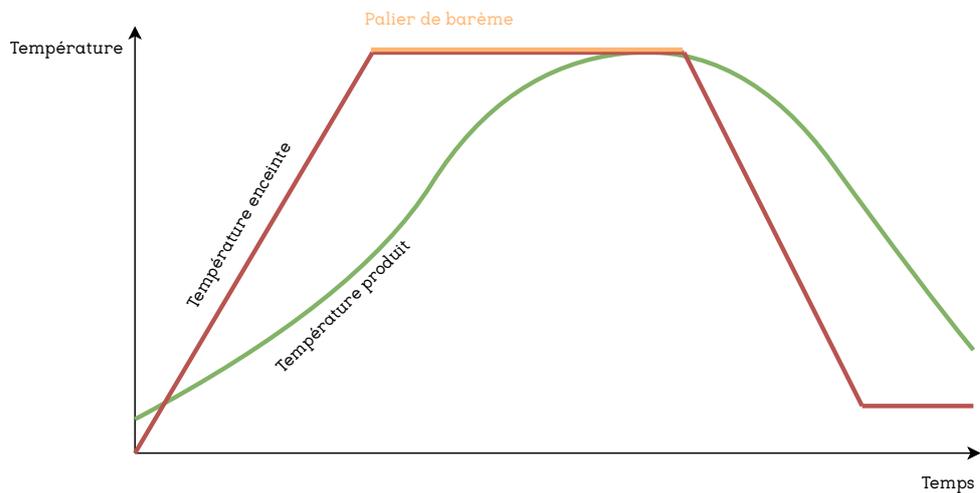


FIGURE 3.
Courbe théorique de la montée en température de l'enceinte et du produit.

Dans la suite de la fiche, **nous faisons référence aux températures à cœur des produits.**

4. Quelle température à coeur pour stériliser un aliment (pH > 4.5) ?

L'efficacité d'un traitement thermique est définie par **le temps qu'il faut à une certaine température pour diviser par 10 la population de microorganisme de départ**. Ce temps, défini pour une température donnée, est le **temps de réduction décimal D** et s'exprime en minutes.

Par convention, on admet éliminer le risque lié aux spores de *Clostridium botulinum* si on diminue 12 fois la population d'un facteur 10 (10^{12} fois) la population de spores de départ, ce qui revient à appliquer 12 fois le temps D (12D). A 121°C, température de référence de la stérilisation, il faut environ 0.25 min pour diviser par 10 la population de *Clostridium botulinum*. Pour stabiliser l'aliment, il faut donc prolonger ce temps 12 fois, soit 3 min (12 fois 0.25 min) à 121°C. Notons que cette température de 121°C doit être atteinte à coeur du produit pendant 3 min pour que le traitement thermique soit suffisant. **Le couple 3 min à 121°C est appelé « valeur stérilisatrice » (VS).**

Il est possible d'obtenir un résultat équivalent en termes d'intensité du traitement thermique en chauffant moins haut en température mais plus longtemps, afin de moins dégrader le produit d'un point de vue organoleptique et nutritionnel. Pour calculer cette équivalence, on utilise le **facteur d'inactivation thermique Z**, exprimé en degrés Celsius : Z correspond à la **diminution de température pour stériliser 10 fois moins vite et inversement**. Z et D sont définis expérimentalement pour chaque microorganisme.

Pour détruire 10 fois plus vite *Clostridium botulinum*, il faut chauffer 10°C plus haut et inversement. Z vaut donc dans ce cas-ci 10°C. Pour limiter l'impact du traitement thermique sur la qualité organoleptique du produit tout en garantissant l'élimination de *C. botulinum*, il est donc possible non pas de viser 3 min à 121°C mais par exemple 30 min à 111°C ou 300 min à 101°C. Inversement, pour le lait UHT par exemple, une température de 140°C est appliquée pendant quelques secondes.

