

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdes

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Technologie Alimentaire

Filière : Génie des Procédés

Option : Qualité et conservation des aliments

THEME

Contribution à l'étude du traitement thermique de la boisson

" Ramy "

Présenté par :

M^{ELLE} Ben akkouche karima

M^{ER} Menadi Abdallah

Soutenu le : **28/06/2016**

Jury:

President: **M^{ER} NOUANI .A**

PR UMBB

Examineur: **M^{ELLE} HADDARBACHE . L**

MA (A) UMBB

Examineur : **M^{ER} SAKOUR . B**

MA (A) UMBB

Promotrice : **M^{ME} BENMALEK . N**

MA (A) UMBB

Co-promoteur : **M^{ER} ZENIMI . A**

ING DANS USMB . DIRECTEUR DE PRODUCTION

Promotion 2016



Remerciement

*En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu,
notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir
ce travail.*

*Notre précis remerciement pour nos parents de nous avoir
soutenu.*

*Nous tenons à remercier M^{me} BEN MALEK notre
promotrice pour sa grand soutien et ses conseils considérables.*

*Nous adressons toute notre gratitude au directeur de la
société ramy Mr : ZELIMI et Mr : Abdelkader notre encadreur
pour sa disponibilité et pour ses précieux conseils qui nous ont
guidés au cours de notre étude.*

*Nous remercions également tous les professeurs du département
de technologie Alimentaire.*

A toute l'équipe des laboratoires de la société ramy

*Nous tiens à remercier vivement les membres du jury d'avoir
accepté de juger le présent travail.*

*A toutes les personnes qui nous aidé de prés ou de loin à la
réalisation de ce travail.*

Merci





Dédicaces

*Au nom de l'amour et le respect je dédie ce modeste
travail :*

*A mes très chers parents qui se sont sacrifiés pour que je
grandisse avec un savoir faire.*

A mon frère Mourad et ma sœur Amina

*A mes proches amis Rabah et Slimane et Meziane et Elhaddi et
bien sur Yousef et Tajeddine*

A tous les étudiants de la promotion MQCA/14

A tout mes amis.

A tous ceux qui m'aiment et ceux qui j'aime.

Je dédie ce modeste travail

ABDALLAH



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Une formidable femme, ma mère que j'aime beaucoup.

La mémoire d'un grand homme, mon père belkacem que j'ai toujours admiré et estimé beaucoup, il n'est plus de ce monde, que Dieu ai son âme.

Mes chers frères.

Mes très chères sœurs surtout Meriem.

Ma Sœur Djamilâ et son mari Djamel.

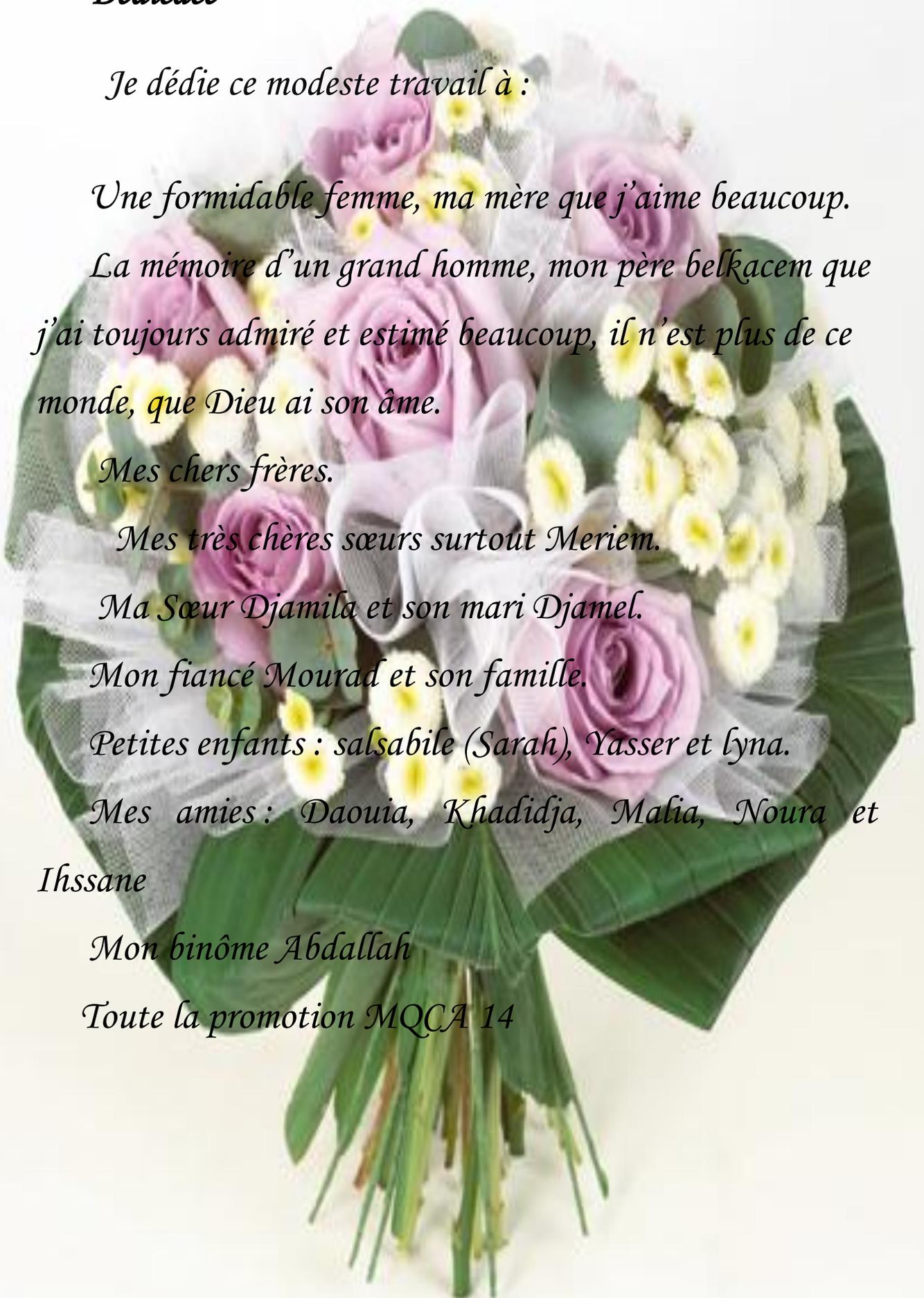
Mon fiancé Mourad et son famille.

Petites enfants : salsabile (Sarah), Yasser et lyna.

*Mes amies : Daouia, Khadidja, Malia, Noura et
Ihssane*

Mon binôme Abdallah

Toute la promotion MQCA 14





SOMMAIRE

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie théorique :

Chapitre I : Les jus de fruits

I.les jus de fruits.....	3
I.1.Définition de jus de fruits	3
I.2. Les variétés des jus	4
I.2.1. Les Jus de fruits	4
I.2.1.1. Les Pur Jus, obtenus à partir de fruits	4
I.2.1.2. Les Pur Jus, obtenus à partir de concentré.....	4
I.2.1.3. Les Jus de fruit concentrés	4
I.2.1.4. Les Nectars de fruits	4
I.2.1.5. Les Jus de fruits déshydratés	5
I.2.2. Les Boissons Plates	5
I.2.2.1. Boissons aux fruits	5
I.2.2.2. Boissons aromatisées	5
I.2.2.3. Sirops	5
I.2.2.4. Boissons énergisante.....	6
I.2.2.5. Boisson à base de lait	6
I.3.La qualité nutritionnelle, sanitaire et organoleptique des jus de fruits	6
I.3.1.La qualité nutritionnelle	6
I.3.1.1.Analyse physico chimique	7
I.3.2.La qualité hygiénique et microbiologique	7
I.3.2.1.les analyses Microbiologique	7
I.3.2.1.1.Bactérie recherché.....	8
I.3.3.Qualité organoleptique ou sensorielle.....	8

Chapitre II : Optimisation du traitement thermique

II.1.rappel sur les traitements thermiques.....	9
II.2.les différents traitements thermiques.....	9
II.2.1.La stérilisation.....	9

II.2.2.1'appertisation	9
II.2.2.La pasteurisation.....	9
II.4. concepts et définitions des paramètres de pasteurisation.....	11
II.4.1.Le temps de réduction décimale (D).....	11
II.4.2.Le taux de réduction décimale.....	12
II.4.3.Le coefficient de résistance à la chaleur (Z).....	13
II.5.Détermination de l'efficacité d'un traitement thermique.....	14
II.5.1.La valeur stérilisatrice	14
II.5.2.La valeur cuisatrice	14
II.5.3.le facteur de létalité	15
II.6.Optimisation et conception du barème de pasteurisation.....	15
II.7.méthodes d'optimisation de la pasteurisation	16
II.7.1. Optimisation à température constante	16
II.7.2.Optimisation à températures variables.....	19
II.7.2.1.méthode de Bigelow.....	20
II.7.2.2.Méthode de Ball (1923).....	23
II.8. Les échangeurs de chaleur.....	26
II.8.1.Définitions d'un échangeur de chaleur	26
II.8.2.L'utilisation des échangeurs.....	26
II.8.3.Échangeur à faisceau tubulaire	26
II.8.4.Les transferts de chaleur.....	27
II.8.5.types d'échangeurs de chaleur selon le mode circulation des fluides	27
II.8.5.1.Les échangeurs à co-courant (échangeur anti-méthodique)	27
II.8.5.2.Les échangeurs à contre-courant (échangeur méthodique)	27
II.8.6.Le traitement en vrac	28

Partie expérimental :

Chapitre III : Matériels et méthode.

III. Présentation de l'entreprise	30
III.1 Structure de l'entreprise.....	31
III.2. processus de fabrication des jus Ramy.....	31
III.2.1. Traitement des eaux.....	32
III.2.1.1. Les analyses physico- chimique des eaux	33
III.2.2. Système de nettoyage.....	33
III.2.3. Préparation de boisson gazeuse (énergisant).....	34
III.2.4. Préparation de boisson (jus de fruit).....	36
III.2.5. Conditionnement	37
III.3. Description de pasteurisateur de la société de Ramy.....	39
III.3.1. Définition.....	39
III.3.2. Fonctionnement	39
III.4. Détermination de la qualité organoleptique et sanitaire du produit	41
III.4.2. qualité organoleptique et nutritionnelle du produit.....	41
III.4.2.1. vitamine C.....	41
III.4.2.2. détermination de Brix	41
III.4.2.3. détermination de l'acidité totale	42
III.4.2.4. détermination de la pulposité.....	42
III.5. optimisation d'une pasteurisation à une température variable	42
III.6. optimisation d'une pasteurisation à une température constante	44
III.6.1. conception d'un barème de pasteurisation pour les boissons de viscosité différente...44	

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV. Le pasteurisateur de la société de Ramy.....	45
IV.1 Courbe de pénétration de chaleur (l'évolution de la température du produit en fonction du temps au cours de la pasteurisation)	45
IV.1.1 calcul du volume d'un seul tube	45
IV.1.2 Calcul débit de chambrage.....	46
IV.1.3 Calcul du temps total de pasteurisation	46

IV.1.4 Courbe de pénétration de chaleur.....	47
IV.1.5 Calcul des coefficients k spécifique de chaque section (section préchauffage, section chambrage, section remplissage).....	47
IV.1.6 Calcul de la température T (°C) à chaque instant t (s).....	48
IV.1.7 Tracé de la courbe de l'évolution de température de produit en fonction du temps au cours de la pasteurisation	49
IV.1.8 Calcul de la valeur cuisatrice totale par la méthode de bigelow	50
IV.1.9 Détermination de l'efficacité de l'échangeur	52
IV.2 Qualité hygiénique et nutritionnelle de la boisson	53
IV.2.1 Qualité nutritionnelle	53
IV.3 Optimisation du traitement thermique au laboratoire à température constante	54
IV.3.1 Cinétique de destruction de la vitamine C	54
IV.3.2 Détermination du temps de destruction décimale D	56
IV.3.2.1 Temps de réduction décimale D ₇₀	56
IV.3.2.2 Temps de réduction décimale D ₈₀	57
IV.3.2.3 Temps de réduction décimale D ₉₀	58
IV.3.3 Détermination de Z	59
IV.3.4 Influence de la température du traitement sur la et l indice de brun	59
IV.4 Optimisation du traitement	60
IV.4.1 Détermination des valeurs de destruction biologique VDB selon bigelow	61
IV.5. Comparaison entre les valeurs cuisatrices de deux boissons à viscosités différentes.....	64
IV.5.1.Détermination de la valeur cuisatrice selon bigelow.....	65
IV.5.2Détermination la valeur cuisatrice selon Ball.....	66

IV.5.2.1 Détermination du CUT	67
IV.5.2.1.1 Détermination du temps de palier t_p	67
IV.5.2.1.2 Calcul du temps de barème selon Ball t_B	67
IV.5.2.2 Détermination de f_h	68
IV.5.2.3. Calcul de j_h	69
I.5.2.4.Calcul de f_c	70
IV.5.2.5.Calcul de j_c	71
IV.5.2.6.Détermination du temps du barème total	72
IV.6.Comparaison la valeur cuisatrice entre la méthode de Bigelow et la méthode de Ball...73	
Conclusion.....	74
Références bibliographiques.	
Annexes.	

Liste des figures

Figure N° 1:les jus de fruits.....	3
Figure N°2:courbe de survie.....	13
Figure N°3: Influence de la température sur la résistance d'un micro-organisme.....	13
Figure N°4: Diminution du temps de traitement en fonction de la température.....	17
Figure N°5 : Optimisation d'un traitement thermique à température constante.....	18
Figure N°6 : Évolution des températures et de la valeur stérilisatrice durant un cycle de pasteurisation en autoclave.....	19
Figure N°7: Aire d'intégration permettant de calculer d'une valeur stérilisatrice selon la méthode de Bigelow.....	21
Figure N°8 : Détermination de la durée du palier à cœur du produit pour une valeur fixée de F.....	22
Figure N°9 : Représentation graphique semi-logarithmique de la cinétique d'évolution de la température au point critique.....	23
Figure N°10 : Schéma d'un échangeur tubulaire.....	27
Figure N°11 : schéma d'un échangeur fonctionnant à contre –courant	28
Figure N°12 : Organigramme de la société(RAMY).....	31
Figure N°13 : station d'eau dans l'unité (Ramy).....	32
Figure N°14 : diagramme de fabrication boisson énergétique.....	35
Figure N°15 : diagramme de fabrication jus fruité.....	37
Figure N°16:le pasteurisateur tubulaire.....	39
Figure N°17: schéma de pasteurisateur tubulaire (cycle de jus).....	40
Figure N°18:l'installation d'expériences.....	43
Figure N°19 : Courbe de pénétration de chaleur de produit.....	50
Figure N°20 : évolution de température de produit, fluide caloporteur et valeur cuisatrice en fonction de temps.....	52

Figure N°21: Dégradation du vit C en fonction du temps à différentes températures.....	55
Figure N°22:Variation de la concentration en vitamine c en fonction du temp du traitement une température constante de 70°C.....	56
Figure N°23: variation de la concentration de vitamine c en fonction de temp de traitement a une temperature constante de 80C°.....	56
Figure N°24:Variation de la concentration de vitamine C en fonction de temps de traitement à une température constante de 90C°.....	57
Figure N°25: Couples temps température de destruction de vit C.....	58
Figure N°26 : couples temps températures pour la destruction de l'acide ascorbique.....	61
Figure N°27 : variation de température de bain chauffé et produit et les valeurs cuisatices en fonction de temps	64
Figure N°28 : Evolution des températures du traitement dans deux boissons à viscosités différentes.....	65
Figure N°29: Evolution de $\log (T_1-T)$ en fonction du temps.....	68
Figure N°30 : Evolution de $\log (T-T_c)$ en fonction du temps.....	70

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de la température du produit en fonction du temps au cours de la pasteurisation	49
Tableau2 : les valeurs de létalité et les valeurs cuissatrices de chaque section (pré chauffage, chambrage et refroidissement.....	51
Tableau 3 : la qualité hygiénique de la boisson après traitement.....	53
Tableau 4 : Valeur nutritionnelle de la boisson avant et après la pasteurisation.....	53
Tableau 5 : variation de concentration du l'acide ascorbique en fonction du temps et de la température.....	54
Tableau 6 :l'évolution de temps de réduction décimale en fonction de la température de traitement.....	58
Tableau 7: l'évolution des valeurs de DO et de la couleur de boisson en fonction du temps et de la température du traitement.....	60
Tableau 8 valeurs du temps de pasteurisation	60
Tableau 9. Les valeurs de destruction biologique à chaque température de chauffage.....	64
Tableau 10 : les valeurs cuisatrice des deux viscosités déférentes, calculées par la méthode de Bigelow et la méthode de Ball.....	73

Liste d'abréviations

°Brix : Degré brix

CDT: Come Down Time

Cmc : Carboxy méthyle cellulose

CUT: Come Up Time

D : Temps de réduction décimale

Dpip : Dichloro phénol indo phénol

Fc : Paramètres du modèle de ball relatif au refroidissement du produit

Fh : Paramètres du modèle de ball relatif à l'échauffement du produit

G : Valeur destructrice

Htst: High température short time

Jc : Paramètres du modèle de ball relatif au refroidissement du produit

Jh : Paramètres du modèle de ball relatif à l'échauffement du produit

L : Facteur de létalité

mpa.s: Milli Pascal .Seconde

N : Nombre des micro-organismes à l' instant t

N : Taux de réduction décimale

N₀ : Nombre des micro-organismes initiaux

Ph : Potentiel d'hydrogène

T : Température

t : Temps

Tréf : Température de référence

Uht: Ultra heigh température

Vc : Valeur cuisatrice

Vit C: Vitamine C

Vs : Valeur stérilisatrice

Z : Le coefficient de résistance à la chaleur

Résumé :

Ce travail nous a permis de faire une étude technique à l'unité Ramy, cette étude s'est spécifiée sur le calcul du pasteurisateur de boisson produite par l'unité.

L'efficacité de l'échangeur thermique était 84%, la valeur cuisatrice qui a été trouvée plus élevée à la valeur pasteurisatrice est de l'ordre de 32 secondes, le diagramme de pasteurisation de l'unité a été déterminé.

Une comparaison entre la méthode de Ball et Bigelow dans le calcul des valeurs de destruction biologique de la boisson Ramy a été effectuée au niveau du laboratoire de technologie alimentaire, le temps de barème de pasteurisation déterminé par bigelow a été de l'ordre de 11.28 minutes pour une boisson de viscosité 3.3 (mpa .s) et de 6.47 minutes pour une boisson de viscosité 15 (mpa .s).

