

CHAPITRE 13, SUJET 2**LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE
DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURE LORS DE TRAITEMENT
THERMIQUE EN AUTOCLAVES STATIQUES
TRADITIONNELS À L'EXCLUSION DES AUTOCLAVES
SANS PANIER****1. INTRODUCTION**

Ces lignes directrices ont été préparées conjointement par Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Pêches et Océans Canada et Santé Canada. Elles présentent les éléments importants à être considérés lors de la conduite d'essais de distribution de la température¹ pour tout produit devant être traité par la chaleur dans les autoclaves statiques traditionnels à l'exclusion des autoclaves sans panier.

Lorsque c'est nécessaire, les résultats des essais de distribution de chaleur seront évalués par ces ministères en se basant sur ces lignes directrices. Seules les personnes qualifiées et connaissant les autoclaves statiques devraient effectuer et évaluer les résultats de tels essais.

2. APPLICATION

Des études de distribution de chaleur devraient être faites afin de: développer ou valider une méthode de purge; déterminer une zone froide ou une zone se réchauffant plus lente en préparation des essais de pénétration de la chaleur; dans le cas de nouvelles installations; et lors de tout changement qui pourrait affecter la distribution de la température dans la zone de traitement du produit. Voici quelques exemples: changement dans les conduites de distribution de vapeur, diminution de la pression dans les conduites de vapeur, changement dans la façon de charger les contenants, changements apportés aux paniers et/ou aux intercalaires, etc.

¹ Adapté de "Temperature Distribution Protocol for Processing in Steam-Still Retorts", du "Institute for Thermal Processing Specialists", P.O. Box 2764, Fairfax, Virginia, U.S.A. 22301-0764, (703) 591-1108.

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURELORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

3. ÉTAT DU SYSTÈME DE PROCÉDÉ THERMIQUE

Avant de choisir le ou les autoclaves d'essai, il faut faire un relevé des données suivantes:

3.1 Diagramme

Un tracé détaillé identifiant tout l'équipement nécessitant un approvisionnement en vapeur (incluant le système de numérotation servant à désigner chaque autoclave), ainsi que l'agencement des conduites d'approvisionnement en vapeur, devrait être établi de la façon stipulée plus loin. (Noter qu'il est recommandé d'identifier les conduites de vapeur menant aux autoclaves séparément des conduites destinées à l'approvisionnement en vapeur d'autres appareils.)

3.2 Approvisionnement en vapeur des autoclaves

3.2.1 Capacité de la ou des chaudières (psi ou kPa)

Consigner les réglages réels et possibles, la quantité de vapeur développée et disponible, par exemple, livres ou kilogrammes de vapeur produites par unité de temps.

3.2.2 Pression à la conduite principale de l'autoclave

Il importe de s'assurer que la vapeur se rend aux autoclaves sous une pression et dans un volume adéquats. On devrait effectuer cette mesure au moment où l'approvisionnement en vapeur est soumis à la demande opérationnelle maximale.

3.2.3 Tuyauterie et soupapes

Noter le diamètre et la longueur des tuyaux, ainsi que la dimension et le type de soupapes de la conduite principale de vapeur, immédiatement avant le régulateur de pression ou de vapeur jusqu'à la ou les chaudières du ou des autoclaves.

3.2.4 Toutes les conduites de vapeur raccordées n'allant pas aux autoclaves

Inscrire les dimensions de toutes les conduites de vapeur raccordées à la conduite principale, en prenant soin de noter tous les équipements fonctionnant à la vapeur (p. ex.

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURELORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

les appareils de blanchiment, les enceintes de préchauffage, etc.).

3.3 Autoclave(s)

Un diagramme détaillé de chaque autoclave, incluant le matériel nécessaire à son fonctionnement, tel qu'identifié plus loin, doit être élaboré. Si les autoclaves sont de même configuration, un seul diagramme suffira. Le(s) numéro(s) du ou des autoclaves désignés doit (doivent) apparaître sur le schéma. Le système devrait inclure l'ensemble complet du collecteur.

3.3.1 Enceinte de l'autoclave

Enregistrer le type de l'enceinte et ses dimensions internes. S'il s'agit d'autoclaves verticaux, noter la présence de guides de centrage et/ou de déflecteurs.