Inactivation thermique de *Clostridium botulinum*

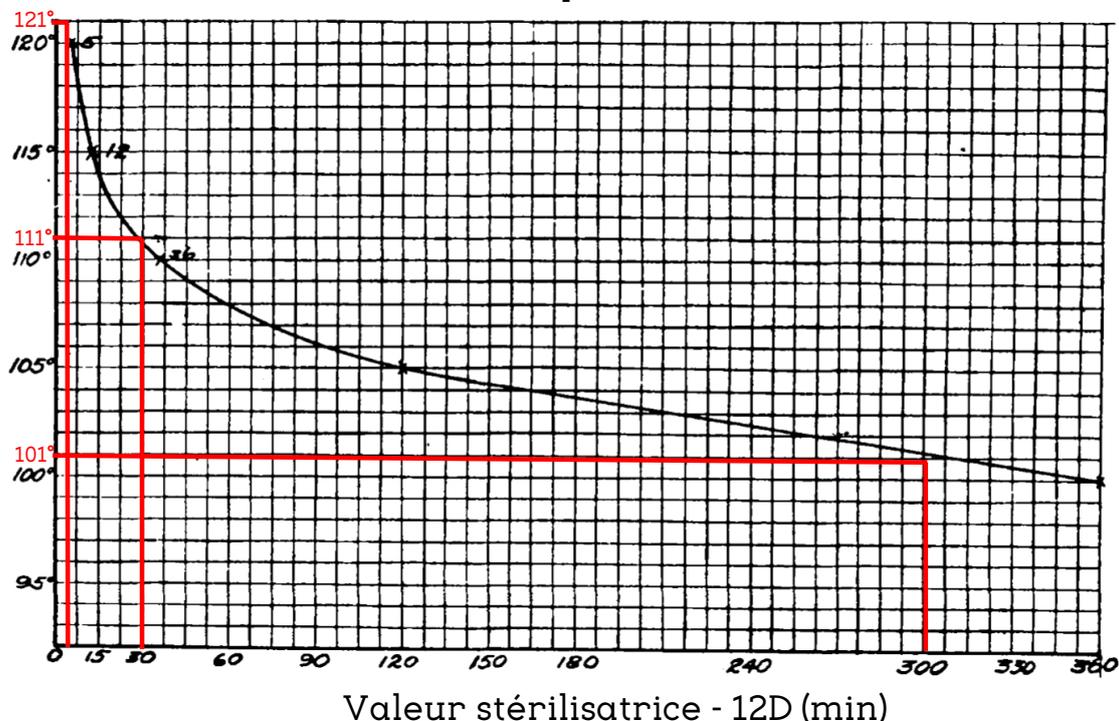


FIGURE 4. Valeurs stérilisatrices équivalentes à la valeur cible de 3 min à 121°C

Pour trouver le temps de stérilisation équivalent pour toute température, on emploie la formule :

$$t = t_{ref} \times 10^{\frac{T_{ref}^{\circ} - T^{\circ}}{Z}}$$

Avec :

- t : Temps de stérilisation équivalent (min)
- t_{ref} : Temps de référence
3 min pour *C. botulinum*
- T_{ref}° : Température de référence
- 121°C pour *C. botulinum*
- Z : Facteur d'inactivation thermique
- 10°C pour *C. botulinum*
- T° : Température voulue

Pour décider de la température voulue, il convient de considérer l'impact thermique sur la qualité des fruits et légumes en termes de pigments, vitamines et enzymes.