Comparativement à la méthode de Ball, le barème était plus court tel que les valeurs cuisatrice étaient 4.83 minutes et 4.03 minutes pour les deux boissons de 3.3 mpa.s et 15 mpa respectivement.

Mots clés: Brème pasteurisation, boisson, échange thermique.

قد سمح لنا هذا العمل بالقيام بدراسة تقنية فيوحدة رامى الذي يتخصص في انتاج المشروبات وبسترتها عن طريق محول حراري (مبستر)

تم العثور على فعالية مبادل الحرارة لتكون 84%، وقد تم العثور على قيمة عتبة الطبخ العالي التي تفوق قيمة عتبة البسترة والتي تقدر بحوالي 32 ثانية وقد تم تحديد الرسم البياني للبسترة للوحدة

وقد تمت المقارنة بين أسلوب بال و بجلو في حساب تدمير البيولوجي لقيم مشروب رامى في مستوى مختبر تكنولوجيا الغذائية

المدة الزمنية للبسترة التي حددها بجلو من أجل المشروبات ذات قيمة اللزوجة المقدره بحوالي (3.3 ميكا باسكال*الثانية) هي 11.28 دقيقة و 6.47 دقيقة بالنسبة للمشروبات ذات قيمة اللزوجة المقدره ب 15 ميكا باسكال* الثانية

في حين ان المدة الزمنية للبسترة التي حددها بال من اجل المشروبات ذات قيمة اللزوجة 3.3 ميكا باسكال* الثانية تعادل 4.83 دقيقة و 4.03 دقيقة بالنسبة للمشروبات ذات قيمة اللزوجة المقدره ب 15 ميكا باسكال* الثانية وبالتالي فان المدة الزمنية لبال هي الأقصر

This work has allowed us to do a technical study to Ramy unit that is specified on the calculation of the pasteurizer beverage it produces.

The effectiveness of the heat exchanger was found to be 84%, the cooking threshold value has been found higher in the pasteurization threshold value is about 32 seconds, the pasteurization diagram of the unit has been determined.

A comparison between the method of Ball and Bigelow in the calculation of biological destruction of values Ramy drink was made in food technology laboratory level, the pasteurization time scale determined by bigelow was of the order of 11.28 minutes for a viscosity of beverage 3.3 (mpa · s) and 6.47 minutes to a viscosity of beverage 15 (mpa. .s).

Compared to the method of Ball or the scale was shorter as the cooking threshold values were 4.83 minutes and 4.03 minutes for the two drinks of 3.3 mPa.s and 15 mPa.s successively.

Introduction

Introduction

L'aliment fascine. à la fois alléchant et nourrissant, il est aussi un symbole d'identité culturelle, une source de plaisir et de satisfaction. Il peut être également utilisé de façon créative comme, par exemple, en gastronomie moléculaire.[1]

Cependant, l'alimentation doit faire face à quatre défis majeurs. La première traite de la sécurité alimentaire ou de « la nourriture pour tous ». Le second concerne l'obésité et les maladies qui y sont associées. Le troisième est la sécurité sanitaire (absence de risque chimique ou microbien). Le quatrième s'intéresse à la pression exercée sur les ressources renouvelables. Ce dernier défi implique un usage pertinent des ressources renouvelables pour toutes les applications, que ce soit en alimentation, pour les biomatériaux et la bioénergie ou encore pour des chaînes alimentaires durables [1]

Ainsi, la qualité alimentaire peut se définir de multiples manières : qualité nutritionnelle, sensorielle (saveur, couleur, texture, etc.) émotionnelle ou symbolique, ou encore en termes de durabilité, de sûreté, d'utilité, etc. La qualité présente aussi une signification différente selon le groupe cible comme, par exemple, les enfants, les personnes âgées, les entités religieuses, etc. En fait, la qualité est perçue différemment pour chaque personne et aussi selon le moment et l'atmosphère environnante lors de la consommation. Les demandes et les exigences des consommateurs déterminent les spécifications qualitatives du produit final destiné à la consommation, indépendamment du contexte de production (pays industrialisés ou en développement). [1]

Ces spécifications servent de point de départ pour la production alimentaire, incluant toutes les étapes de transformation (traditionnelle ou nouvelle) des ressources renouvelables en produits finaux et en ingrédients. Chaque étape doit être optimisée en termes de spécifications finales ; ce qui requiert par conséquent une compréhension approfondie des liens entre procédé, structure et fonction. [1]

Les traitements thermiques d'appertisation ou de pasteurisation couramment appliqués, peuvent être décrits comme la succession de quatre phases : une phase de « Come Up Time » (CUT) consistant d'un délai de montée de la température de l'enceinte, jusqu'à la température de régime (Tr), suivie d'une phase de palier chaud durant laquelle la température de régime est maintenue constante, puis une phase de « Come Down Time » (CDT) consistant d'un délai de descente de la température de l'autoclave jusqu'à la température de l'eau de

Introduction

refroidissement, suivi d'un palier de refroidissement jusqu'à l'obtention de la température à cœur désirée.

A coté de l'objectif principal du traitement thermique qui est la destruction des microorganismes, à coté d'objectifs secondaires tels que l'effet de cuisson et de la destruction des enzymes, un certain nombre de contraintes limitent le choix des conditions de travail à retenir.

Le traitement thermique doit être le plus sélectif possible en détruisant le minimum de vitamines. En dehors de l'objectif nutritionnel, les contraintes associées à l'optimisation des traitements thermiques sont surtout d'ordre organoleptique, éviter le brunissement du lait par la chaleur, éviter le goût de cuit pour les boissons pasteurisées et enfin la contrainte peut être d'ordre technologique telle que la nécessité d'éviter la coagulation du blanc d'œuf que l'on veut pasteuriser.

L'optimisation des traitements thermiques nécessitent donc les éléments suivants:

- Connaissance des cinétiques de pénétration la chaleur dans le produit;
- Connaissance des cinétiques de destruction des microorganismes;
- Connaissances des cinétiques des réactions secondaires.

Dans ce travail nous avons essayé de contribuer à évaluer l'efficacité du traitement thermique d'un pasteurisateur tubulaire à l'unité de Ramy utilisé pour la pasteurisation d'une boisson fruitée, et d'évaluer les méthodes qui permettent d'aboutir à l'objectif du traitement thermique.

I. Les jus de fruits

I.1. Définition de jus de fruits

Le jus de fruits est le liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés et/ou par des traitements de surface post-récolte appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la Commission du Codex Alimentaires.

Certains jus peuvent être obtenus à partir de fruits comprenant des pépins, graines et peaux qui ne sont pas habituellement incorporés dans le jus, bien que des parties ou composants de pépins, de graines et de peaux impossibles à retirer par des bonnes pratiques de fabrication (BPF) soient acceptés.

Le jus est obtenu par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles des jus du fruit dont il provient.

Le jus peut être trouble ou clair et peut contenir des substances aromatiques et des composés volatils restitués, à condition qu'ils proviennent des mêmes espèces de fruits et soient obtenus par des moyens physiques adaptés. De la pulpe et des cellules obtenues par des moyens physiques adaptés à partir du même type de fruits peuvent être ajoutées [1]



Figure N° 1: les jus de fruits [2]

I.2. Les variétés des jus

I.2.1. Les Jus de fruits

Dans la catégorie des Jus de fruits, on retrouve 5 familles :

I.2.1.1. Les Pur Jus, obtenus à partir de fruits

C'est un jus obtenu à partir de fruits par des procédés mécaniques, fermentescibles mais non fermentés, possédant la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques du ou des jus de fruits dont il provient.

Les jus de fruits frais ne subissent pas de traitement thermique[3].

I.2.1.2. Les Pur Jus, obtenus à partir de concentré

C'est le produit obtenu à partir de jus de fruit concentrés, par :

- Restitution de la proportion d'eau extraite du jus, lors de la concentration. L'eau ajoutée représentant les caractéristiques appropriées notamment des points de vue chimique, microbiologique et organoleptique, de façon à garantir les qualités essentielles du jus.
- Restitution de son arôme au moyen de substances aromatiques récupérées lors de la concentration du jus de fruits concerné, ou de jus de fruits de la même espèce, et qui représente des caractéristiques organoleptiques équivalentes à celles du jus obtenu à partir des fruits de la même espèce[3].

I.2.1.3. Les Jus de fruit concentrés

C'est le produit obtenu à partir de fruits, par élimination physique d'une partie déterminée de l'eau de constitution. Lorsque le produit est destiné à la consommation directe, la concentration est d'au moins 50% [3]

I.2.1.4. Les Nectars de fruits

C'est le produit non fermenté mais fermentescible, obtenu par addition d'eau et de sucres au jus de fruits concentré, à la purée de fruit concentrée ou à un mélange de ces produits, et dont la teneur minimale en jus, éventuellement en purée, et l'acidité minimale sont fixés de :

- 25 % à 50 % en teneur minimale en jus.
- 4 et 9 g/l. en acidité (exprimé en acide tartrique) [3]

I.2.1.5. Les Jus de fruits déshydratés

C'est le produit obtenu à partir de jus de fruits par élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution.

La restitution des composants aromatiques est obligatoire [3]

I.2.2. Les Boissons Plates

Traditionnellement incluses, en Algérie, dans la famille des jus de fruits, les boissons plates intègrent les boissons aux fruits ne respectant pas les caractéristiques des jus de fruits.

Ils Sont compris dans cette classe les boissons aux fruits, les boissons aromatisées; ainsi que les sirops, les thés glacés, les boissons énergétiques et les produits à base de lait [3].

I.2.2.1. Boissons aux fruits

La dénomination est réservée aux boissons préparées à partir d'eau potable et de jus de fruits, jus de fruits concentrés, fruits ou un mélange de ces composants dans une proportion égale ou supérieure à 10 % de jus. Dans le cas des boissons plates, cette teneur est supérieure à 25 %. (Pour les boissons aux fruits carbonatées ou gazeuses la proportion égale ou supérieure à 10 % de jus et inférieure à 25%) [3].

I.2.2.2. Boissons aromatisées

Cette dénomination est consacrée aux boissons ne comprenant pas de jus de fruits. Elle est composée d'eau, sucre, émulsion, arôme naturel ou artificiel, antioxydant, conservateur, colorants, acide, épaississant...

Cette catégorie est, de par sa composition et les besoins satisfaits, plus proche des sodas (sans le gaz) ou des mélanges eau+ sirop que des jus de fruits. L'absence de réglementation et le manque de maturité du marché entretiennent jusqu'à présent ces confusions [3].

I.2.2.3. Sirops

La dénomination sirop est réservée aux produits concentrés et aromatisés obtenus par dissolution de matières sucrantes glucidiques dans de l'eau Thés glacés. Ce secteur est très faible en Algérie. Pourtant celui-ci est un secteur très dynamique en Europe [3].

I.2.2.4. Boissons énergisante

Est une boisson destinée à donner un regain d'énergie à son consommateur, en utilisant un mélange de différents ingrédients stimulants.

Les boissons énergisantes comportent le plus souvent une grande variété de composés organiques excitants comme la caféine, les vitamines de la série B, la taurine, la maltodextrine, l'inositol, la carnitine, la créatine ou le glucuronolactone.

Les boissons contiennent le plus souvent beaucoup de sucre, la majorité étant édulcorée à partir de sucre raffiné

I.2.2.5. Boisson à base de lait

Ces boissons sont constituées de lait (en général écrémé), de sucre, de stabilisant, d'aromatisant et de fruit [3].

I.3. La qualité nutritionnelle, sanitaire et organoleptique des jus de fruits

I.3.1. La qualité nutritionnelle

Rien n'est plus naturel que les fruits et les légumes, ils forment la base idéale d'un régime diététique, ils apportent de nombreux éléments indispensables au bon fonctionnement de notre organisme sous forme de jus.

Les fibres qui restent sont ensuite rejetées par le corps, qui constitue une véritable perte pour l'organisme.

On peut remédier cet inconvénient en buvant du jus et réduisant le temps et l'énergie de la digestion [4]

Les jus sont considérés comme des boissons nutritives, ils représentent une bonne source d'eau. Le fait que l'on boit du jus, 95 % des substances vitales passent directement dans le sang. Les vitamines et les sels minéraux qui représentent les piliers de notre santé agissent immédiatement sans qu'il n'y ait aucune perte. Les jus de fruits pulpeux renferment la majorité des substances nutritives contenues dans la matière première d'origine [5]

Les jus sont très digestes, ils sont appréciés et recommandés à tout âge, pour les nourrissons, dilués avec de l'eau dès l'âge de 4 mois, ils peuvent aider le corps à lutter efficacement contre certaines maladies et lui donner le matériel nécessaire pour son bon fonctionnement [4]

I.3.1.1. Analyse physico chimique

Il est essentiel de mettre en œuvre une analyse physico chimique avant la commercialisation afin d'assurer la qualité du produit fini.

- Détermination du PH

Le pH est un indicateur déterminant pour l'acidité de jus, varie en fonction de divers éléments

- Détermination du BRIX

C'est la quantité du sucre en gramme contenue dans 100 g de solution, le BRIX nous renseigne sur la qualité du sucre dans les jus

- Détermination de l'acidité

Correspond à des acides minéraux et organiques contenu dans l'échantillon (jus) elle est déterminée par la solution de NaOH.

I.3.2. La qualité hygiénique et microbiologique

Le jus de fruit doit être exempt de micro-organismes capables de se développer dans des conditions normales d'entreposage

Ne doit contenir aucune substance provenant de micro-organismes en quantité pouvant présenter un risque pour la santé

I.3.2.1. les analyses Microbiologique

Le contrôle microbiologique permet d'apporter une certaine sécurité hygiénique et un certain niveau organoleptique dans la mesure où ils dépendent des micro-organismes.

- Prélèvement des échantillons

Les échantillons sont prélevés dans les unités de conditionnement et restent de leur emballage d'origine jusqu'à moment d'analyse.

Au moment du prélèvement, celui-ci doit être effectué aseptiquement à proximité immédiate d'une flamme selon la nature du produit le manipulateur s'aidera de pinces, ou spatules stériles, ces outils doivent être inoxydables et stérilisés par flambage ou au four pasteur.

I.3.2.1.1. Bactérie recherchée

- Germes totaux

En général représentent les germes mésophiles, aérobies ou anaérobies facultatifs, dont la propriété commune est d'avoir un optimum de croissance à 30 °C, elle se présente sous formes lenticulaires en masses

- Coliformes

Elles regroupent les *Escherichia klebsiella*, ils sont aérobies et anaérobies facultatifs. On les trouve en deux types, fécaux et totaux, Elles ont le pouvoir de fermenter le lactose avec production de gaz.

- Les levures et moisissures

Sont des champignons microscopiques aérobies strictes, ils se développent spécialement à la surface des aliments en formant des voiles des pellicules plus ou moins épaisses.

I.3.3. Qualité organoleptique ou sensorielle

Le produit doit présenter la couleur, l'arôme, et la saveur caractéristique de l'espèce du fruit à partir duquel il est obtenu.

Le jus doit avoir une coloration jaune à orange vif caractéristique de fruit préparé et transformé convenablement exempt de teinte brune

II.1.rappel sur les traitements thermiques

Les traitements thermiques sont utilisés en industrie alimentaire pour maîtriser la conservation, surtout la qualité sanitaire des produits. Ils peuvent être qualifiés de « pasteurisation » lorsque leur rôle est limité à l'élimination des formes végétatives des germes pathogènes et la plupart des non pathogènes, ou de « stérilisation » lorsque le traitement élimine toute entité viable. Ces traitements de stérilisation sont appliqués à des doses trop faibles pour préserver la qualité organoleptique des produits, et conduire à une destruction incomplète des micro-organismes. Après une lente récupération au sein de l'aliment, certaines de ces cellules pourront se développer et être la cause d'intoxication alimentaire ou d'altération du produit. Ce qui a attiré l'attention des industriels à connaître et à comprendre ces phénomènes d'endommagement infligés aux micro-organismes, afin d'en tenir compte dans l'application des barèmes de traitements en usine [6]

II.2.Les différents traitements thermiques**II.2.1.La stérilisation**

La stérilisation est une opération unitaire de traitement thermique des aliments [7] à haute température supérieure à 100 °C, elle permet expressément l'inactivation de toutes les formes microbiennes présentes, y compris les formes sporulées et plus particulièrement de *Clostridium botulium*[8] et l'inhibition des activités enzymatiques[7]. Les produits stérilisés, à condition d'être à l'abri de recontamination sont stabilisés et se conservent à température ambiante [8].

II.2.2.l'appertisation

La stérilisation d'un produit conditionné dans un récipient étanche s'appelle l'appertisation. Les produits obtenus sont des conserves [7].

II.2.2.La pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique à des températures comprises entre 60 et 100 C° ayant pour but de détruire la totalité des micro-organismes pathogènes non sporulés et de réduire significativement la flore végétative présente dans un produit. C'est un procédé de conservation limité pour lequel le produit doit être conditionné hermétiquement (avec ou sans atmosphère modifiée ou sous vide) et réfrigéré (le produit pasteurisé peut être en effet conservé à +4 °C de quelques jours à quelques semaines [9]

- **Découverte de la pasteurisation**

On doit à Louis Pasteur (1822-1895) le procédé universellement reconnu de la pasteurisation. Pour ne résumer que très brièvement la vie de Pasteur, il fut docteur en chimie et en physique à 25 ans, puis il devint doyen de la Faculté des sciences à Lille à 32 ans. Il fit beaucoup de travaux sur la cristallographie et sur les fermentations. Vers 1871, Pasteur étudia la fabrication de la bière et c'est à ce moment qu'il décela les causes des maladies de ce produit. C'est grâce à la pasteurisation que Pasteur parvint à démontrer comment on pouvait les éviter [9].

- **Objectifs de la pasteurisation**

La pasteurisation est une technique utilisée très fréquemment en agroalimentaire. L'objectif est d'allonger de façon significative la durée de conservation des aliments. La pasteurisation réduit au maximum les activités biologiques d'un produit tout en évitant de modifier ses caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles [10].

Les activités biologiques détruites ou inactivées par la pasteurisation sont :

- ✓ les flores non pathogènes d'altération des aliments ;
- ✓ les flores pathogènes et toxigènes (Salmonella, Brucella, Listeria, etc.
- ✓ les enzymes endogènes comme la lipoxigénase du soja (oxygénase qui catalyse l'oxygénation des acides gras polyinsaturés) ou la plasmine présente dans le lait (protéase dont le spectre d'action est assez large) ;
- ✓ les enzymes intracellulaires nuisibles

La pasteurisation, comme tout traitement thermique, doit permettre :

- ✓ De préserver l'aspect nutritionnel du produit tel que la non-destruction des vitamines.
- ✓ De ne pas modifier ses qualités organoleptiques telles que l'absence de brunissement, de décoloration, de goûts de cuit, de rupture de l'émulsion, de coagulation des protéines, etc.