3.3.2 Paniers d'autoclave

Noter le nombre maximal de paniers utilisés lors de chaque essai ainsi que leur forme et leurs dimensions.

3.3.3 Approvisionnement en vapeur du régulateur de pression ou de vapeur jusqu'à la conduite principale de l'autoclave

Enregistrer le diamètre des tuyaux, le type et les dimensions des soupapes, les régulateurs de pression/de vapeur, ou les soupapes de détente, et tous les raccords de tuyauterie, incluant les conduites de dérivation et les distributeurs de vapeur (forme, diamètre, longueur, emplacement; nombre, diamètre et configuration des perforations des tuyaux).

3.3.4 Commandes de vapeur

Prendre note du type de commande (qu'elle soit actionnée par la température ou la pression) ainsi que de l'emplacement du capteur du régulateur.

3.3.5 Système pneumatique de commande (le cas échéant)

Noter la taille de compresseurs d'air, la capacité du sécheur à air, le type et l'emplacement des filtres. Inclure le niveau de pression qui doit être maintenu durant les opérations et comment cette pression est contrôlée.

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURE LORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

3.3.6 Tuyauterie supplémentaire et équipement nécessaire

Enregistrer les informations suivantes:

1. Tuyaux de purge: emplacement, longueur et diamètre des tuyaux; type et taille des soupapes;
2. Collecteur de purge: emplacement, longueur et diamètre de tous les tuyaux et de tous les raccords, type et diamètre, le cas échéant;
3. Robinets de purge et silencieux: emplacement, nombre, taille et construction;
4. Drains: emplacement et taille. De plus, noter où sont situés les drains et s'ils communiquent avec l'atmosphère;
5. Arrivée d'eau (le cas échéant): emplacement et diamètre des tuyaux, type et taille de la soupape;
6. Arrivée d'air (le cas échéant): emplacement et diamètre des tuyaux, type et taille de la soupape et la pression d'air disponible;
7. Dispositif de mesure de la température (Thermomètre à mercure ou l'équivalent): emplacement de la sonde sur l'autoclave ainsi que la date et l'année à laquelle il a été calibré pour la dernière fois;
8. Dispositif d'enregistrement de la température: emplacement de la sonde sur l'autoclave;
9. Manomètre: emplacement sur l'autoclave ainsi que la date et l'année à laquelle il a été calibré pour la dernière fois;
10. Tuyauterie ou équipement supplémentaire, p. ex. système d'élimination de l'eau de condensation, etc.

3.3.7 Appareil d'enregistrement

Noter le type du dispositif d'enregistrement utilisé (thermographe ou thermographe-régulateur). Pour plus d'information veuillez consulter la section 7.6.2.2 du **Code canadien de pratiques recommandées en matière d'hygiène pour les produits alimentaires peu acides, acidifiés ou non, en récipients hermétiques**.

3.4 Matériel de chargement

Noter les informations suivantes:

1. Dimensions des contenants; configuration du chargement, nombre maximal de contenants par couche ou par panier (chargement pêle-mêle);

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURE LORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

2. Nombre maximal de paniers par autoclave;
3. Diamètre des perforations et espacement dans la plaque de base des paniers;
4. Pourcentage d'aire ouverte de la plaque de base et des intercalaires s'ils sont utilisés dans des cageots ou des paniers. Lorsque les intercalaires sont utilisés au-dessus des cageots ou des paniers, ils devraient être placés de façon à représenter le pire cas possible.

Nota: Il importe de bien documenter les données recueillies lors du relevé du ou des autoclaves afin d'arriver à une évaluation adéquate permettant de choisir le(s) autoclave(s) d'essai. L'entreprise doit conserver dans ses dossiers les résultats de l'étude et les documents qui l'accompagnent, et les mettre à jour au besoin.

3.5 Choix du ou des autoclaves

Tous les renseignements requis à la section 3 ci-haut doivent être pris en considération dans la sélection du ou des autoclaves d'essai. Le ou les autoclaves choisis doivent représenter les plus mauvaises conditions possibles qui puissent influencer sur le déroulement du procédé normal. Veuillez noter que sous certaines conditions (par exemple, lorsque la configuration de la tuyauterie et de l'équipement n'est pas identique pour tous les autoclaves), il peut être nécessaire de faire des études de distribution de température sur un certain nombre d'autoclaves d'un système de façon à déterminer quel est celui qui représente le pire cas.