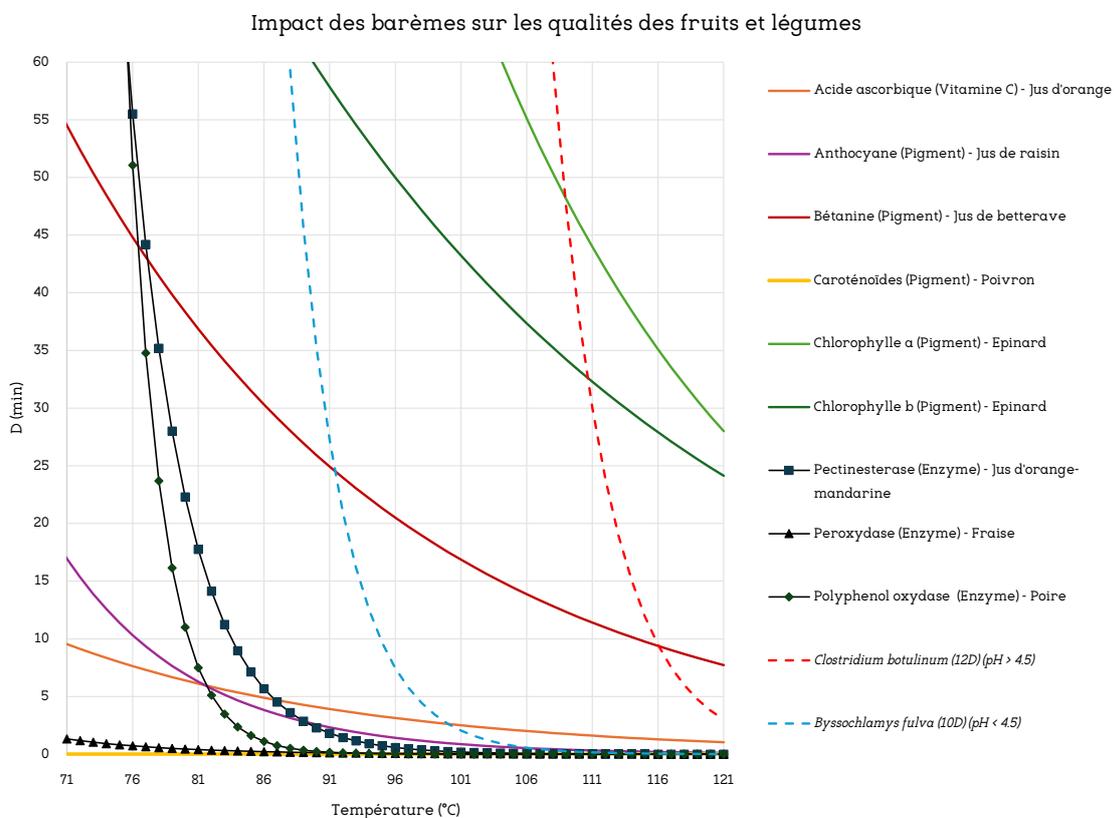


FIGURE 5.
Temps de réduction (destruction) décimal des constituants des fruits et légumes par rapport aux températures de pasteurisation (courbe bleu ciel à tirets) et de stérilisation (courbe rouge à tirets)

En effet, les pigments n'ont pas la même thermorésistance : par exemple, la chlorophylle verte des légumes est beaucoup plus résistante que la bétanine violette des betteraves. Un critère de choix de la température peut être celui d'être inférieur à la valeur de D du composé à préserver. De cette façon, le traitement thermique détruira au maximum 90% du pigment. Ainsi, dans le cas d'une soupe aux épinards où l'on souhaite conserver au mieux la couleur verte, le traitement thermique pourrait être effectué à 109°C, ce qui correspond à un temps de stérilisation équivalent de 47,5 min. Cependant, pour une tartinade de betterave, la température voulue peut être de 116°C, avec un temps de stérilisation équivalent de 9,5 min.

5. Quelle température à coeur pour pasteuriser un aliment (pH < 4.5) ?

Pour les aliments acides (pH < 4.5) et très acides (pH < 3.7), les microorganismes de référence sont différents que celui choisi pour la stérilisation, car ils sont moins thermorésistants que *Clostridium botulinum* et nécessitent donc un traitement thermique plus faible pour être éliminés, inférieur à 100°C. Par convention, il est admis que dans le cas de la pasteurisation, 10 réductions décimales de la population du microorganisme de référence (10D) suffisent pour éliminer le risque de ce dit microorganisme. **Ce temps pour effectuer 10 réductions** à une température de référence est appelé « **valeur pasteurisatrice** » (VP). Pour choisir le microorganisme à détruire, il est possible de comparer les valeurs 10D à 80°C, température classique de pasteurisation.