La pasteurisation présente donc un inconvénient majeur : elle ne détruit pas les flores sporulées.

En fonction des barèmes, plusieurs types de pasteurisation sont effectués ^[10] :

Basse pasteurisation : 60-65°C pendant 30 min

Haute pasteurisation : 70-75°C pendant 15 s

Flash pasteurisation : 90°C pendant quelques s

Le traitement thermique modéré qu'est la pasteurisation nécessite par la suite une conservation au froid (3-4 °C). Si le barème de pasteurisation n'est pas respecté, il peut y avoir deux principales conséquences :

- ✓ Sur-pasteurisation : Température trop élevée ou temps de séjour trop long
Entraîne un goût de « cuit » Réaction de brunissement non enzymatique
- ✓ Sous-pasteurisation : Température trop basse ou temps de séjour trop court Risque de ne pas détruire toute la flore pathogène

II.4. concepts et définitions des paramètres de pasteurisation

II.4.1. Le temps de réduction décimale (D)

Soit N_0 le nombre de microorganismes initialement présents dans un aliment. Au cours d'un Traitement thermique on a observé que le logarithme du nombre de microorganismes survivants en fonction du temps était linéaire. De plus, on a constaté que si on change le nombre initial de microorganismes, on obtient une droite parallèle à la première.

Ainsi, il Suffit simplement de savoir la pente du droit $\log(N)=f(t)$ pour décrire la cinétique de destruction d'une souche étudiée. Conventionnellement, c'est l'inverse de la pente qui est utilisée et on la nomme « temps de réduction décimale » (symbole D)

- **Détermination graphique de Dréf**

La courbe de survie $\log N = f(t)$ permet de déterminer Dréf. L'inverse de la pente de cette droite est Dréf.

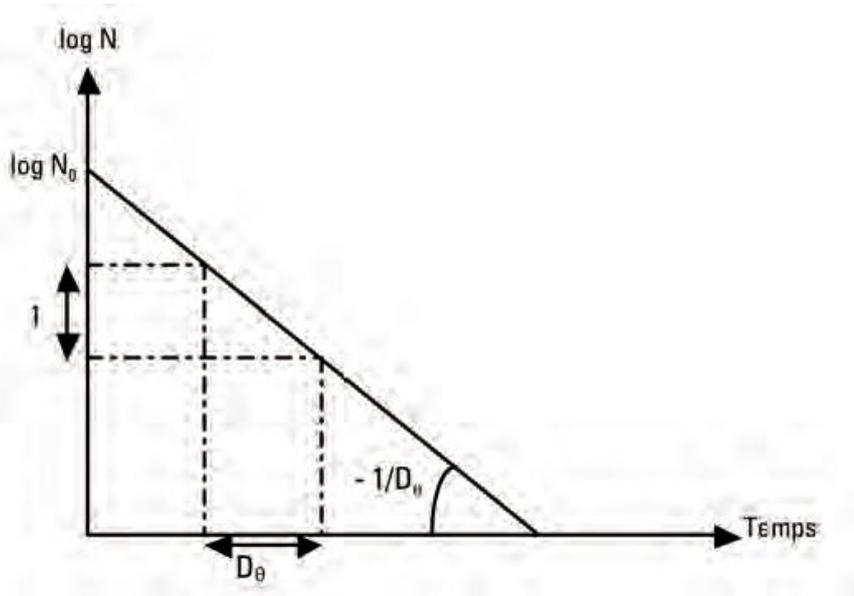


Figure N°2: courbe de survie [12]

Alors:

$$\log \frac{N_0}{N} = -\frac{t}{D} \dots \dots \dots (1)$$

En effet, ce temps correspond à la destruction de 90% de la population, c'est-à-dire à la division par 10 de son effectif. [13]

II.4.2. Le taux de réduction décimale

Appelé aussi efficacité pasteurisatrice (n) à la température T est :

$$n = \log \frac{N_0}{N} \dots \dots \dots (2)$$

Une réduction décimale n correspond à un taux de survivants

$$\frac{N}{N_0} = 10^{-n} \dots \dots \dots (3)$$

L'équation précédente peut alors s'écrire :

$$n = \frac{t}{D_{réf}} \dots \dots \dots (4)$$

N_0 : Nombre (ou concentration) de micro-organismes avant traitement thermique

N : Nombre (ou concentration) de micro-organismes survivants à l'instant t

t : Temps d'exposition des micro-organismes à la chaleur (s ou mn)

Dréf : Temps de réduction décimale (s ou mn)

II.4.3. Le coefficient de résistance à la chaleur (Z)

Z c'est l'élévation de la température en degré Celsius qui permet de réduire le temps de réduction décimale de dix fois.

Z est obtenu à partir d'un graphe qui représente la variation de logarithme décimale de D en fonction de la température [14]

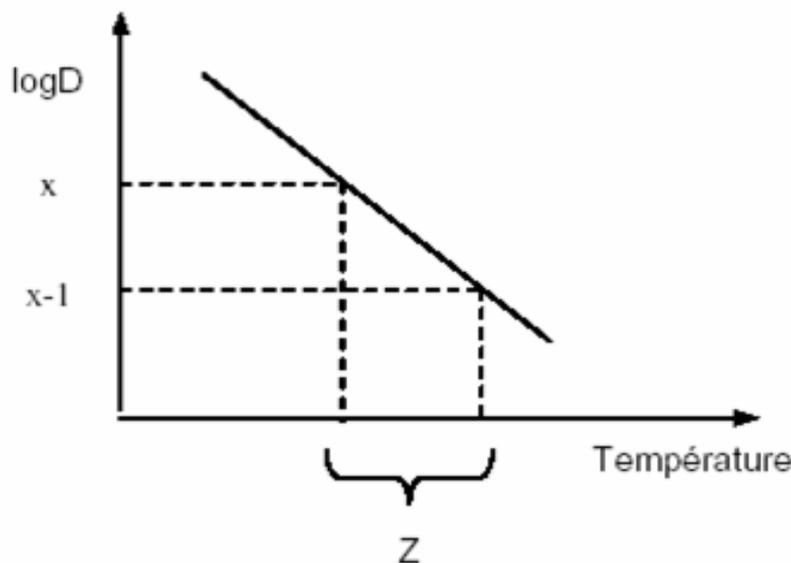


Figure N°3: Influence de la température sur la résistance d'un micro-organisme [15]

On a alors :

$$\log(D) = \frac{T}{Z} \dots \dots \dots (5)$$

$$\log\left(\frac{DT^1}{DT^2}\right) = \frac{T^2 - T^1}{Z} \dots \dots \dots (6)$$

$$\left(\frac{DT_1}{DT_2}\right) = 10^{\frac{T_2-T_1}{Z}} \dots \dots \dots (7)$$

$$DT_1 = D \cdot 10^{\frac{T_2 - T_1}{Z}} \dots \dots \dots (8)$$

Ainsi, $T_1 = T$ et $T_2 = T_{\text{réf}}$ on peut exprimer D selon l'équation suivante :

$$D = D_{\text{réf}} \cdot 10^{\frac{T_{\text{réf}} - T}{Z}} \dots \dots \dots (9)$$

II.5. Détermination de l'efficacité d'un traitement thermique

II.5.1. La valeur stérilisatrice

La valeur stérilisatrice est une durée de traitement thermique, exprimée en minutes, à une température donnée (appelée température de référence), qui permet la destruction d'une certaine quantité de micro-organismes cibles dont les caractéristiques de thermo-résistance sont connues. Elle est toujours calculée dans la zone du produit la moins exposée à la chaleur (au centre pour les produits conductifs [16])

La température de 121,1°C est retenue comme référence internationale et le germe de référence est *Clostridium botulinum* pour lequel le paramètre d'activation thermique (Z) est 10°C. La valeur stérilisatrice est exprimée par la relation suivante, [16]

$$V_S = \int_0^{t_{\text{final}}} 10^{\frac{T(t) - 121,1}{Z}} \cdot \Delta t \dots \dots \dots (10)$$

II.5.2. La valeur cuisatrice

Elle représente les modifications des qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits alimentaires (couleur, flaveur, texture) aux cours de la pasteurisation, Ces modifications qualitatives, survenant en fonction du temps et de la température, sont décrites, en analogie avec la valeur stérilisatrice, par la valeur cuisatrice dont la température de référence est 100°C. La valeur cuisatrice exprimée par la relation suivante, [16]

$$V_C = \int_0^{t_{\text{final}}} 10^{\frac{T - 100}{Z}} \cdot \Delta t \dots \dots \dots (11)$$

II.5.3. le facteur de létalité

La létalité est la valeur stérilisatrice obtenue à la température T pendant une minute. On la nomme également la valeur de destruction biologique (VDB) affectée à la température T. On la note L. Elle est définie par :

$$L = 10^{\frac{T-T_{\text{réf}}}{z}} \dots \dots \dots (12)$$

Avec :

T_{réf} : la température de référence

Z : écart de température permettant de réduire la durée du traitement thermique d'un

Facteur 10 pour la même efficacité

T : les températures relevées à des intervalles de temps Δt (1 min) dans le produit [16]

II.6. Optimisation et conception du barème de pasteurisation

L'optimisation permet d'atteindre un objectif hygiénique en limitant au maximum les réactions secondaires telles que l'effet de cuisson et la destruction des enzymes, les contraintes organoleptiques et nutritionnelles limitent le choix des conditions du travail. Tout d'abord le traitement thermique doit être le plus sélectif possible en détruisant le minimum de vitamines ou de chlorophylle ; éviter le brunissement du lait, le goût de cuit pour les boissons pasteurisées empêcher la rupture d'une émulsion telle qu'une sauce tomate, etc.

Ces phénomènes obéissent à des lois du même type que la destruction des microorganismes. On peut donc déterminer des valeurs de Z et D pour ces phénomènes.

Enfin la contrainte peut être d'ordre technologique, telle que la nécessiter d'éviter la coagulation du blanc d'œuf que l'on veut pasteuriser [17]

En revanche de ces contraintes pour la conception d'un barème de stérilisation il faut tenir compte :

- de la valeur stérilisatrice à atteindre.

- de la zone du produit où ce traitement minimal doit être appliqué : notion du point critique du produit. On considère évidemment que si le point critique (ou la fraction critique) du produit reçoit le traitement minimal prévu, toute autre zone reçoit un traitement supérieur ou égal en termes d'efficacité décontaminant.

- de la vitesse pénétration de la chaleur dans le produit, influencée elle-même par une éventuelle agitation.

- du choix de la température de traitement en palier.

- des caractéristiques du matériel (autoclave) mis en œuvre.

Dès que l'on connaît les caractéristiques thermiques du couple produit / emballage et du matériel de traitement thermique, le choix de la température de travail induit une durée de barème nécessaire pour atteindre l'objectif de la valeur stérilisatrice ou pasteurisatrice au point critique. Cette durée de barème peut être déterminée par des méthodes de calculs prédictives (méthode de Ball), par expérimentations successives (méthode de Bigelow) ou par l'adaptation d'un barème existant en interne et déjà validé pour des conditions de fabrication similaires [19]

II.7.méthodes d'optimisation de la pasteurisation

II.7.1. Optimisation à température constante

Lorsqu'on pasteurise ou stérilise un liquide par échangeur à plaques (flash pasteurisation) ou par injection directe de vapeur (lait UHT) ; On veut choisir le meilleur couple (T, t) de manière à obtenir à la fois :

- ✓ une certaine valeur stérilisatrice V_s ou pasteurisatrice V_p
- ✓ une certaine valeur destructrice G

Dans ces conditions, le couple (T, t) recherché appartient à la droite passant par le point (T réf, log F) et de pente $-1/z$ représentée par la (figure N°4) suivante.

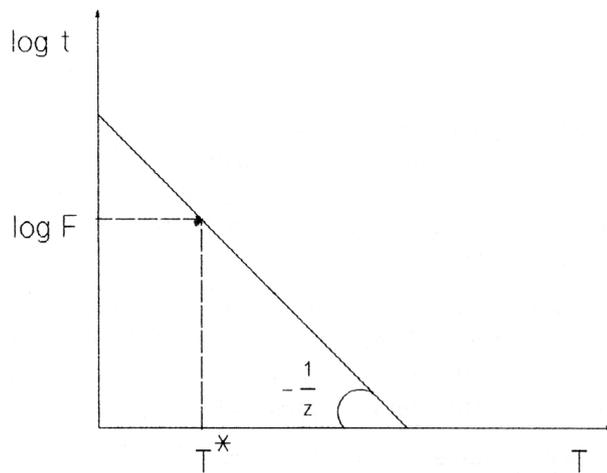


Figure N°4: Diminution du temps de traitement en fonction de la température

L'équation d'une telle droite est :

$$\frac{\log t - \log F}{T - T^*} = \frac{-1}{Z} \dots \dots \dots (13)$$

Autrement dit :

$$\log t = \frac{T - T^*}{Z} + \log F \dots \dots \dots (14)$$

De même, pour satisfaire à la deuxième condition, le couple (t, T) devra, à la limite, appartenir à la droite d'équation:

$$\log t = \frac{T - T^*}{Z'} + \log G \dots \dots \dots (15)$$

La température limite à appliquer correspond donc à l'abscisse du point d'intersection des droites d'équations 14 et 15 :

$$T = \frac{(\frac{1}{Z} - \frac{1}{Z'})T^* + \log \frac{F}{G}}{\frac{1}{Z} - \frac{1}{Z'}} \dots \dots \dots (16)$$

La valeur de Z associée à la destruction thermique des micro-organismes étant fixée généralement à 10 °C, sauf exception les valeurs de Z' associées aux « réactions secondaires » sont supérieures à 10 °C.

Dès lors :

$$Z' > Z \rightarrow \frac{1}{Z} - \frac{1}{Z'} > 0$$

Dans ces conditions, l'équation (16) fait apparaître une fonction $T = f(G)$ qui est décroissante.

Cela signifie en clair que si on souhaite une « valeur destructrice » élevée (cas des enzymes), on choisira une température basse de la stérilisation. Au contraire, si on souhaite une « valeur destructrice » faible (protection des vitamines, pas de dénaturation des protéines, pas de brunissement etc.), on travaillera à haute température avec des faibles durée de traitement (Figure N°5) [17]

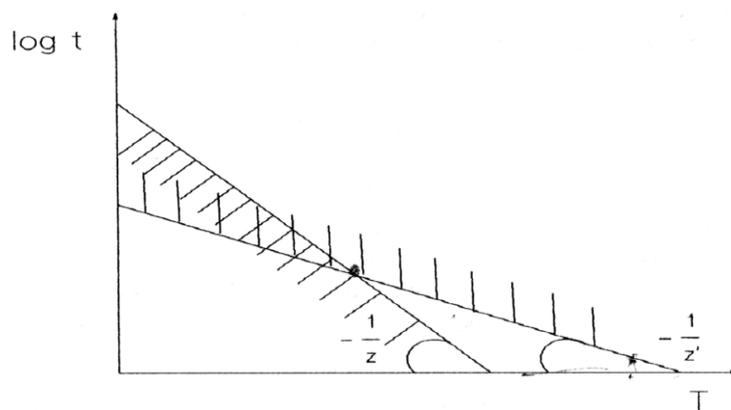


Figure N°5 : Optimisation d'un traitement thermique à température constante.

L'équation (16) et le fait que Z' supérieure à Z , justifient donc les traitements de type HTST (High Température Short Time) de plus en plus couramment appliqués. Bien entendu, ce type de traitement peut avoir pour inconvénient une destruction insuffisante des enzymes (lait UHT).

Utilisant comme micro-organisme de référence *Bacillus stearothermophilus*, **periet al.(1988)**, ont appliqué cette méthode à la pasteurisation du lait. Ils en concluent qu'une pasteurisation à 85 °C pendant 4,2 s est préférable au barème classiquement appliqué (75 °C pendant 20 s).

II.7.2.Optimisation à températures variables

Les traitements thermiques couramment appliqués peuvent être décrits comme la succession de quatre phases : Une phase de « Come Up Time » (CUT) consistant en une élévation de la température de l'enceinte, suivie d'une phase de palier durant laquelle la température est maintenue constante à une température $T_{réf}$, puis une phase de refroidissement de « Come Down Time » (CDT) suivie d'un palier de refroidissement jusqu'à l'obtention de la température à cœur désirée.

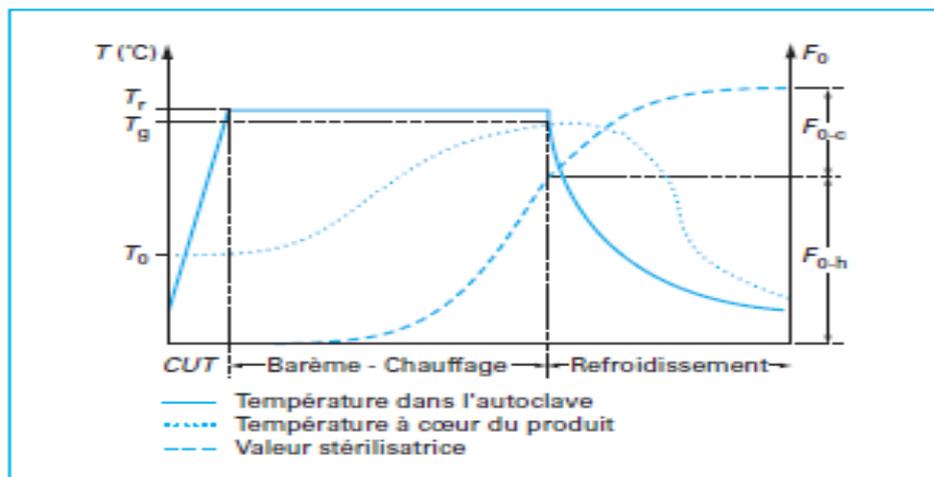


Figure N°6 : Évolution des températures de l'autoclave, produit et de la valeur pasteurisatrice durant un cycle de pasteurisation en autoclave [18].

Avec :

T_r ($^{\circ}\text{C}$) : température constante de régime de l'autoclave en $^{\circ}\text{C}$.

CUT (mn) : Come Up Time ou délai de mise en régime c'est le temps requis pour atteindre la température de régime stable de l'autoclave.

T_0 ($^{\circ}\text{C}$) : température initiale au point critique du produit.

B (mn) : la durée du barème au sens usuel.

T_g ($^{\circ}\text{C}$) : température atteinte au point critique du produit à la fin de la phase de chauffage de l'autoclave.

F_0 (mn) : la valeur stérilisatrice totale acquise en fin de cycle (chauffage puis refroidissement) donc, $F = F_{-h} + F_{-c}$.

F_h : la valeur stérilisatrice acquise durant le chauffage de l'autoclave.