Lorsque la configuration de la tuyauterie et de l'équipement est identique, il est généralement recommandé de sélectionner le pire cas possible, soit celui représenté par l'autoclave situé le plus loin de la source de vapeur. Par contre, ce n'est pas toujours le cas. Ceci représente un domaine où l'expertise et les connaissances du spécialiste supervisant l'étude sont de la plus haute importance.

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURELORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

4. INSTRUMENTATION D'ESSAI

4.1 Autoscripteur de mesures

Noter si l'autoscripteur est doté d'un nombre suffisant de canaux pour suivre et enregistrer adéquatement les températures pendant l'étude de distribution de la chaleur.

4.2 Thermocouples

Noter si les thermocouples et les fils conducteurs, ou les autres instruments de mesure de la température, sont d'un type, d'une taille, d'une longueur et d'un nombre appropriés pour effectuer un relevé adéquat des températures à l'intérieur de l'autoclave.

4.3 Appareil(s) de mesure de la température

Noter le type d'appareil utilisé (thermomètre à mercure ou autre) voir 3.3.6 point 8.

4.4 Manomètre(s)

Noter le type utilisé (s'il y a lieu) voir 3.3.6 point 9.

4.5 Port d'entrée pour les thermocouples dans l'autoclave

Noter si le diamètre du port d'entrée suffit à contenir le nombre de fils conducteurs utilisés (si on se sert de thermocouples pour mesurer la température) et l'endroit où il est situé.

5. ÉTALONNAGE DE L'INSTRUMENTATION D'ESSAI

5.1 Thermomètre à mercure de l'autoclave (ou appareil équivalent d'indication de la température)

Le thermomètre doit être conforme à l'article 7.6.2.1 du **Code canadien de pratiques recommandées en matière d'hygiène pour les produits alimentaires peu acides, acidifiés ou non, en récipients hermétiques**. Avant qu'il ne serve à un essai de distribution de la chaleur, la précision du thermomètre à mercure (ou de son équivalent) doit être certifiée par une autorité reconnue dans ce domaine pouvant produire la même précision que celle spécifiée par le Conseil national de recherches du Canada

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURE LORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

(CNRC) et le thermomètre doit être étalonné. S'il a été étalonné et certifié dans les 12 mois précédents, il ne devrait pas être nécessaire de le faire de nouveau à moins qu'il y ait un doute quant à son exactitude.

5.2 Svstème de mesure de la température (c'est-à-dire auto-scripteur de mesures, thermocouples, fils de rallonge, ou autres dispositifs de mesure de la température (DMT), etc.

1. Avant la tenue du test de distribution de la chaleur, l'étalonnage de l'instrumentation d'essai (voir section 4) doit avoir été effectué dans l'autoclave d'essai. Tous les conducteurs, les rallonges et les connexions doivent avoir été assemblés de la même façon que s'ils allaient être soumis aux conditions réelles de leur utilisation commerciale.
2. Fixer un ou plusieurs DMT près de la sonde du thermomètre à mercure (ou son équivalent) de l'autoclave. Il est important de veiller à ne pas restreindre le débit de vapeur autour de la sonde du thermomètre (ou de son équivalent).
3. Amener l'autoclave à la température requise pour l'essai de distribution de la chaleur et donner au système entier le temps d'atteindre son équilibre et de le maintenir pendant au moins 10 minutes.
4. Tous les DMT doivent concorder avec le DMT étalon et ce à la température prévue pour les conditions d'opération. La variance entre les DMT ne doit pas s'écarter de celle du thermomètre étalon par plus de $0,3\text{C}^\circ$ ($0,5\text{F}^\circ$) sinon ce thermomètre ne peut être utilisé. L'écart global entre tous les DMT ne doit pas dépasser $0,6\text{C}^\circ$ (1F°). Une fois que le facteur de correction a été appliqué, tous les DMT devraient donner la même lecture.
5. Afin de satisfaire aux critères d'étalonnage énoncés ci-dessus, il faut veiller à minimiser les erreurs inhérentes à toute composante d'un système de mesure de la température. On recommande, par exemple, l'usage de fil provenant de la même bobine dans la confection de tous les conducteurs et rallonges des thermocouples².