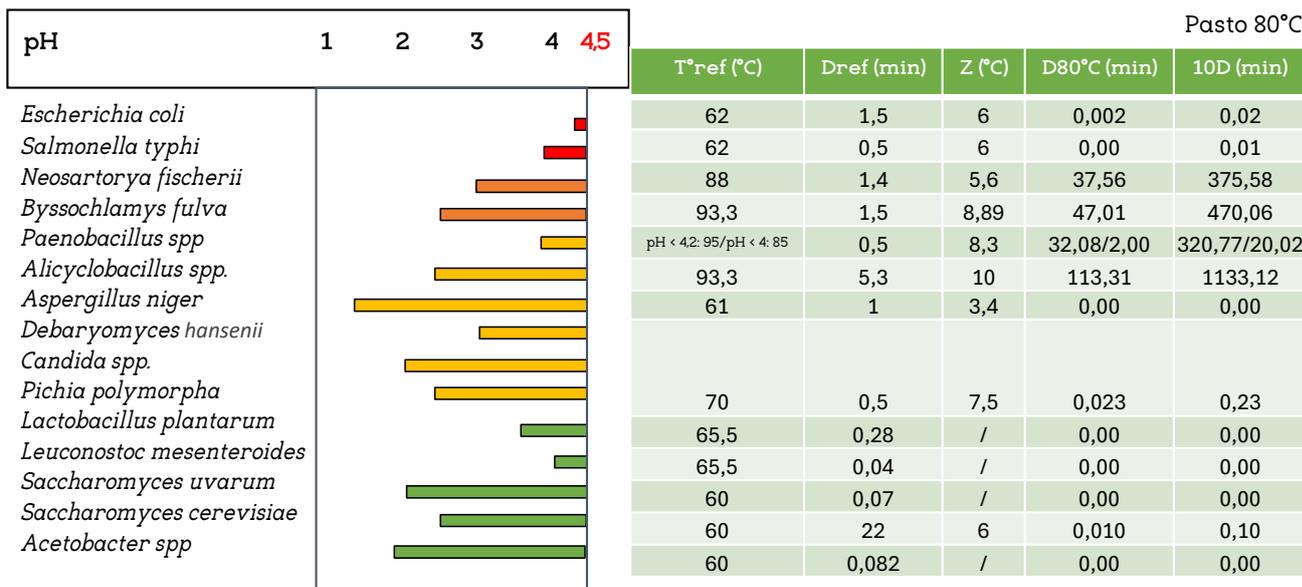


FIGURE 6. Microorganismes capables de se développer à un pH inférieur à 4.5 et leur thermorésistance.

Pour les aliments acides (3.7 < pH < 4.5), deux microorganismes de référence sont souvent repris : *Neosartorya fischeri* et *Byssoschlamys fulva*. *Neosartorya fischeri* est un champignon impliqué dans les aspergilloses humaines en hôpital, en théorie capable de se développer dans les aliments. Il a une valeur 10D de 376 min à 80°C, ce qui signifie qu'il faut en théorie plus de 6h à 80°C pour le détruire suffisamment pour maîtriser le risque. *Byssoschlamys fulva* est un autre champignon retrouvé dans les fruits et légumes, capable de produire en théorie des toxines mais qui présente surtout un risque commercial (produit filamenteux, dégagements d'odeur). Celui-ci a un 10D80°C de 470 min, ce qui est supérieur à *N. fischeri*. En plus, ce dernier n'a jusqu'à présent jamais été identifié comme responsable lors de cas d'intoxications alimentaires. Pour ces raisons, *Byssoschlamys fulva* est le microorganisme de référence pour la pasteurisation des aliments acides (pH < 4.5). Notons que la valeur pasteurisatrice visant *B. fulva* est largement suffisant pour éliminer des bactéries pathogènes comme la Salmonelle ou *E. coli*, encore présentes à ces niveaux de pH. **La VP de *Byssoschlamys fulva* est de 15 min à 93,3°C (Z = 8,89°C).**