F_c : la valeur stérilisatrice acquise durant le refroidissement de l'autoclave [18]

Les méthodes d'optimisation des traitements classiques présentent des limites, notamment pour les produits à caractère conductif où la chaleur se propage de proche en proche. Après un traitement thermique classique, ces produits présentent une forte hétérogénéité de cuisson entre le centre et la périphérie, affectant ainsi les caractères organoleptiques du produit qui devraient être préservés. Un procédé qui permettrait d'améliorer l'uniformité de la pénétration de la chaleur dans un produit conductif apporterait beaucoup d'avantages par rapport aux barèmes classiques en termes de qualité, de temps total et peut être même de consommation énergétique. D'où le début des réflexions sur la problématique des traitements thermiques à température variable.

II.7.2.1.méthode de Bigelow

- **Critique de la méthode**

Cette méthode doit être considérée comme la méthode de référence car elle s'appuie sur la courbe expérimentale $L(\text{Température}) = f(\text{temps})$ et ne fait appel à aucun modèle mathématique ni à la moindre hypothèse de départ.

Cette méthode est basée sur l'équation suivante :

$$VC = \int_0^t L(T) \cdot \Delta t \dots \dots \dots (17)$$

À partir de l'enregistrement de l'évolution de la température à cœurs du produit lors du traitement thermique on procède à la résolution graphique.

$$VC = \sum_i L_i \cdot \Delta t_i \dots \dots \dots (17)$$

$$L = 10 \frac{T - T_{\text{réf}}}{Z} \dots \dots \dots (18)$$

Avec :

L : appelé facteur de Bigelow, valeur de destruction biologique ou encore facteur de létalité.

T : température du palier.

$T_{\text{réf}}$: température de référence (100 C°)

On trace L(T) on fonction de la température T donc on peut calculer V_p ou V_s comme étant l'aire sous la courbe L(T) qui représenté sur (figure N°7) [17]

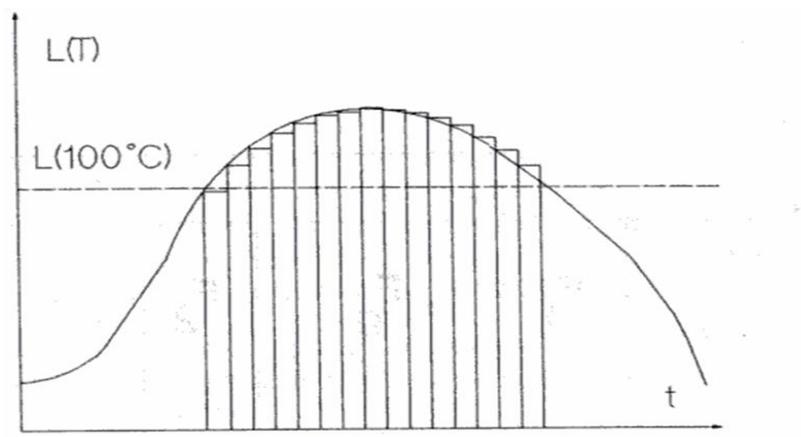


Figure N°7: Aire d'intégration permettant de calculer d'une valeur stérilisatrice selon la méthode de Bigelow

- **Détermination de la durée du traitement**

Pour une valeur fixée de F ou VC on peut déterminer la durée de palier à cour du produit graphiquement (figure N°8)

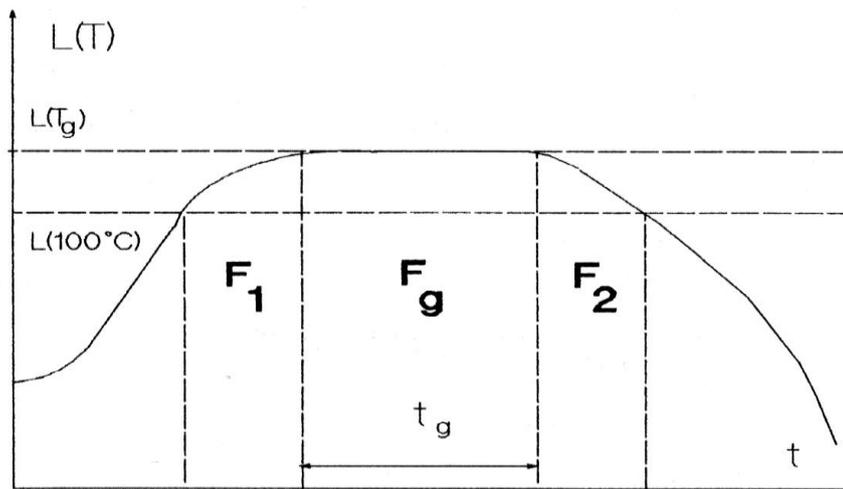


Figure N°8 : Détermination de la durée du palier à cœur du produit pour une valeur fixée de F.

Tracer la courbe $L(T)=f(t)$ à partir de l'enregistrement de température.

Soit T_g la température du palier à cœur du produit ; Bigelow proposa de découper la courbe en trois zones :

- zone de chauffage pour : $L(100\text{ °C}) < L < L(T_g)$
- palier pour : $L=L(T_g)$.
- zone de refroidissement pour : $L(100\text{ °C}) < L < L(T_g)$.

Alors les valeurs stérilisatrices F_1 et F_2 correspondant respectivement aux zones de chauffage et de refroidissement sont calculées :

La valeur stérilisatrice correspondant du palier doit donc être :

$$F_g = F - (F_1 + F_2)$$

La durée du palier à cœur du produit doit donc être :

$$t = \frac{F_g}{L_g}$$

Grace à l'enregistrement simultané de la température du milieu chauffant, on pourra en déduire quelle doit être la durée du palier de l'autoclave [20]

II.7.2.2.Méthode de Ball (1923)

- Principe de la méthode

Ball a proposé une représentation des barèmes de stérilisation en coordonnées semi logarithmiques, avec, en abscisse le temps t , et en ordonnée la différence entre la température de régime (réputée constante) et la température au point critique du produit au temps t . On obtient schématiquement une représentation linéarité telle que celle présentée (figure N°9

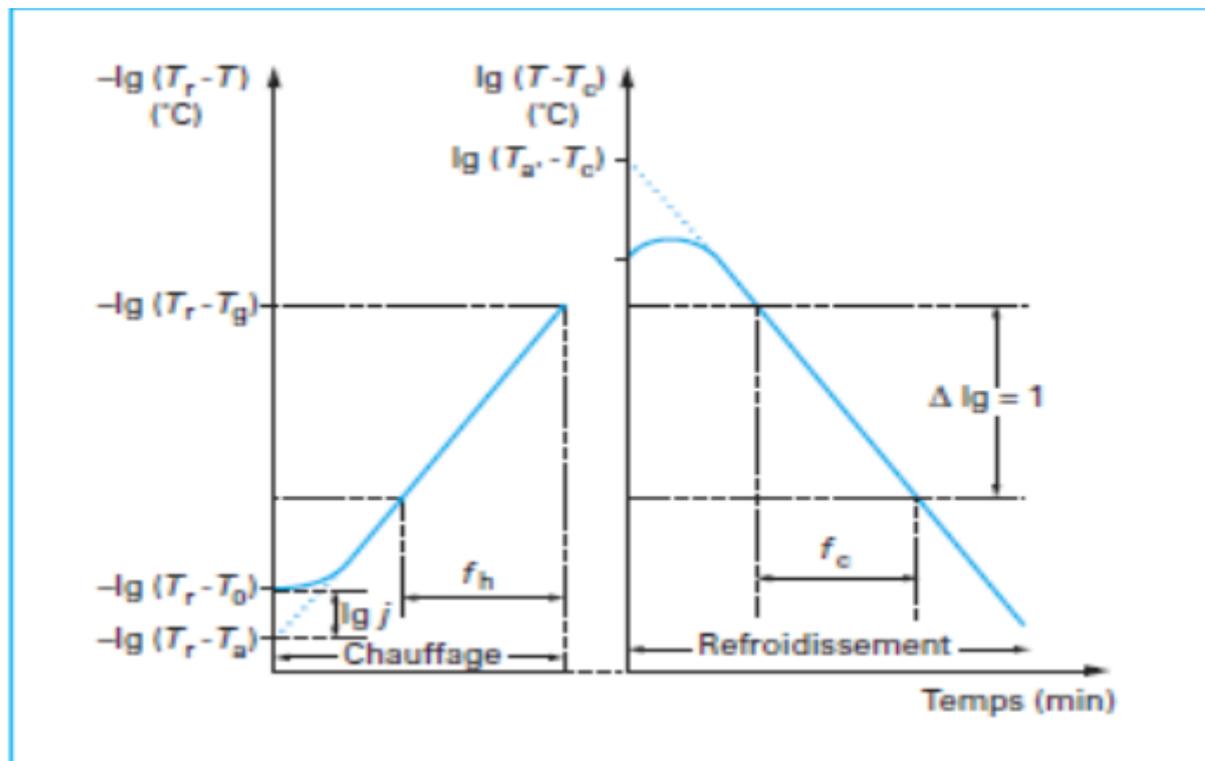


Figure N°9 : Représentation graphique semi-logarithmique de la cinétique d'évolution de la température au point critique de produit

Détermination des paramètres de pénétration de chaleur pour leur exploitation par la méthode de Ball On différencie trois parties :

la montée en température du produit représentée par une droite dans le cas d'une température de régime constante (hypothèse indispensable), le refroidissement du produit également représenté par une droite, et un raccord hyperbolique entre ces deux droites.

L'équation de la courbe de pénétration de chaleur au chauffage est, d'après cette représentation, la suivante

$$\log(Tr - Ta) - \log(Tr - T) = \frac{1}{fh} * t \dots\dots\dots(19)$$

Avec :

Tr : température de régime.

Ta : ordonnée à l'origine de la droite de pénétration de chaleur,

T : température au point critique du produit à l'instant t

fh : temps de traversée d'un cycle logarithmique de température (le taux de chauffage (en minutes))

On déduit alors :

$$t = fh \cdot \log \frac{Tr-Ta}{Tr-T} \dots\dots\dots(20)$$

Afin de tenir compte de retard avec lequel la vitesse assume l'allure logarithmique, on définit le paramètre j (le facteur de retard au chauffage):

$$j = \frac{Tr - Ta}{Tr - T_0} \dots\dots\dots(21)$$

Avec

T₀ : température initiale au point critique du produit.

L'équation (20) devient alors :

$$t = fh \cdot \log \left[j \frac{Tr-T_0}{Tr-T} \right] \dots\dots\dots(22)$$

Ainsi, la phase de chauffage est entièrement définie par les valeurs Tr et T₀ connues de l'opérateur et les paramètres fh et j mesurés expérimentalement.

La phase de refroidissement peut être traitée de la même manière. On obtient :

$$t = fc \cdot \log \left[jc \frac{Tc-T_0}{Tc-T} \right] \dots\dots\dots(23)$$

Avec :

f_c : temps de traversée d'un cycle logarithmique de température,

j_c : facteur de retard au refroidissement,

T_c : température de l'eau de refroidissement,

T : température du point critique du produit au temps t quelconque pendant le refroidissement,

T_a' : ordonnée à l'origine de la droite de refroidissement.

Les valeurs f_h , f_c et j dépendent du format du récipient et du comportement thermique du produit (comportement conductif ou convectif, conductivité thermique, etc.). Ball fait l'approximation que $f_c = f_h$, ce qui est vérifié dans la plupart des cas. Des équations précédentes, on déduit le **temps de barème** si le délai de mise en régime de l'appareil est nul :

$$B = f_h \cdot \log \left[j \frac{T_r - T_0}{T_r - T_g} \right] \dots \dots (24)$$

Avec :

B : temps de barème,

Pour tenir compte de l'effet stérilisateur obtenu durant la mise en régime des appareils de stérilisation, Ball a déterminé expérimentalement qu'il fallait retrancher 42 % du délai de mise en régime (CUT Come Up Time) au temps de barème B . Donc le temps de barème total s'exprime sous la forme :

CUT : il est symbolisé par t_c

$$B_t = B - 0.42CUT \dots \dots (25)$$

Grâce aux équations (24) et (25), il est donc possible de déterminer, lorsque les paramètres produits (f_h et j) et processe (T_r , T_0 , CUT) sont connus, le barème B à appliquer pour obtenir une température de produit en fin de barème T_g .

Or, si U est le temps nécessaire, à la température de régime, pour obtenir le même effet stérilisateur que l'évolution de la température du produit, on a :

$$VC = U \cdot 10^{\frac{T-Tréf}{z}} \dots\dots(26)$$

$$VC = \frac{fh}{fh/U} \cdot 10^{\frac{Tr-Tréf}{z}} \dots\dots(27)$$

Avec Tréf température de référence (=100 C°), et

$$B = fh \cdot \log \left[j \cdot \frac{Tr-T_0}{Tr-Tg} \right] \dots\dots\dots(28)$$

Grâce à des tables de correspondance entre $f h / U$ et $(Tr - Tg)$ réalisées par Ball et issues d'un travail expérimental très important, dont un extrait est fourni en annexe (1), on peut donc calculer, connaissant les paramètres $f h$ et j et les conditions de travail, le barème à appliquer pour obtenir une certaine valeur stérilisatrice (ou inversement, calculer une valeur stérilisatrice obtenue à partir d'un barème connu).

II.8. Les échangeurs de chaleur

II.8.1. Définitions d'un échangeur de chaleur

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides [21]

II.8.2. L'utilisation des échangeurs

Les échangeurs de chaleur sont utilisés dans de nombreux domaines industriels

- pour réchauffer ou de refroidir un fluide à l'aide d'un autre fluide (batteries chaude ou froide, évaporateur ou condenseur, tour de refroidissement, etc.)
- Quand deux réseaux de distribution de fluides doivent être séparés pour des problèmes sanitaires ou de corrosion (chauffe-eau solaire, géothermie, etc...)
- Quand deux réseaux de distribution de fluides doivent être séparés pour des problèmes de pression (chauffage urbain).

II.8.3. Échangeur à faisceau tubulaire

Un schéma typique d'un échangeur tubes calandre est présenté ci-contre. L'appareil est constitué d'un faisceau de tubes, disposés à l'intérieur d'une enveloppe dénommée calandre. L'un des fluides circule à l'intérieur des tubes et l'autre à l'intérieur de la calandre, autour des

tubes. On ajoute en général des chicanes dans la calandre, qui jouent le rôle de promoteurs de turbulence et améliorent le transfert à l'extérieur des tubes.

À chaque extrémité du faisceau sont fixées des boîtes de distribution qui assurent la circulation du fluide à l'intérieur du faisceau en une ou plusieurs passes. La calandre est elle aussi munie de tubulures d'entrée et de sortie pour le second fluide (qui circule à l'extérieur des tubes) suivant le chemin imposé par les chicanes (figure N°10).

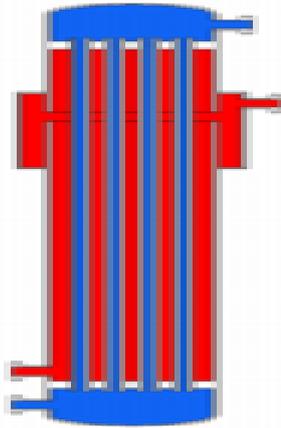


Figure N°10 : Schéma d'un échangeur tubulaire

II.8.4. Les transferts de chaleur

Un transfert thermique, appelé plus communément chaleur [22] est un transfert d'énergie microscopique désordonnée. Cela correspond à un transfert d'énergie thermique entre 2 corps physiques par conduction, convection ou rayonnement

II.8.5. types d'échangeurs de chaleur selon le mode circulation des fluides

II.8.5.1. Les échangeurs à co-courant (échangeur anti-méthodique)

Les deux fluides sont disposés parallèlement et vont dans le même sens. Dans un échangeur anti-méthodique la température de sortie du fluide froid est nécessairement moins élevée que la température de sortie du fluide chaud.

II.8.5.2. Les échangeurs à contre-courant (échangeur méthodique)

La même chose que Co-courant mais les courants vont dans des sens opposés. Dans un échangeur méthodique, le coefficient d'échange est sensiblement supérieur à celui d'un échangeur anti-méthodique et la température de sortie du fluide froid peut être plus élevée que la température de sortie du fluide chaud.

II.8.6. Le traitement en vrac

Le produit est alors traité avant d'être conditionné. On n'a donc pas un suivi de température par un système de sonde à cœur mais on passe par le calcul du temps de séjour dans les différentes parties du pasteurisateur par exemple puis on détermine l'évolution de la température du produit entre son entrée et sa sortie dans les différents échangeurs.

Exemple d'un échangeur fonctionnant à contre-courant (figure N°11):

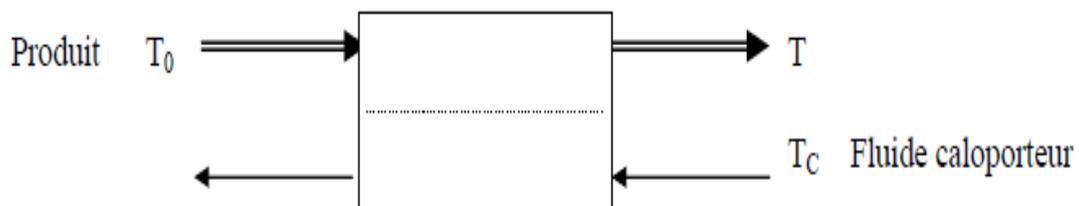


Figure N°11 : schéma d'un échangeur fonctionnant à contre –courant

Le fluide caloporteur permet le chauffage ou le refroidissement du produit.

L'évolution de la température du produit dans les échangeurs suit la loi suivante :

$$\log (T_C - T_0) / (T_C - T) = k.t$$

Avec

T_0 = température du produit au temps t

T_c = température d'entrée du fluide caloporteur

T = température du produit à l'instant t

k = coefficient spécifique à chaque échangeur en s^{-1}

t = temps

Cette formule est utilisée pour le calcul de k sur une étape du traitement et pour le calcul de T pour chaque Δt .

Une fois le profil thermique obtenu, le calcul de la valeur pasteurisatrice s'effectue en deux étapes :

- ✓ la détermination de L = taux de létalité.

- ✓ le calcul de l'aire sous la courbe des $L = f(t)$

Notre objectif est d'optimiser le barème de pasteurisation de produit (boisson) pour deux Viscosités différentes. Le but est de déterminer un couple temps température adapté à la Pasteurisation de ce produit. Pour accomplir notre tâche, nous effectuerons un premier essai au niveau de la société de Ramy (Sarl Ramy and beverage company) celle qui utilise un pasteurisateur tubulaire pour la Pasteurisation de ces boissons.