² Pour plus d'information consulter le document "Standard Guide for Use in the Establishment of Thermal Processes for Foods Packaged in Flexible Containers" ASTM 1169-88, 1988.

**LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE
TEMPÉRATURELORS DE TRAITEMENT THERMIQUE**

**6. MISE EN PLACE DES DISPOSITIFS DE MESURE DES TEMPÉRATURES
DANS L'AUTOCLAVE**

Au moins douze (12) DMT (ou leur équivalent) devraient être utilisés. Par contre, le nombre de DMT dépend de plusieurs facteurs dont, entre autres, la dimension de la zone de traitement dans l'autoclave, le format des contenants, le nombre et la configuration dans les paniers, etc.

Les DMT doivent être disposés aux endroits suivants dans la zone de traitement de l'autoclave:

1. Fixés près de la sonde du thermomètre au mercure (ou l'équivalent);
2. Fixés près de la sonde du régulateur de température; si cette sonde est située à proximité de la sonde du thermomètre, il n'est pas nécessaire d'y fixer un DMT;
3. Des directions quant au placement des DMT dans la zone de traitement peuvent être obtenues suivant la construction de l'autoclave, l'emplacement des conduites de vapeur et du système de distribution ainsi que de la façon dont sont remplis les paniers et les cageots. Par contre, l'endroit où on retrouve une zone froide ne suit pas toujours la logique, tout spécialement lorsque l'on détermine un procédé de purge qui exige l'absence de poches de vapeur et d'air. C'est un sujet qui demande des connaissances et de l'expérience de la part du ou des spécialiste(s) supervisant une telle étude.

Il est suggéré de placer les DMT de la façon suivante:

3a. Autoclaves *verticaux*³

Les températures devraient être mesurées dans le milieu de chaque panier: au sommet, au centre et au fond. Si l'on dispose de thermocouples supplémentaires, on peut les installer sur le côté au sommet et au fond de chaque panier. S'il reste encore des thermocouples, d'autres points en périphérie de chaque panier peuvent être mesurés.

³ Procedures for Carrying Out a Heat Penetration Test and Analysis of the Resulting Data, par Irving Flung, Minnesota Universtiy, 1975. Publié par le Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, 100 Union Street, Minneapolis, MN, 55455.

**LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE
TEMPÉRATURELORS DE TRAITEMENT THERMIQUE**

3b. Autoclaves **horizontaux**³

Dans les autoclaves horizontaux, le produit se trouve ordinairement dans des chariots. Dans un autoclave horizontal des thermocouples devraient être placés dans le milieu du panier au sommet, au centre et au fond de chaque chariot. S'il y a d'autres thermocouples, ils devraient être installés au centre de chacun des quatre côtés extérieurs de chaque chariot.

Nota: Un schéma de l'emplacement de chaque DMT dans l'autoclave devrait être versé aux dossiers des essais de distribution de la chaleur incluant un diagramme en trois dimensions.

4. Afin de déterminer la température initiale (TI), les DMT devraient être placés dans un nombre suffisant de contenants remplis avec le médium d'essai. L'utilisation de deux contenants est généralement considérée comme étant suffisant. On peut également utiliser un thermomètre pour cette mesure. Idéalement tous les contenants dans l'autoclave devraient avoir atteint un équilibre en température jusqu'à une température pré-définie qui est la TI.

7. PRÉPARATION DES CAGEOTS OU DES PANIERS DE CONTENANTS EN VUE DE L'ÉSSAI

- a. Choisir la taille de contenants traités dans l'autoclave qui reflétera les pires conditions d'opération; il s'agira ordinairement des contenants les plus petits;
- b. Le produit qui a le taux le plus élevé d'absorption de chaleur (celui chauffant par convection) lors de son traitement en autoclave devrait servir de médium d'essai. On peut utiliser de l'eau comme médium d'essai au lieu de produit.
- c. Les contenants devraient être placés dans les cageots ou les paniers de la façon représentant la pire situation qui puisse survenir en exploitation commerciale. Si des séparateurs ou des intercalaires sont insérés entre les couches de contenants, les intercalaires dont le pourcentage d'aire ouverte totale est le moins élevé devraient être utilisés pour l'essai.