A pH < 4.2, *E. coli* ne se développe plus et *B. fulva* est moins actif et ne présente plus de risque majeur : les bactéries butyriques (*Paenobacillus spp.*) deviennent donc les références. Ces bactéries ne présentent pas de risque sanitaire mais ont une thermorésistance plus élevée que la Salmonelle, seule bactérie pathogène encore capable de grandir à ce niveau d'acidité. Le seul risque des bactéries butyriques est commercial : elles donnent de mauvaises odeurs aux aliments en fermentant. **La VP de *Paenobacillus spp* est de 5 min à 95°C (Z = 8,3°C).**

A pH < 4.0, la thermorésistance de *Paenobacillus spp* diminue. **Sa VP passe ainsi à 5 min à 85°C (Z = 8,3°C).**

Pour les aliments très acides (pH < 3.7), plus aucune bactérie ni champignon pathogène ne pousse : le risque résiduel est donc commercial uniquement. Les **microorganismes végétatifs d'altération** (levures du Kham et autres) deviennent donc la référence. **Leur VP est de 5 min à 70°C (Z = 7.5°C).**

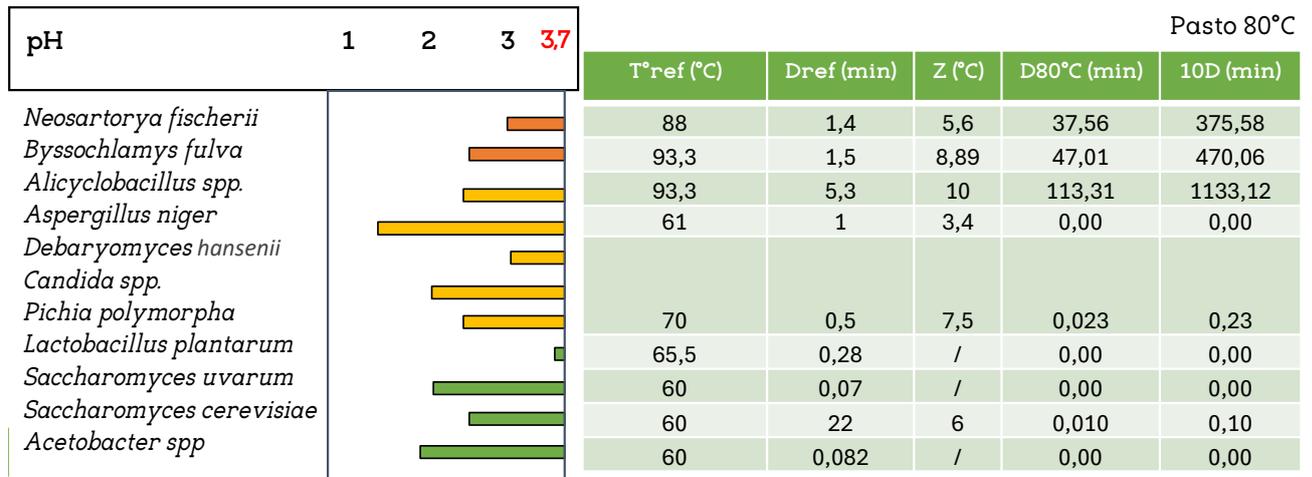


FIGURE 7. Microorganismes capables de se développer à un pH inférieur à 3.7 et leur thermorésistance.

Il est possible de transposer les valeurs de pasteurisation avec la même formule que celle présentée pour la stérilisation précédemment. On en déduit un **graphe des équivalences de traitements thermiques** pour différentes valeurs de pH.