Par ailleurs, cette étude nous permettra de déterminer l'évolution de la température du produit en fonction de temps au cours de la pasteurisation et de tracer le diagramme du traitement.

Nous déterminerons ensuite les Caractéristiques de transfert de chaleur et l'efficacité du pasteurisateur et la valeur cuisatrice dans le produit, en utilisant des modèles Mathématiques (méthode BIGELOW).

La première partie du travail a été réalisée au niveau de la société de Ramy (Sarl Ramy and beverage company) qui consiste au calcul des paramètres d'un pasteurisateur tubulaire utilisé pour la flash pasteurisation de la boisson à une température de 99 C° pendant 20 s.

Pour cela on a étudié l'évolution de température de produit en fonction de temps au cours de la pasteurisation et on a tracé le diagramme de ce traitement.

III. Présentation de l'entreprise

« RAMY BEVERAGE COMPANY » est une entreprise algérienne privée à la responsabilité bien spécifiée.

Créée en janvier 2013, elle se dote de 141 travailleurs répartis en différentes postes et tâches.

L'entreprise fabrique deux produits :

-Jus de fruits Ramy (cannettes).

-Boisson Energétique

Son siège social est situé à « LOT 153 C SECTION 07 Z-I ROUIBA, Alger » et son industrie est située à la zone industrielle de REGHAIA.

III.1 Structure de l'entreprise

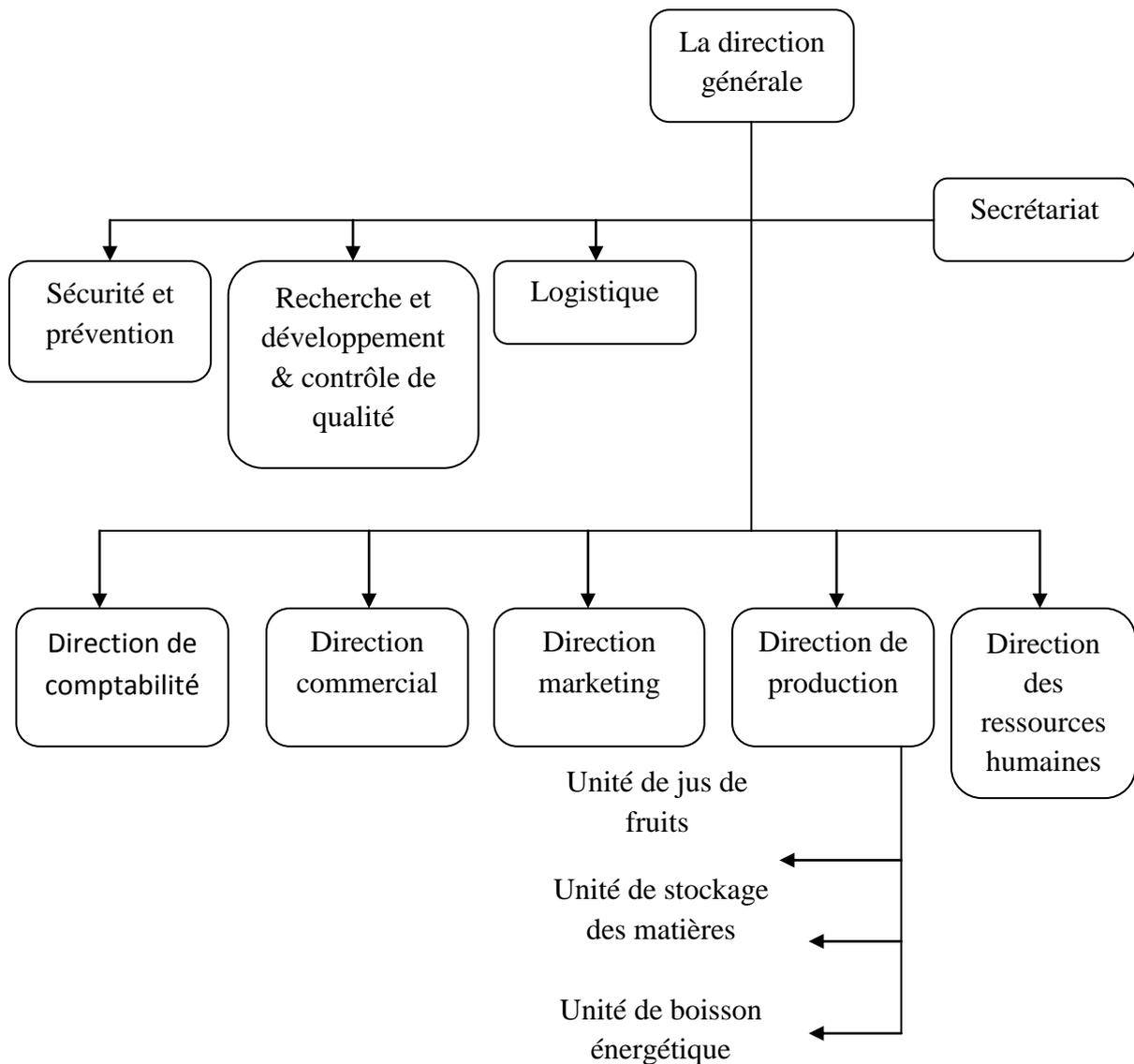
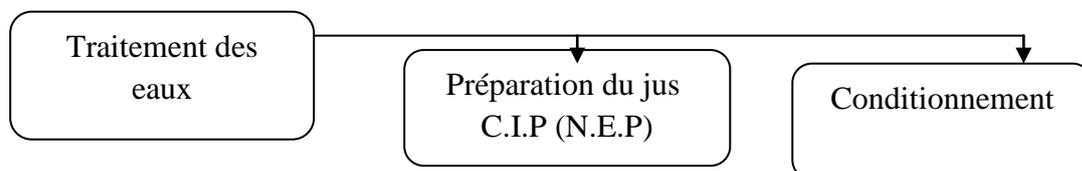


Figure N°12 : Organigramme de la société(RAMY)

III.2. processus de fabrication des jus Ramy

Le procédé de fabrication du jus est constitué comme suit :

- Traitement des eaux.
- Préparation du jus + système de nettoyage.
- Conditionnement.



III.2.1. Traitement des eaux

L'eau, considérée comme un facteur important dans le procédé de fabrication du jus, on lui effectue un traitement afin d'apporter une qualité hygiénique et organoleptique au produit.

En soutirant l'eau d'un forage, celle-ci est chlorée ensuite stocké dans une bache à eau, après avoir effectué ces deux opérations l'eau passe par une station de traitement qui est constituée comme suit :

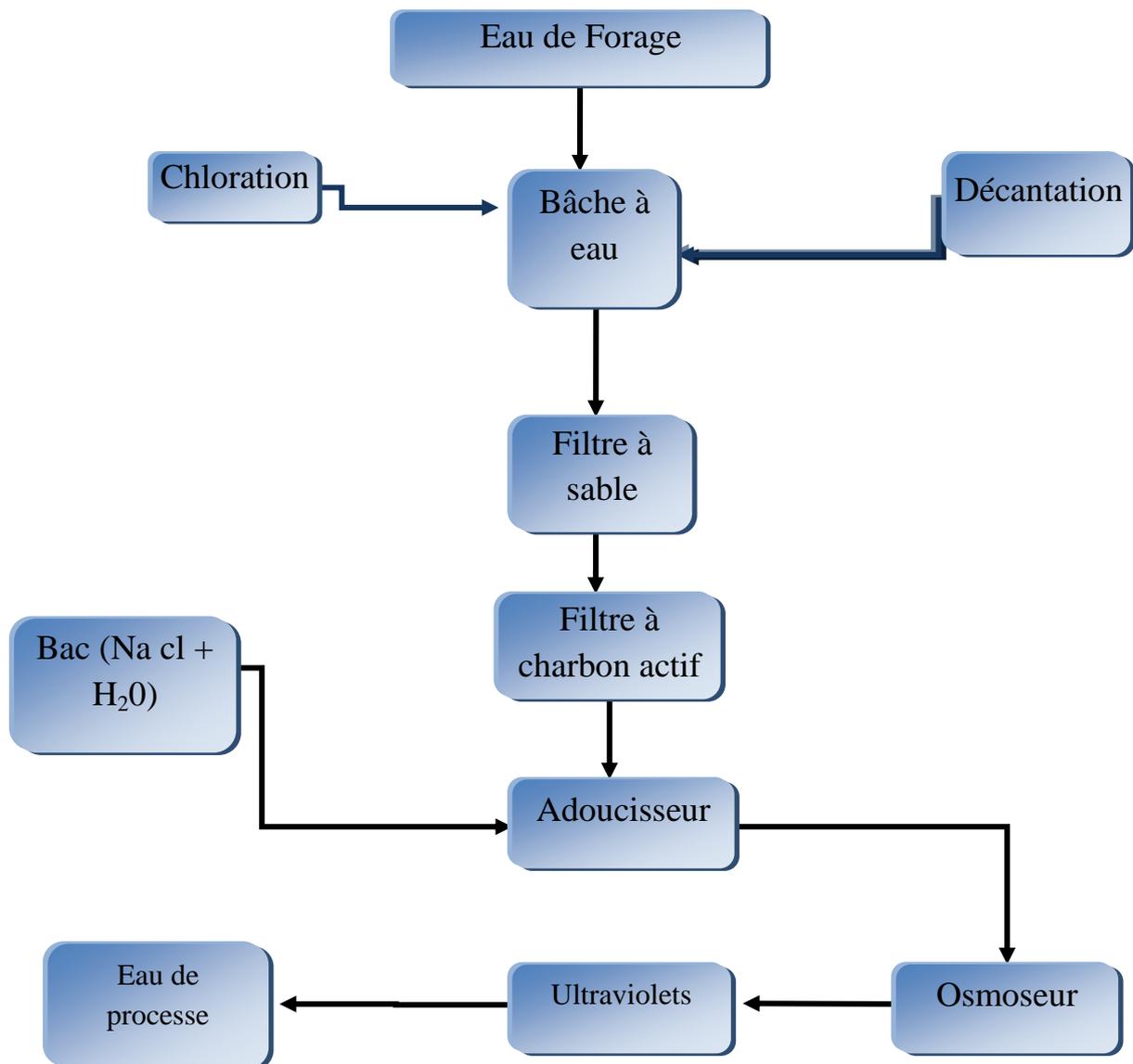


Figure N°13 : station d'eau dans l'unité (Ramy)

III.2.1.1. Les analyses physico- chimique des eaux

- Analyse de chlore libre :

Ce protocole décrit la méthode colorimétrique utilisée pour la détermination de la concentration du chlore libre dans les eaux dont la teneur se situe entre 1 à 3 ppm

- analyse de chlorure :

Ce protocole décrit une méthode titra métrique pour la détermination de la concentration en chlorures dans les eaux traitées, les eaux de bêche alimentaire et les eaux de chaudière.

- Analyse TA et TAC :

TA : Titre alcalimétrique simple lié à la teneur en bases fortes (OH^- , CO_3^{--}), présentes dans l'eau.

TAC : Titre alcalimétrique complet lié à la teneur en bases fortes (OH^-) et en bases faibles (CO_3^- , HCO_3^-).

Ce protocole décrit la méthode d'analyse de l'alcalinité d'une eau par la mesure du titre alcalimétrique simple (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC).

- Analyse de TH :

Ce protocole décrit la méthode d'analyse de dureté d'une eau par la mesure du titre hydrométrique (TH).

- Analyse de PH :

Le pH est un indicateur déterminant pour l'acidité de l'eau, varie en fonction de divers éléments

III.2.2. Système de nettoyage

- C.I.P (Cleaning in place):

Système de lavage intégré aux installations. Largement automatisé le dispositif applique des programmes faisant intervenir successivement différents produits de nettoyage et désinfection et terminant le cycle par un rinçage.

Se fait par des détergents : un acide, une base, plus de l'eau chaude.

L'acide nitrique est utilisé comme agent détartrant, et la base choisie n'est autre que la soude avec une faible concentration qui varie entre 1.5-2 %.

Le nettoyage se suit par plusieurs opérations telle qu'on effectue un premier rinçage avec de l'eau dont la température est de 75 °C pendant 10 -20min , puis la soude est envoyé à travers le procédé à une température de 80-85°C pendant quelques minutes pour l'élimination

de la matière organique dans le circuit qui peut provoquer des contamination , on réitère avec un rinçage à l'eau tiède avec un temps de 5 min ,puis on envoie l'acide nitrique à une température de 70-75 °C pendant 5 min pour éliminer les minéraux qui peuvent provoquer des colmatages de circuit

Enfin on termine avec le dernier rinçage à l'eau tiède qui durera 10 min.

Le nettoyage s'effectue après chaque arrêt de production pendant 35 min.

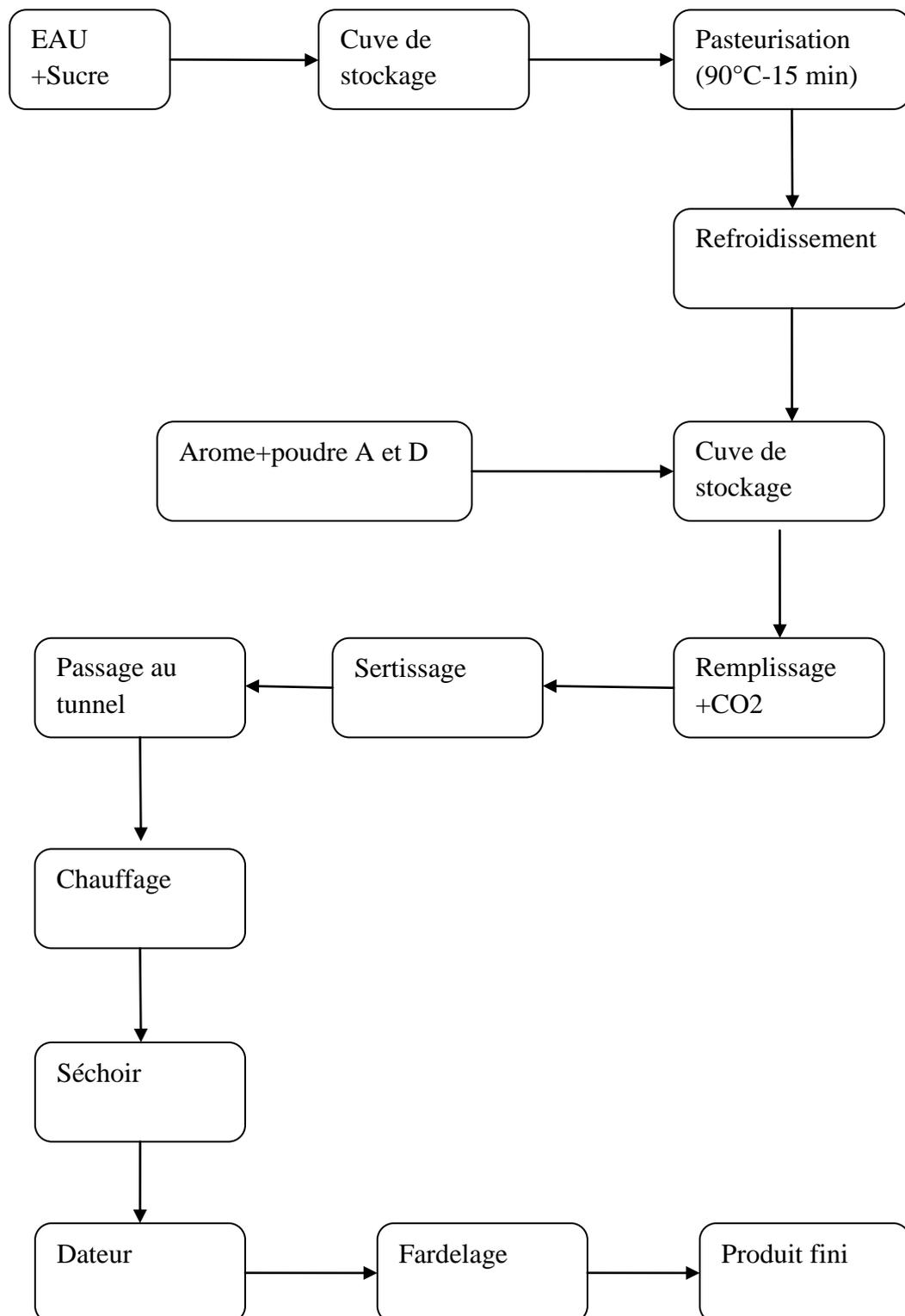
III.2.3.Préparation de boisson gazeuse (énergisant)

Est une boisson destinée à donner un regain d'énergie à son consommateur, en utilisant un mélange de différents ingrédients stimulants.

Les boissons énergisantes comportent le plus souvent une grande variété de composés organiques excitants comme la caféine, les vitamines de la série B, la taurine, lamalt dextrine, l'inositol, la carnitine, la créatine ou le glucuronolactone.

Les boissons contiennent le plus souvent beaucoup de sucre, la majorité étant édulcorée à partir de sucre raffiné

Les opérations effectuées dans la préparation de l'énergisant sont présentés dans le schéma suivant :

**Figure N°14** : diagramme de fabrication boisson énergétique

III.2.4. Préparation de boisson (jus de fruit)

C'est la partie la plus importante dans l'élaboration du jus, elle comporte plusieurs opérations :

- **Préparation du sirop**

Le sirop est préparé en mélangeant une quantité précise de sucre, matière la plus importante qui n'est autre que le saccharose, mélangé d'eau pure. Préalablement chauffée à 85°C, ce mélange tourne dans un circuit fermé jusqu'à dissolution complète du sucre.

Enfin le sirop est filtré et envoyé vers la cuve de stockage.

- **Préparation du Concentré**

Le concentré est préparé par l'introduction des matières suivantes :

- ✓ Le concentré d'orange
- ✓ Pulpe d'orange
- ✓ Acide citrique
- ✓ Acide ascorbique (vitamine C)

Les cuves de préparation sont dotées d'une pompe à vide, d'un broyeur et d'un agitateur (hélices). Durant le procédé, la pompe aspire la matière première vers le broyeur, qui la broie et déverse dans cuve de préparation ensuite, celle-ci est agitée de façon continue au moins 10 à 15 minutes sous une température de 30 à 40 °C. après cela, la matière passe par un filtre afin d'éliminer les corps indésirables qu'elle peut contenir.

- **Homogénéisation**

Procédé industriel simple fait par un homogénéisateur à piston, conçu pour obtenir un jus de consistance fine homogène et qui ne se stratifie pas pour une longue durée.