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURE LORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

8. ESSAI DE DISTRIBUTION DE LA CHALEUR

8.1 Préparatifs

1. Vérifier les résultats du relevé de l'autoclave;
2. Température initiale (TI):

La température initiale est ordinairement la plus basse des températures mesurées dans un contenant d'essai. La plage des températures enregistrées dans les situations normales d'exploitation commerciale devrait être prise en considération lors de l'établissement de la TI d'essai, et la TI la plus froide devrait être choisie.

8.2 Mesures critiques

Les mesures suivantes sont de nature critique et devraient être suivies de près et enregistrées pendant l'essai:

1. Point de consigne de la température du régulateur;
2. Température initiale (TI);
3. Pression au tuyau principal de vapeur;
4. Heure zéro ou heure d'admission de la vapeur;
5. Heure de fermeture du drain, s'il est ouvert pendant une partie de la purge;
6. Heure et température de l'autoclave à la fermeture du purgeur, selon la lecture du thermomètre et celle du DMT étalon;
7. Heure à laquelle le DMT étalon atteint le point de consigne de la température de traitement;
8. Heure à laquelle le régulateur, le cas échéant, passe au cycle de cuisson du programme ou lorsque la cuisson commence;
9. Lectures du thermomètre à intervalles suffisants, incluant l'heure à laquelle il atteint la température de traitement.

8.3 Points importants

Les points supplémentaires suivants sont importants, et il est hautement recommandé de les contrôler et de les enregistrer au cours de l'essai.

1. Heure à laquelle le dispositif d'enregistrement de la température atteint le point de consigne du traitement;
2. Lectures du manomètre (facultatif) de l'autoclave à des intervalles suffisants.

LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE TEMPÉRATURE LORS DE TRAITEMENT THERMIQUE

8.4 Exécution de l'essai

1. L'autoscripteur devrait enregistrer la température de chaque DMT juste avant l'admission de la vapeur et à des intervalles suffisants -- ne dépassant pas une minute -- pendant toute la durée de l'essai. Le rapport de l'autoscripteur fera partie des rapports de l'essai;
2. Les mesures critiques (voir 8.2) devraient être enregistrées à des intervalles suffisamment rapprochés pour décrire et vérifier les paramètres de fonctionnement de l'autoclave pendant l'essai. Ces données seront versées aux rapports de l'essai et incluront les graphiques d'enregistrement de la température.
3. L'essai devrait se prolonger au moins dix (10) minutes après que les systèmes de contrôle de l'autoclave se soient stabilisés et qu'un profil clair de la température ait été établi pour tous les DMT.
4. En l'absence d'un système complet d'entretien, chaque autoclave devrait être testé à tout les deux ans en utilisant les pires conditions.

8.5 Paramètres pour l'établissement d'un procédé de purge

1. A partir des données accumulées pendant l'exécution de l'essai de distribution de la chaleur dans les autoclaves statiques traditionnels, un procédé de purge devrait spécifier, en tant que minimum, les paramètres critiques suivants:
 - a. Temps de purge (de l'admission de la vapeur à la fermeture du tuyau de purge);
 - b. Température de purge (au moment de la fermeture de la soupape du purgeur);
 - c. Lorsque nécessaire, température initiale minimale (TI);
 - d. Utilisation de quelque ouverture de l'autoclave (autre que la soupape du purgeur) pendant la période de purge afin d'augmenter la capacité du purgeur.
 - e. Temps et température lorsque le drain est fermé s'il est ouvert durant une partie de la purge.
2. Pour que le procédé de purge soit déterminé d'une façon satisfaisante, il devrait être établi à partir d'au moins trois (3) essais reproductibles, menés dans les conditions les plus défavorables possibles.
« Reproductible » signifie que les trois essais,

**LIGNES DIRECTRICES POUR LES ÉTUDES DE DISTRIBUTION DE
TEMPÉRATURELORS DE TRAITEMENT THERMIQUE**

effectués dans les mêmes conditions d'essai, doivent démontrer qu'une distribution adéquate de la chaleur a été atteinte.

Pour plus d'information sur les purgeurs et les système de purge se référer aux section 7.6.3.1.7 et 7.6.3.1.8 du **Code canadien de pratiques recommandées en matière d'hygiène pour les produits alimentaires peu acides, acidifiés ou non, en récipients hermétiques.**