Graphe des équivalences de traitement thermique

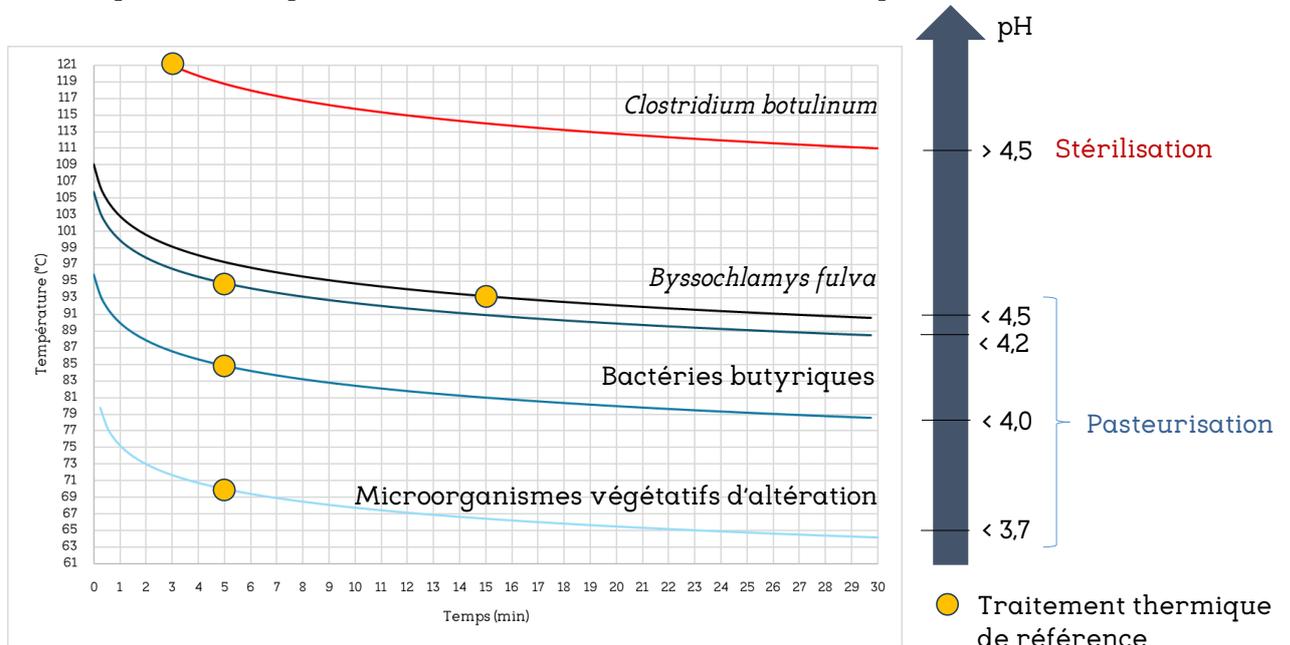


FIGURE 8. Graphe équivalences de traitements thermiques en fonction du pH de l'aliment.

Pour connaître le traitement thermique adapté à votre produit, DiversiFERM a développé un **outil en ligne** qui vous le précise, en fonction du pH de l'aliment. L'outil calcule aussi l'équivalence de ce traitement thermique à une température ou à un temps donné.

Pour décider de la température voulue, en pasteurisation, on applique de la même logique que pour la stérilisation en prenant en compte l'impact du traitement sur les qualités de l'aliment.