Le concentré doit être finement broyé avant d'être envoyé vers l'homogénéisateur afin de conserver les particules de la pulpe à l'état de suspension

- **La désaération**

Procédé qui consiste à éliminer l'oxygène intercellulaire dans le jus, elle se fait à l'aide d'un désaérateur à vide, son fonctionnement est simple, le produit arrive par le biais de la tubulure dans la tuyère de pulvérisation, le niveau du jus désaéré est contrôlé par l'indicateur de niveau, le jus ainsi traité est envoyé vers la cuve de stockage à travers les tubulaires reliées directement à la pompe à vide.

- **Ajustement (cuve de stockage)**

Opération qui consiste à ajuster le Brix du jus désaéré en lui ajoutant le Carboxy méthyle cellulose (CMC) et une quantité précise d'eau à l'aide d'un débitmètre.

- **Pasteurisation**

Procédé qui consiste à détruire les micro-organismes nuisibles à la santé du consommateur, augmenter la durée de vie du jus et éviter l'utilisation des conservateurs.

Le traitement thermique utilisé dans la chaîne de fabrication est le flash pasteurisateur. Son principe de pasteurisation se base sur trois étapes essentielles qui sont :

- a) Le préchauffage
- b) Le chauffage (la pasteurisation).
- c) Le refroidissement

Son principe de fonctionnement réside sur un échangeur de chaleur, sachant que le jus est chauffé à l'aide de la vapeur saturante (jusqu'à 100°C), cette température atteinte , le jus est libéré par une vanne pour laisser le jus séjourné pendant 20 sec à 100°C ,après que le jus soit pasteurisé ,une vanne s'ouvre pour laisser le jus refroidir à l'eau tiède jusqu'à 90 °C afin qu'il soit soutiré.

III.2.5. Conditionnement

Cette partie est constituée comme suit :

- ✓ Rinçage des canettes avec l'eau chaude
- ✓ Remplissage des canettes
- ✓ Refroidissement (tunnel de pasteurisation)
- ✓ Séchage des canettes
- ✓ Dateur
- ✓ Fardelage

- 1) Rinçage des canettes :

Les canettes doivent être rincées à l'eau tiède afin d'éliminer la matière indésirable, et éviter toute contamination

- 2) Remplissage des canettes :

S'effectue à une température élevée (estimé à -89-90°C), dans le but d'éliminer toute contamination bactérienne.

- 3) Refroidissement des canettes

Ce procédé s'effectue dans le tunnel de refroidissement, d'où la température est de 90°C à l'entrée et de 38°C à la sortie

- 4) Séchage des canettes

À la fin du refroidissement, les canettes sont séchées avec de l'air sec.

5) Dateur :

Sert à imprimer la date, l'heure de fabrication et la date de péremption sur la canette.

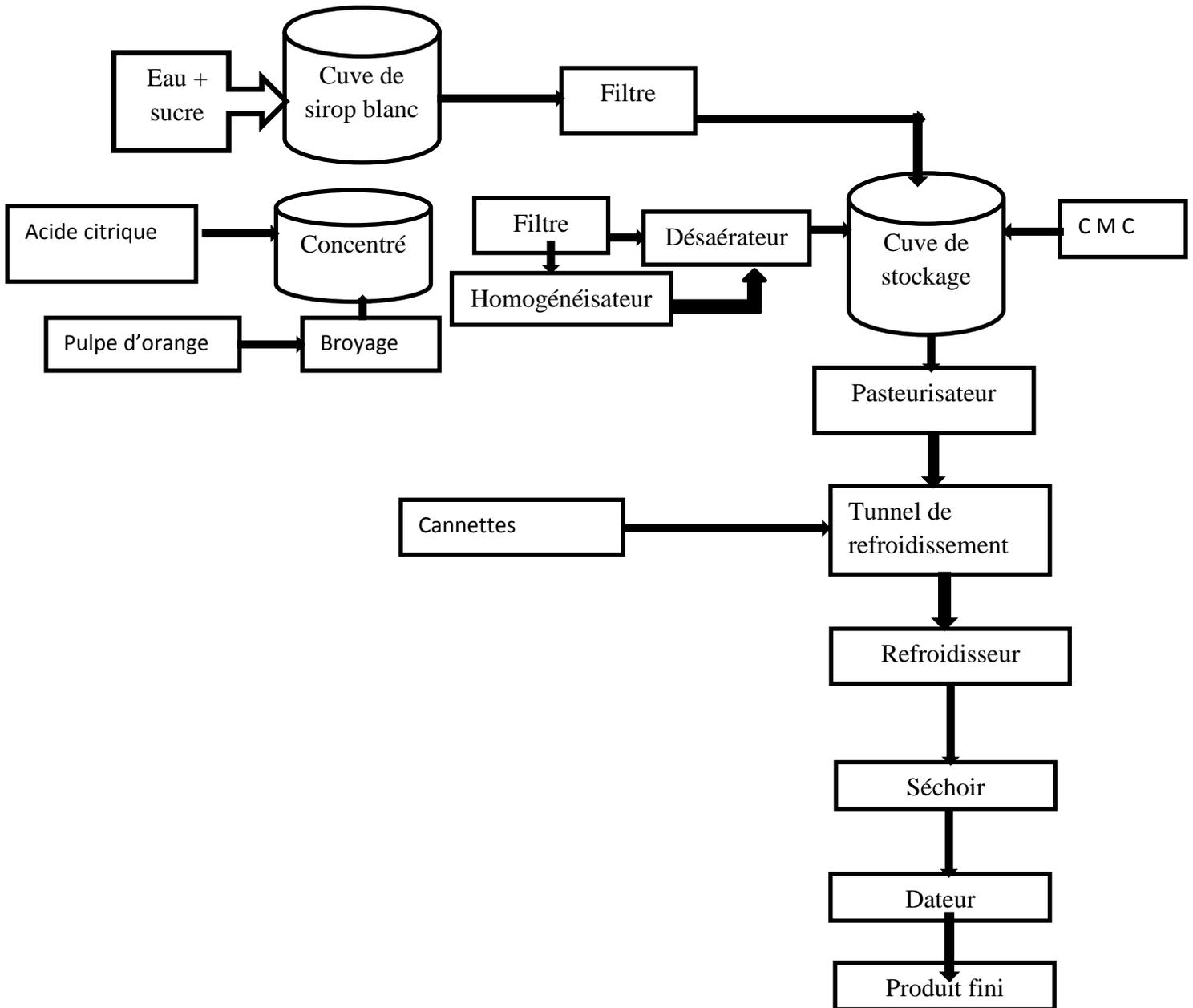


Figure N°15 : diagramme de fabrication jus fruité

III.3.Description de pasteurisateur de la société de Ramy

III.3.1.Définition

Le pasteurisateur de la société de ramy est un échangeur de chaleur qui constitué d'un faisceau de 34 tubes, disposés à l'intérieur d'une enveloppe dénommée calandre. L'un des fluides (Boisson) circule à l'intérieur des tubes et l'autre (eau ou vapeur d'eau) à l'intérieur de la calandre, autour des tubes.

Cet échangeur de chaleur est constitué de trois sections :

Partie de pré chauffage

Partie de chambrage

Partie de pré chauffage

Compte tenu que a l'intérieure de chaque tube extérieure il y' 7 tubes intérieures de diamètre 0.5 cm

III.3.2Fonctionnement

Son principe de fonctionnement réside sur le chauffage de jus à l'aide de la vapeur saturante (jusqu'à 102 °C), cette température atteinte dans le chambrage , le jus est libéré par une vanne pour laisser le jus séjourné pendant 20 sec à 99°C ,après que le jus soit pasteurisé ,une vanne s'ouvre pour laisser le jus refroidir à l'eau tiède jusqu'à 90 °C afin qu'il soit soutiré.



Figure N°16:le pasteurisateur tubulaire

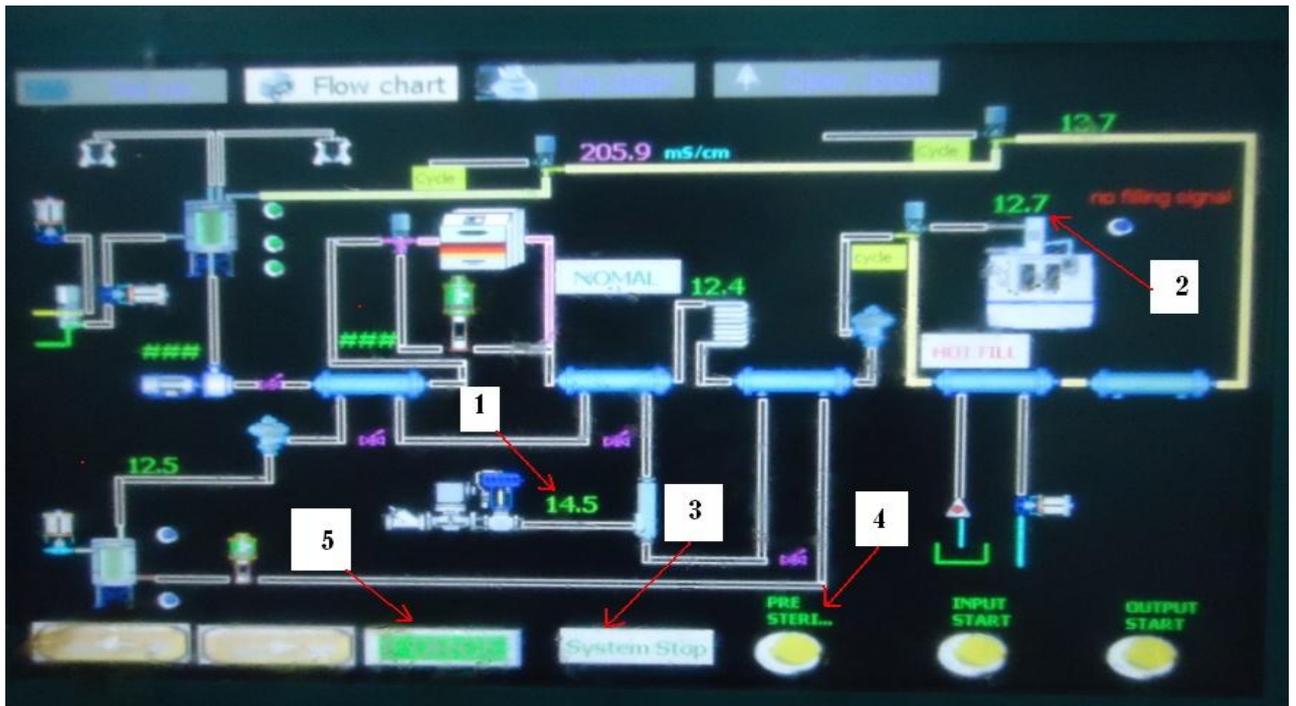


Figure N°17: schéma de pasteurisateur tubulaire (cycle de jus)

- 1 : La température à l'entrée de pasteurisateur
- 2 : La température au niveau de remplissage de Cannel.
- 3 : la touche qui nous permet d'arrêter ou démarrer la PASTO.
- 4 : démarrage de stérilisation.
- 5 : la touche qui nous permet arrêter/démarrer les pompes.

L'échangeur de chaleur ou le pasteurisateur comme il a été précédemment décrit fonctionne d'une manière automatique, mais il est important de déterminer certaines paramètres expérimentaux tel que :

- a) L'évolution de la température du produit en fonction du temps de la pasteurisation

Cela nous permet de déterminer le temps réel de chauffage et de connaître la température de produit à chaque instant t pendant le traitement.

- b) Détermination de temps de séjours du produit dans chaque section de l'échangeur

Ce paramètre peut être déterminé après avoir calculé :

- Le volume d'un seul tube constituant l'échangeur
- Le débit volumique du produit

- ✓ Calcul de coefficient spécifique de l'échangeur K :

$$K = \frac{\log \frac{T_c - T_0}{T_c - T}}{t}$$

- ✓ Détermination de l'efficacité de l'échangeur (E)

$$E = \frac{T_{p1} - T_{p0}}{T_f - T_{p0}}$$

Avec :

T_f et T_{p0} : sont les températures du fluide et de produit à l'entrée de l'échangeur.

T_{p1} : température de produit à l'autre extrémité de l'échangeur.

III.4. Détermination de la qualité organoleptique et sanitaire du produit

Ces deux paramètres sont été déterminés avant et après la pasteurisation

III.4.1. qualité sanitaire

La qualité sanitaire a été déterminée par dénombrement des Germes Totaux, Coliformes Totaux, Coliformes Fécaux, Levures et Moisissures sur milieu de culture PCA, VBL, Sabauraud Profond et Sabauraud en surface respectivement

III.4.2. qualité organoleptique et nutritionnelle du produit

La qualité organoleptique a été déterminée sur la base de la variation de la couleur du produit déterminée à l'aide d'un colorimètre (CILAD) et la lecture de la DO à 420 nm

La lecture de la DO avant et après le traitement, nous renseigne sur le taux de brunissement du produit à la cuisson, et la détermination de la couleur à l'aide d'un colorimètre nous permet de déterminer la variation de la couleur totale dans le produit.

La qualité nutritionnelle du produit a été déterminée sur la base de la réduction de vitamine C.

III.4.2.1 Le dosage de la vitamine C

s'agit d'une réduction quantitative du 2,6-DPIP (dichloro phénol indo phénol) en leuco dérivé de la forme réduite de l'acide ascorbique : forme oxydée du 2,6-DPIP est rose en milieu acide, forme réduite du DPIP est incolore, selon la méthode décrite par (AFNOR, 1982) qui consiste à un titrage d'un volume de 10 ml de boisson par un solution de DPIP en présence de 1 ml d'acide acétique (N/20).

La concentration de la vitamine C est exprimée en (g /100 ml de boisson) (annexe I)

D'autres paramètres physico- chimique ont été déterminées sur la boisson :

III.4.2.2. détermination de Brix

Le Brix est le taux de matière sèche soluble contenue dans le boisson (AFNOR, 1986), il est exprimé en (%), (p/p) de saccharose

III.4.2.3.détermination de l'acidité totale

L'acidité titrable exprime le nombre de gramme des acides présents dans un kilogramme de produit. Son principe est basé sur le titrage de l'acides par l'hydroxyde de sodium (NaOH) a0.1N, en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré (NA 678-NF V04-206).

L'acidité est exprimée par apport à l'acide citrique ($f=0.64$)

III.4.2.4.détermination de la pulposité

Par la filtration de boisson et la pesé de filtrat (les celles) pour déterminer la quantité réel de la pulpe contenu dans le volume mesuré.

La deuxième partie de travail a été effectué au niveau de laboratoire du département de technologie alimentaire

Cette partie de travail se base sur trois objectifs

III.5.optimisation d'une pasteurisation à une température variable

Pour cela nous disposons d'un matériel qui permet les prélèvements des températures au cours de produit

La méthode effectuée ici consiste à chauffer le produit dans un bain d'eau chaude on met un thermomètre au sein de bain d'eau ce qui permettre de prélever les températures d'eau et on mit aussi une puce au sein de produit qui enregistre l'évolution des températures au cours de produit pendant la température et le temps choisi figure (18)



Figure N°18: L'installation d expérience.

Après pasteurisation et refroidissement du produit ce dernier est directement conservé au congélateur pour le contrôle dès la composition physico chimiques tel que l'indice de brun, la couleur et l'acide ascorbique. Par contre la puce est récupérée pour le traitement des données enregistrées lors du traitement à l'aide d'un logiciel. L'objectif de cette opération est d'assurer une qualité sanitaire au produit par destruction de la flore pathogène totale initiale et de préserver le maximum de la vitamine(C) et un changement minimal de la couleur.

Pour cela on a calculé les valeurs cuisatrice pour chaque température et chaque temps de traitement

III.6.optimisation d'une pasteurisation à une température constante

Cette optimisation a été effectuée par l'application de la méthode de BIGELOW et BALL pour une boisson (jus d'orange) préparés à deux viscosités différentes

Produit1 ; (3.3Mpas)

Produit2 ; (15 Mpas)

Les deux viscosités sont mesurées par un viscosimètre (**FUNOILAB_{S,A}**), la différence entre ces deux viscosités se base sur la tenue en CMC

Comparaison entre les méthodes d'optimisation du traitement thermique et voire l'influence de la viscosité des boissons sur la valeur pasteurisatrice

III.6.1.conception d'un barème de pasteurisation pour les boissons de viscosité différente

Nous avons essayé de calculer le barème de pasteurisation en appliquant la valeur cuisatrice optimisée dans la première partie (comme objectif)

Pour cela nous avons réalisé ces calculs dans l'installation utilisé et puis dans un autoclave de laboratoire compte tenu que cet autoclave est utilisé pour la stérilisation de matériel de la microbiologie.

NB : l'autoclave utilisé au laboratoire ne dispose pas d'un système de refroidissement et il n'est pas conçu pour l'étude des barèmes de stérilisations

IV. Le pasteurisateur de la société de Ramy

Le pasteurisateur de la société de Ramy est un échangeur de chaleur qui est constitué d'un faisceau de tubes, disposés à l'intérieur d'une enveloppe dénommée calandre.

L'un des fluides(Boisson) circule à l'intérieur des tubes et l'autre (eau ou vapeur d'eau) à l'intérieur de la calandre, autour des tubes. La longueur de tube est de $L= 3.92\text{m}$. Le diamètre intérieur de tube intérieur est $d=0.5\text{ cm}$

IV.1 Courbe de pénétration de chaleur (l'évolution de la température du produit en fonction du temps au cours de la pasteurisation) : cela a été déterminé par :

- 1- Les relevés des valeurs de température sur les indicateurs du fluide caloporteur et du produit.
- 2- Détermination de volume et le débit de chaque section pour déterminer le temps de séjour du produit dans chaque section

IV.1.1 calcul du volume d'un seul tube

$$V: \pi * r^2 * l$$

R: rayon d'un tube ($R= 0.5\text{cm} = 0.005\text{ m}$)

L: longueur d'un tube ($L=3.92\text{ m}$)

*NB : dans chaque tube extérieure on a 7 tubes intérieures donc le volume de jus est multiplier sur 7

$$V=3.14*(0.005)^2*3.92*7$$

$$V = 0.002\text{m}^3$$

$$V = 2\text{ L}$$

Compte tenu que le temps de la flache pasteurisation qui est de 20 s, donc il est facile de déterminer le débit dans la section de chambrage :

IV.1.2 Calcul débit de chambrage

$$Qv = \frac{V}{t}$$

$$Qv = \frac{\pi * r^2 * l}{t}$$

$$Qv = \frac{2 * 12}{20/3600}$$

$$Qv = 4363.63l/h$$

Etant donné que le débit est le même durant la processe de pasteurisation.