Impact des barèmes de pasteurisation sur les qualités des fruits et légumes

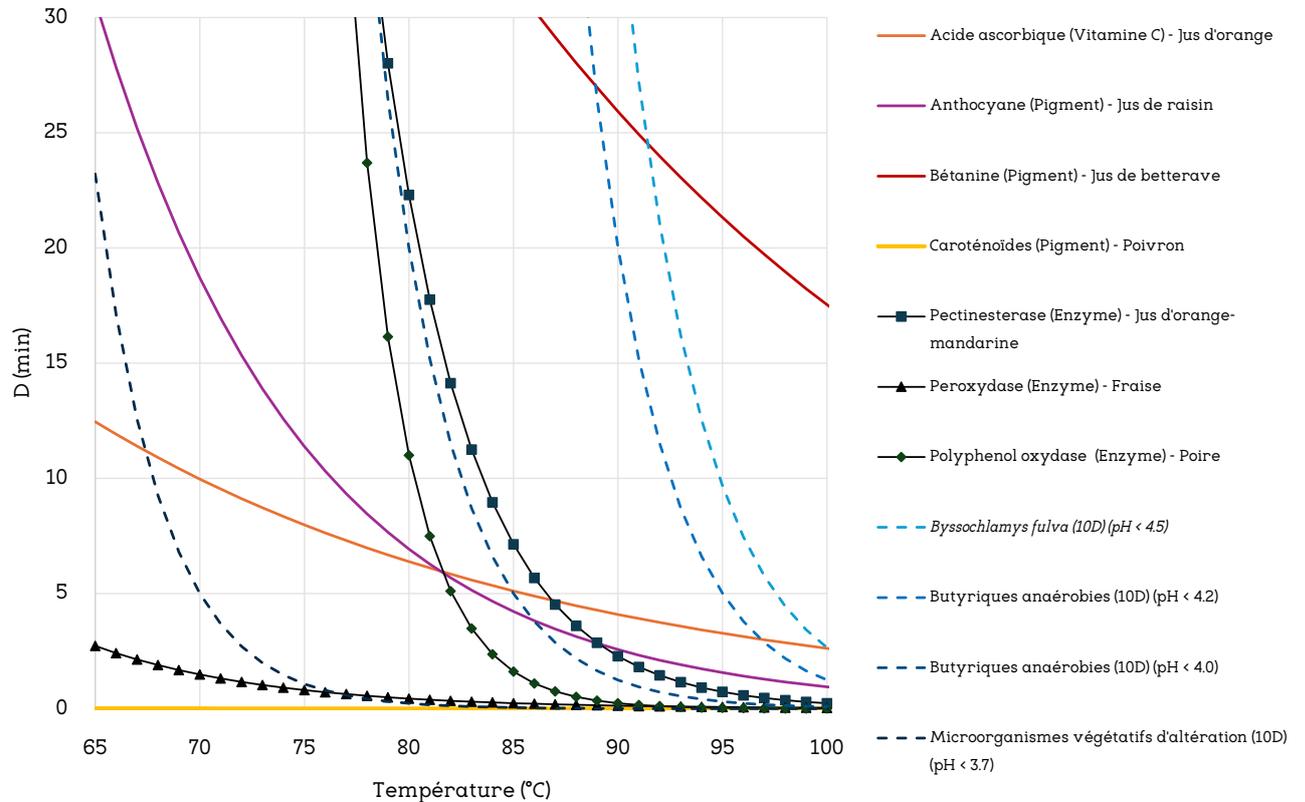


FIGURE 9.
Temps de réduction (destruction) décimal des constituants des fruits et légumes

Prenons comme exemple un jus de raisin avec un pH de 3.9 et une compote de pomme avec un pH de 3.5. Pour le jus de raisin, le pH est inférieur à 4.0 et on souhaite conserver un maximum d'anthocyane : en suivant la courbe des bactéries butyriques anaérobies (pH < 4.0) jusqu'à croiser celle de la dégradation des anthocyanes, on trouve une température maximale de 86°C, avec un temps équivalent de 3,7 min. Pour la compote de pomme, le pH est inférieur à 3.7 : il ne reste donc plus que le risque des microorganismes végétatifs d'altération. On souhaite éliminer suffisamment d'enzyme qui pourrait amener des instabilités dans le produit fini (voir Fiche « Jus »), comme la peroxydase, éliminée à 90% dès 78°C, avec un temps équivalent de 0,4 min.

6. Règles de l'appertisation

L'appertisation consiste en l'application d'un traitement thermique à un produit conservé dans un emballage étanche, en vue de sa conservation à température ambiante.

	PASTEURISATION	STÉRILISATION
INTENSITÉ DU TRAITEMENT THERMIQUE	Généralement entre 85 et 100°C	Généralement entre 105 et 130°C Objectif : Valeur Stérilisatrice (VS) > 3min (Traitement équivalent à 3 min à 121°C)
CIBLES MICROBIOLOGIQUES	Thermosensibles et faiblement thermorésistantes MAIS PAS les spores thermorésistantes	Thermosensibles et faiblement thermorésistantes ET thermorésistantes (spores)
VALIDATION DU PROCÉDÉ	Test de stabilité à l'étuve	Test de stabilité à l'étuve ET mesure de la VS à cœur du produit
CONSERVATION	Dans un conditionnement étanche aux gaz et aux liquides	
SI PH<4,5	Température ambiante avec une DDM* (les spores potentiellement présentes sont inhibées par le pH)	Température ambiante avec une DDM*
SI PH>4,5	Au frais (<7°C) avec une DLC** validée en laboratoire (Il ne s'agit PAS d'une conserve appertisée)	Température ambiante avec une DDM*

*DDM : Date de Durabilité Minimale (« A consommer de préférence avant ... »)

**DLC : Date Limite de Consommation (« à consommer jusqu'au ... »)

Vous trouverez plus d'informations sur notre [page](#) dédiée à la validation des barèmes de traitements thermiques des aliments.

7. Equipements pour pasteuriser et stériliser

Le choix de l'équipement est lié à la température d'ébullition de l'eau, fluide calorporteur des enceintes de pasteurisation ou stérilisation. Au niveau de la mer, la pression atmosphérique est de 1 bar et l'eau bout à 100°C. **Un pasteurisateur non-pressurisé suffit donc pour atteindre les températures de pasteurisation (< 100°C)**. En montant en altitude, la pression diminue et la température d'ébullition avec : la pression et la température diminuent respectivement à 0,75 bar et à 93°C à 1900 m et à 0,3 bar et 71°C en haut de l'Everest. Inversement, **pour atteindre la température de stérilisation de 121°C**, il faut monter jusqu'à 2 bars, raison pour laquelle il faut un équipement pressurisé qu'on nomme « **autoclave** ».

Température d'ébullition par rapport à la pression environnante

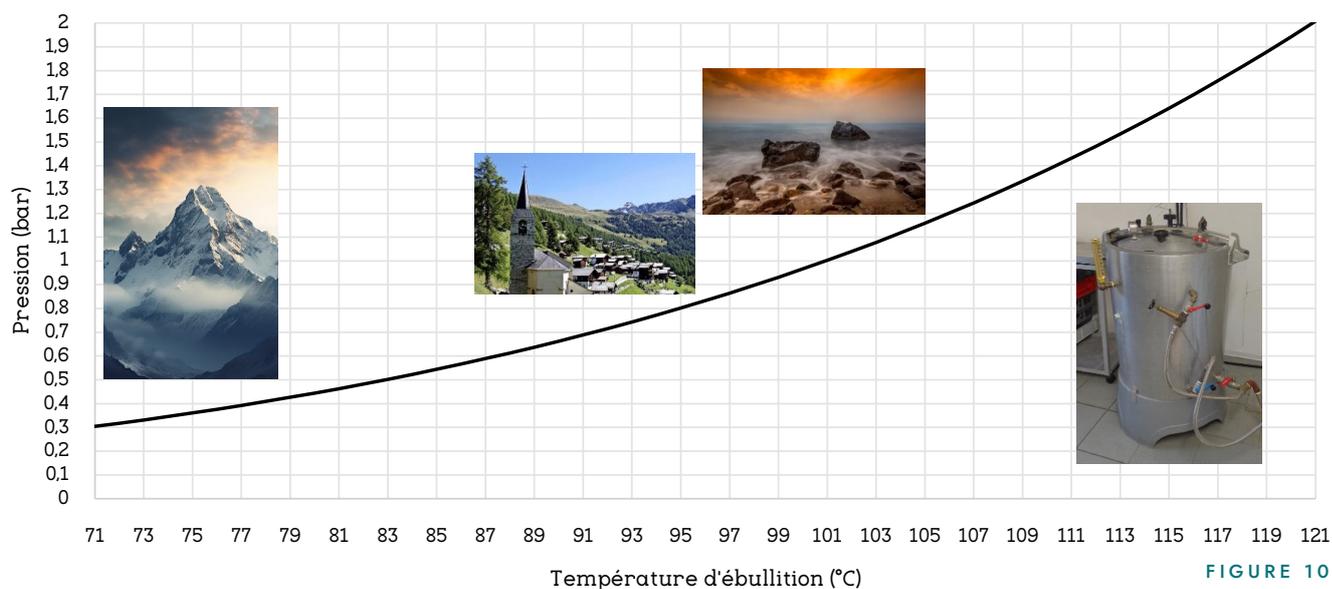


FIGURE 10.
Evolution de la température d'ébullition de l'eau par rapport à la pression