IV.1.3 Calcul du temps total de pasteurisation

On Détermine alors le temps total de pasteurisation et le temps dans chaque section

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Qv = \frac{2 * 34}{t}$$

$$t = \frac{v}{Qv}$$

$$t = \frac{2 * 34}{4363.68}$$

$$t = 0.015 h$$

$$t = 56 s$$

*NB : nombre des tube dans les sections de chambrage et près chauffage est identique alors

Le temps de séjour de produit dans ces deux sections est le même

Alors le temps est partagé comme suivant :

Temps de section de pré chauffage est : 20s

Temps de section de chambrage est : 20 s

Temps de section de refroidissement est : 15 s

IV.1.4 Courbe de pénétration de chaleur

- Les calculs suivants permettant de tracer l'évolution de la température du produit au cours de la Pasteurisation, ils sont réalisés de la formule suivante :

$$\log\left(\frac{T_c - T_0}{T_c - T}\right) = kt \quad (1)$$

D'après (1) on trouve :

$$k = \frac{\log\left(\frac{T_c - T_0}{T_c - T}\right)}{t}$$

Avec :

K : coefficient spécifique de l'échangeur en s^{-1} .

T_c : température du fluide caloporteur entrant dans la section $^{\circ}C$.

T_0 : température de produit entrée de section en $^{\circ}C$.

T : température de produit à l' instant t donc en sortie de la section en $^{\circ}C$.

t : temps de séjour du produit dans la section en s.

IV.1.5 Calcul des coefficients k spécifique de chaque section (section préchauffage, section chambrage, section remplissage).

a) Préchauffage :

Calcul du coefficient spécifique de l'échangeur k :

$$k = \frac{\log\left(\frac{T_c - T_0}{T_c - T}\right)}{t}$$

$T_c=69^{\circ}C$, $T_0=25^{\circ}C$, $T=65^{\circ}C$, $t=20$ s.

$$k = \frac{\log\left(\frac{69-25}{69-65}\right)}{20} = 0.0052 \text{ s}^{-1}$$

b) Section chambrage :

$$k = \frac{\log\left(\frac{T_c - T_0}{T_c - T}\right)}{t}$$

$T_c = 102^\circ\text{C}$, $T_0 = 100^\circ\text{C}$, $T = 100^\circ\text{C}$. $t = 20$ s

$$k = \frac{\log\left(\frac{102-100}{102-100}\right)}{20} = 0 \text{ s}^{-1}$$

c) Section remplissage (refroidissement) :

$$k = \frac{\log\left(\frac{T_c - T_0}{T_c - T}\right)}{t}$$

$T_c = 47^\circ\text{C}$, $T_0 = 100^\circ\text{C}$, $T = 90^\circ\text{C}$, $t = 16$ s.

$$k = \frac{\log\left(\frac{47-100}{47-90}\right)}{16} = 0.05 \text{ s}^{-1}$$

IV.1.6 Calcul de la température T (°C) à chaque instant t (s)

Connaissant du coefficient k de chaque échangeur et à partir de la formule

$$T = T_c - T_0 / 10^{kt}$$

On calcul de la température T du produit pour chaque section à chaque instant (chaque 5 s)

a) Section préchauffage (0s a 20s) :

On a $T_0 = 25^\circ\text{C}$

$$T_5 = T_c - \left(\frac{T_c - T_0}{10^{kt}}\right) = 69 - \left(\frac{69 - 25}{10^{0.052 \times 5}}\right) = 44.83^\circ\text{C}$$

$$T_{10} = 55.71^\circ\text{C}$$

$$T_{15} = 61.71^\circ\text{C}$$

b) Section chambrage (20s a 40 s)

$$T_{20} = T_c - \left(\frac{T_c - T_o}{10^{kt}} \right) = 102 - \left(\frac{102 - 99}{10^{0 \cdot 20}} \right) = 99 \text{C}^\circ.$$

$$T_{25} = 99 \text{C}^\circ$$

$$T_{30} = 99 \text{C}^\circ$$

$$T_{35} = 99 \text{C}^\circ$$

$$T_{40} = 99 \text{C}^\circ$$

c) Section refroidissement (40s a 56s)

Dans cette section du pasteurisateur les températures doivent être stables et supérieures ou égales à (88-90°C), pou permettre le remplissage à chaud de cannettes, en effet le remplissage à chaud du produit permet de maintenir le produit sein dans les flacons et empêche son oxydation éventuelle. La pasteurisation s'arrête automatiquement quand la température est inférieure à 90°C.

IV.1.7.Tracé de la courbe de l'évolution de température de produit en fonction du temps au cours de la pasteurisation

Tableau 1: de l'évolution de température de produit en fonction du temps au cours de la pasteurisation.

t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T (°C)	25	44,83	55,71	61,71	99	99	99	99	99	90	90	90	88

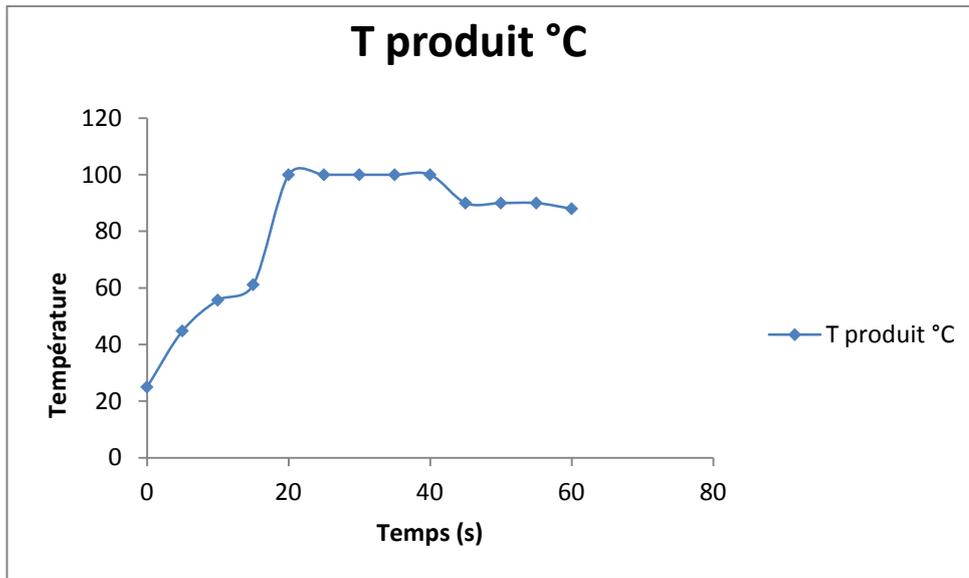


Figure N°19 : Courbe de pénétration de chaleur de produit

IV.1.8 Calcul de la valeur cuisatrice totale par la méthode de bigelow

NB : La valeur cuisatrice totale du traitement thermique est la somme des valeurs cuisatrices partielles dans les trois sections de pasteurisateur (pré chauffage, chambrage, Refroidissement)

On a

$$V_{C_z}^{T_{ref}} = \sum_i L * \Delta t$$

Avec $T_{ref} = 100^{\circ}\text{C}$ et $Z = 30^{\circ}\text{C}$.

Le tableau (2) correspond aux valeurs de létalité et aux valeurs cuisatrice de chaque section (pré chauffage, chambrage et refroidissement).

Tableau 2 : les valeurs de létalité et les valeurs cuissatrices de chaque section (pré chauffage, chambrage et refroidissement).

t (s)	T		VC (s)	T FLUID (C°)
	produit (C°)	L		
0	25	0	0	69
5	44,83	0,01	0,05	69
10	55,71	0,03	0,15	69
15	61,17	0,04	0,27	69
20	99	0,92	4.6	102
25	99	0,92	4.6	102
30	99	0,92	4.6	102
35	99	0,92	4.6	102
40	99	0,92	4.6	102
45	90	0,47	2,35	47
50	90	0,47	2,35	47
55	90	0,47	2,35	47
60	88	0,39	1,95	47
SOMME			32,47	

D'après le tableau (2) la valeur cuistrice du traitement **Vc = 32,47 seconde**.

La valeur cuisatrice est supérieure au temps de pasteurisation (20 secondes) ce qui nous permet d'estimer que le barème est adéquat au traitement.

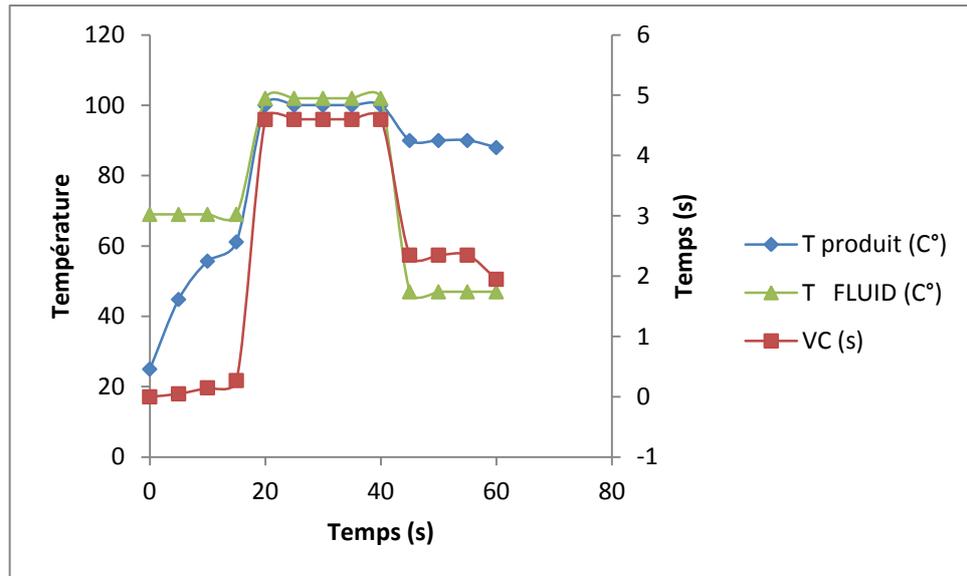


Figure N°20 : évolution de température de produit, fluide caloporteur et valeur cuisatrice en fonction de temps

IV.1.9 Détermination de l'efficacité de l'échangeur :

$$E = \frac{T_1 - T_0}{T_f - T_0}$$

T_0 : température de produit (boisson) a le rentré de pasteurisateur

T_1 : température de produit (boisson) à la sortie de pasteurisateur

T_f : température de fluide caloporteur

Alors :

$$E = \frac{90 - 25}{102 - 25}$$

$$E = 0.84$$

$$E\% = 84\%$$

C'est une valeur qui se rapproche de 1 ou (100%) donc on estime que l'échangeur est efficace.

IV.2 Qualité hygiénique et nutritionnelle de la boisson

La qualité hygiénique est représentée dans le tableau n°3:

Tableau 3 : la qualité hygiénique de la boisson après traitement.

Bactéries	Germes Totaux	Coliformes Totaux	Coliformes Fécaux	Levures	Moisissures
T°C d'incubation	37	37	44	22	22
Durée d'incubation (heure)	48	48	48	120	120
Milieux de culture	PCA	VBL	VBL	OGA	OGA
Nombre des M.O	absence	absence	absence	absence	absence

D'après le tableau (3) on remarque une absence totale des germes totaux, coliformes totaux, levures et moisissures.

IV.2.1 Qualité nutritionnelle

Tableau 4 : Valeur nutritionnelle de la boisson avant et après la pasteurisation (jus d'orange)

	Acidité (g/l)	Brix (%)	VitamineC (g/l)	Couleur (ΔE)	La pulpe (g)
avant	3,2	12,3	0,25	49,63	12
Après	3,2	12,3	0,15	51,63	12

Le tableau (4) qui montre la qualité de la boisson traitée révèle une teneur en vitamine C de 0.15 g/l ce qui signifie une réduction de (40%) par rapport à la teneur initiale, une acidité de 3.2 et un Brix 12.5.

IV.3 Optimisation du traitement thermique au laboratoire à température constante

IV.3.1 Cinétique de destruction de la vitamine C

Le tableau (5) montre les valeurs de vitamine C déterminées après chaque traitement thermique :

Tableau 5 : Variation de concentration du l'acide ascorbique en fonction du temps et de la température.

T (°C)	70			80			90		
t (min)	1,5	2,5	3,5	1,5	2,5	3,5	1,5	2,5	3,5
Vitamine C (g/100ml)	0,0296	0,0288	0,0285	0,0301	0,0290	0,0275	0,0259	0,0228	0,0182

La concentration d'acide ascorbique a été déterminée par la formule :

$$C (g\backslash 100ml) = 0.004 * \frac{V_2}{V_1} * 10$$

C : la concentration de vitamine (C) en g/100ml.

0.004 : la concentration d'acide ascorbique.

V₁: volume dépensé de DPIP pour tirer la boisson.

V₂ : volume dépensé de DPIP pour tirer l'acide ascorbique.

10 : facteur de dilution

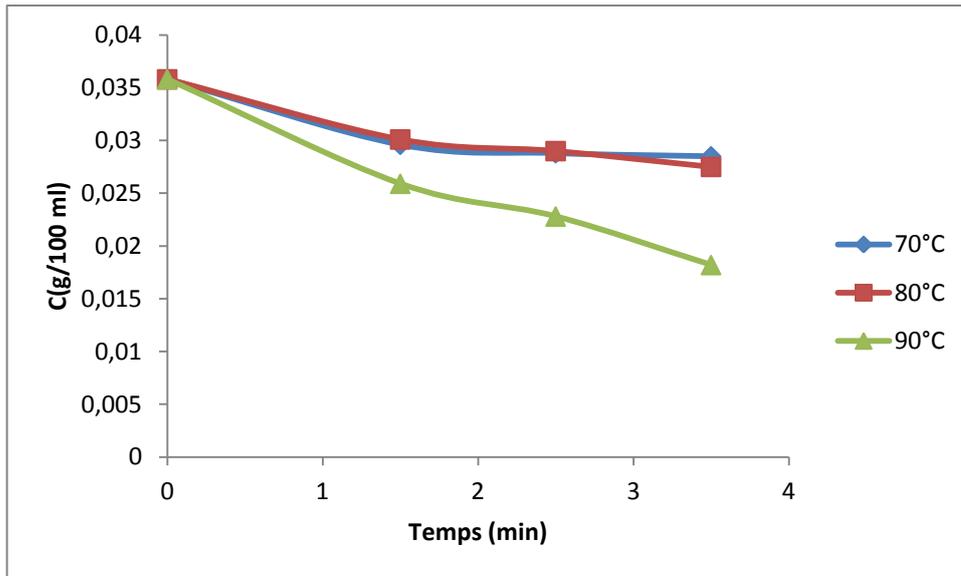


Figure N°21: Dégradation de vit C en fonction du temps à différentes températures.

D'après le graphe de la figure (n°21) nous constatons que la vitamine C diminue en fonction du temps du traitement et en fonction de température. La vitesse de sa destruction augmente avec l'augmentation de la température.

La valeur initiale de vitamine C est de 0.358 g/100ml déterminées par titrage au DPIP .après un traitement à 70 °C pendant 1,5 min à la même température avec une durée de chauffage (au palier) de 3,5 min la vitamine C est réduite à une valeur 0,0285 g/100ml. Une différence significative a été observée dans la destruction de la vitamine C à 90 °C ou la valeur était réduite jusqu'à 0,0182 g/100ml après un temps de chauffage de 3,5 min.

IV.3.2 Détermination du temps de destruction décimale D

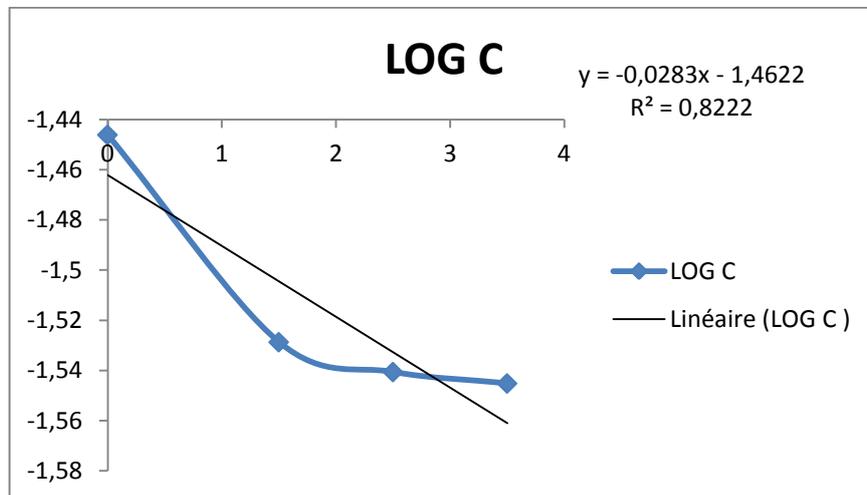
IV.3.2.1 Temps de réduction décimale D₇₀

Figure N°22: Variation de la concentration en vitamine c en fonction du temps du traitement a une temperature constane de 70C°

On à :

$$a = \frac{-1}{D}$$

alors

$$D = \frac{-1}{a}$$

$$\log c = -0.0283t - 1.4622$$

$$D_{70} = \frac{-1}{a} = -1 / -0.0283$$

$$\mathbf{D_{70} = 35,33 \text{ min}}$$

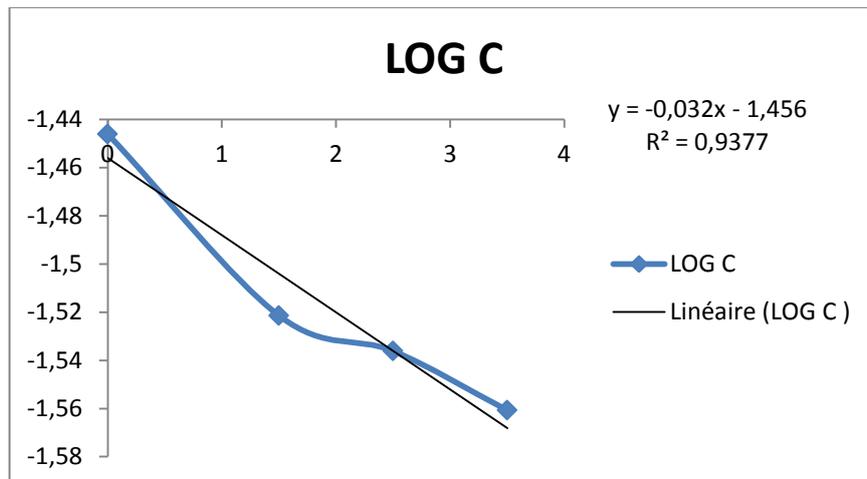
IV.3.2.2 Temps de réduction décimale D_{80} 

Figure N°23: variation de la concentration de vitamine c en fonction de temp de traitement a une temperature constante de 80C°

$$\log c = -0.032t - 1.456$$

$$D_{80} = \frac{-1}{a} = -1 / -0.032$$

$$D_{80} = 31.25 \text{ min}$$

IV.3.2.3 Temps de réduction décimale D₉₀

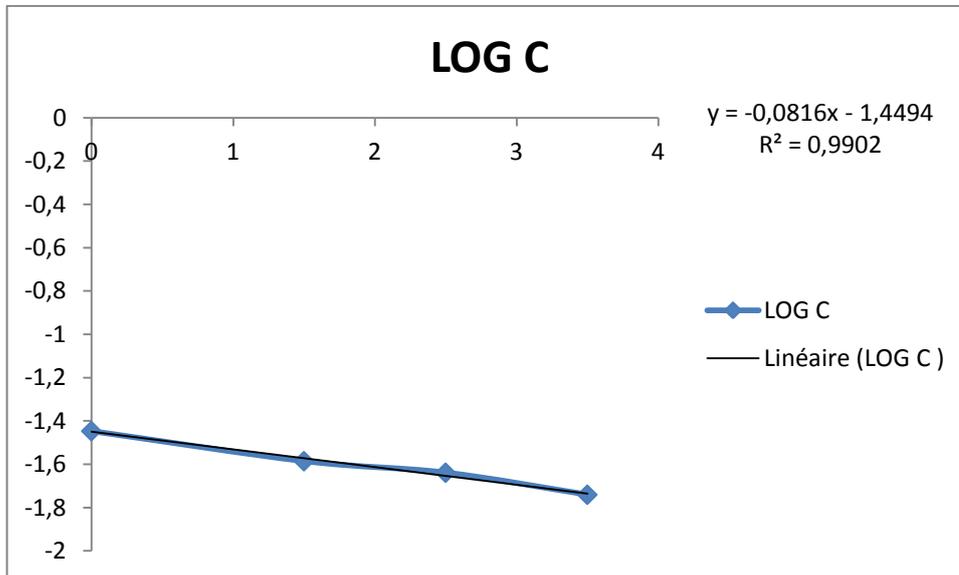


Figure N°24: Variation de la concentration de vitamine C en fonction de temps de traitement à une température constante de 90C°

$$\log c = -0.0816t - 1.4494$$

$$D_{90} = \frac{-1}{a} = -1/-0.0816$$

$$D_{90} = 12,25 \text{ min}$$

D’après le tableau (6) D diminue avec augmentation de la température

Tableau 6 : l’évolution de temps de réduction décimale en fonction de la température de traitement

T (°C)	70	80	90
D (min)	35,33	31,25	12,25

Les températures et temps de destruction de l'acide ascorbique.

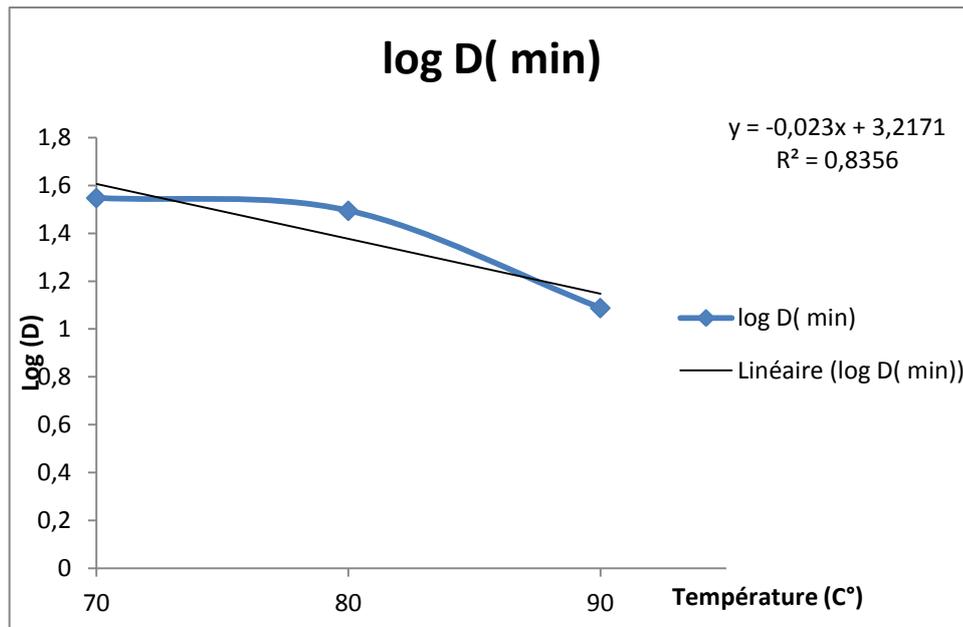


Figure N°25: Couples temps température de destruction de vit C

IV.3.3 Détermination de Z

L'équation de graphe dans la figure (25) est de la forme : $y = ax + b$

D'où: $\log D = ax + b$

$$\log D = -0.023T + 3.2171$$

$$Z = \frac{-1}{a}$$

$$Z = -1 / -0.023$$

$$Z = 43.47^\circ\text{C}$$

IV.3.4 Influence de la température du traitement sur la couleur et l'indice de brun

Le degré d'écart de la couleur (ΔE) du jus à différent température et temps par rapport à la couleur d'une surface de référence blanche est calculé suivant :

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Où : ΔL ; Δa ; Δb : valeurs d'écart de la couleur de jus d'une différente température et temps par rapport à la couleur de référence blanche

Tableau 7: l'évolution des valeurs de DO et de la couleur de boisson en fonction du temps et de la température du traitement

T (°C)	70			80			90		
t (min)	1,5	2,5	3,5	1,5	2,5	3,5	1,5	2,5	3,5
DO	1,969	1,870	1,819	1,927	1,854	1,808	1,798	1,755	1,604
Couleur (ΔE)	50,67	53,05	51,92	54,06	53,30	54,21	50,31	49,81	51,63

D'après le tableau (7) nous n'avons pas constaté de variation significatives dans le changement de couleur et l'indice de brun, d'ailleurs le traitement s'est effectué à une température légèrement inférieure à la température de référence de cuisson (Tref = 100° C). C'est pour cette raison que l'optimisation du traitement se fait entre la vitamine C qui est thermolabile et le microorganisme de référence *Microcoques* thermorésistant.

IV.4 Optimisation du traitement

Si on fixe l'objectif à la destruction totale de la flore et préservation de 90 % de vitamine C, c'est-à-dire une destruction de 10 % de vitamine C.

$$\log \frac{C}{C_0} = -\frac{t}{D} = -n \rightarrow t = n \cdot D$$

$$n = \log 1/0,90 = 0,04.$$

D'où les valeurs du temps de pasteurisation pour chaque température dans le tableau qui suit :

Tableau 8 : valeurs du temps de pasteurisation

Températures (C°)	70	80	90
Temps (min)	1,41	1,25	0,4
Log (temps)	0.15	0.097	-1.39

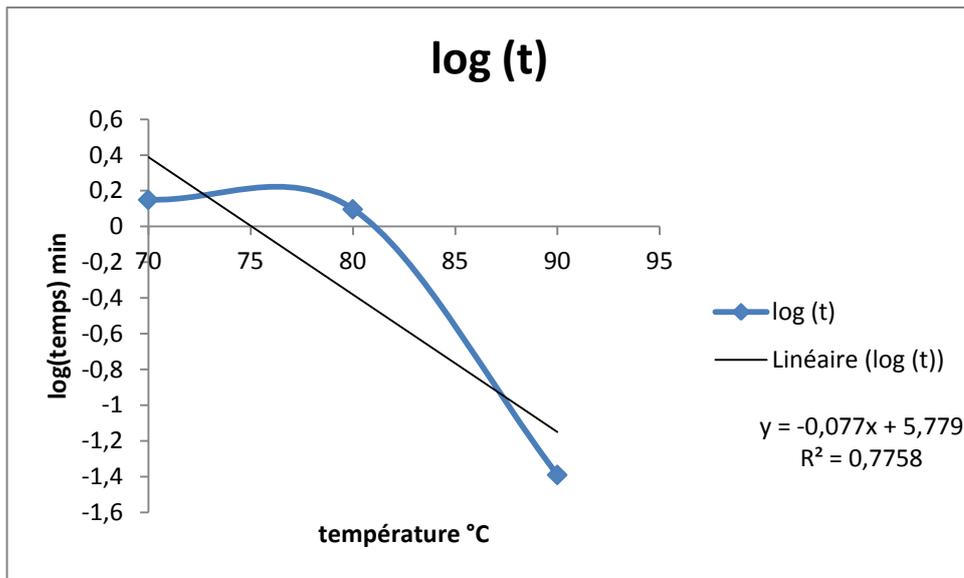


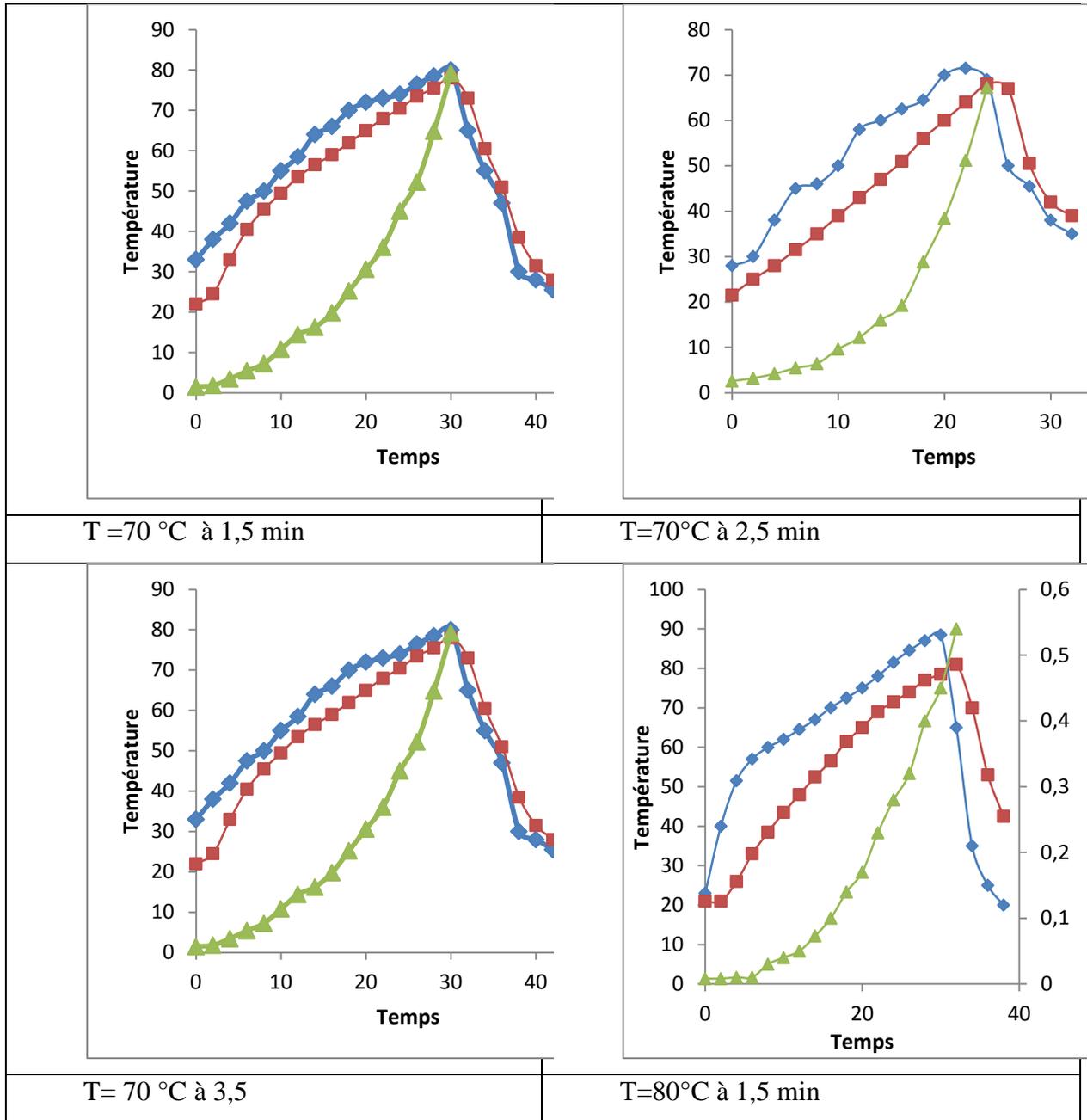
Figure N°26 : couples temps températures pour la destruction de l'acide ascorbique

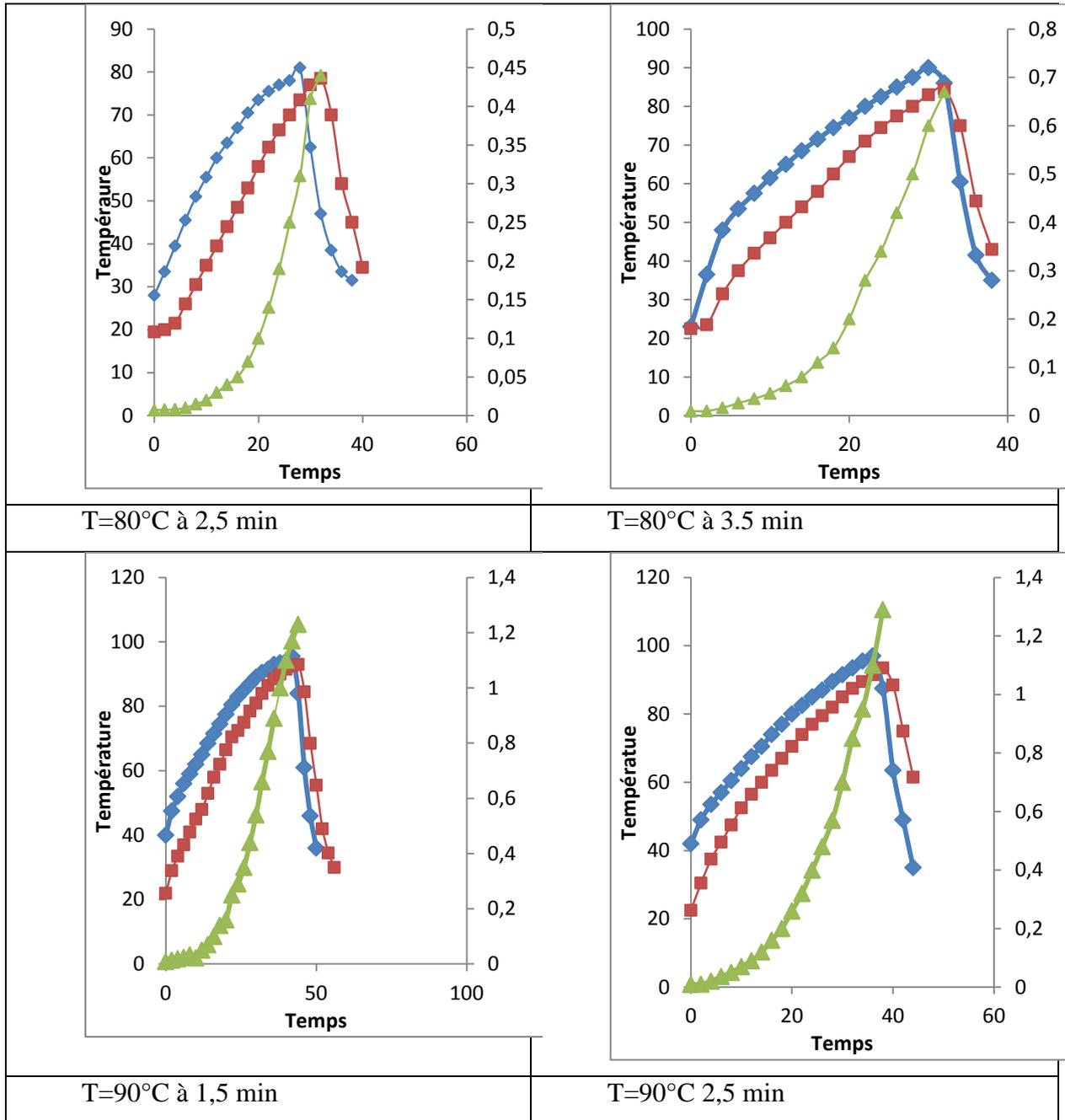
Il paraît impossible d'optimiser avec une courbe de microorganismes vu que les valeurs de destruction de vit C sont trop faibles, mais on peut conclure de la figure n°26 que le traitement à courte durée et haute température préserve mieux l'acide ascorbique.

IV.4.1 Détermination des valeurs de destruction biologique VDB selon bigelow

Les relevés des valeurs de la température au cœur du produit et dans l'autoclave sont représentés en annexe IV.

Les graphes suivants expriment l'évolution de la température dans le bain chauffant et le produit ainsi en parallèle nous montrons l'évolution de la destruction de la vitamine C.





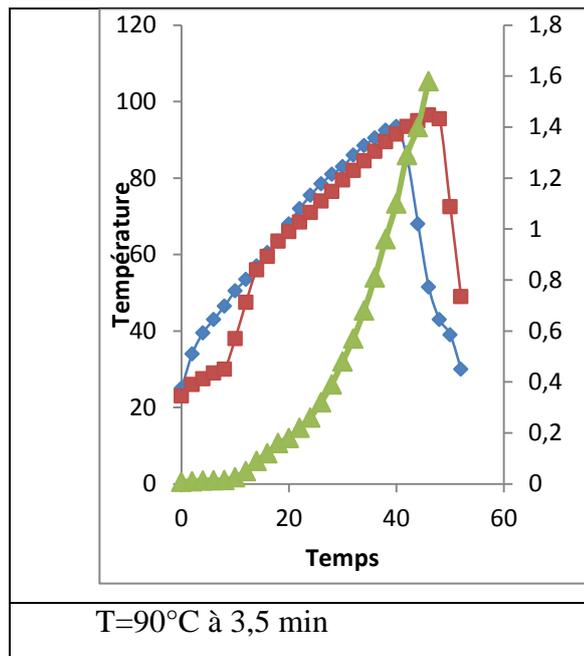


Figure N°27 : variation de température de bain chauffé et produit et les valeurs cuisatrices en fonction de temps

Le tableau (9) montre les valeurs cuisatrices calculées par la méthode de Bigelow par rapport à une température de référence de 100 °C et Z=30 °C.

Tableau 9. Les valeurs de destruction biologique à chaque température de chauffage.

Tpalier (°C)	70			80			90		
t (min)	1,5	2,5	3,5	1,5	2,5	3,5	1,5	2,5	3,5
Vc (min)	1,64	0,51	1,57	2,27	2,48	2,99	8,78	7,22	7,75

IV.5.Comparaison entre les valeurs cuisatrices de deux boissons à viscosités différentes

Le graphe (n°28) montre les prélèvements des températures dans les boissons de viscosités 3,3 mPa .s et 15 mPa.s.

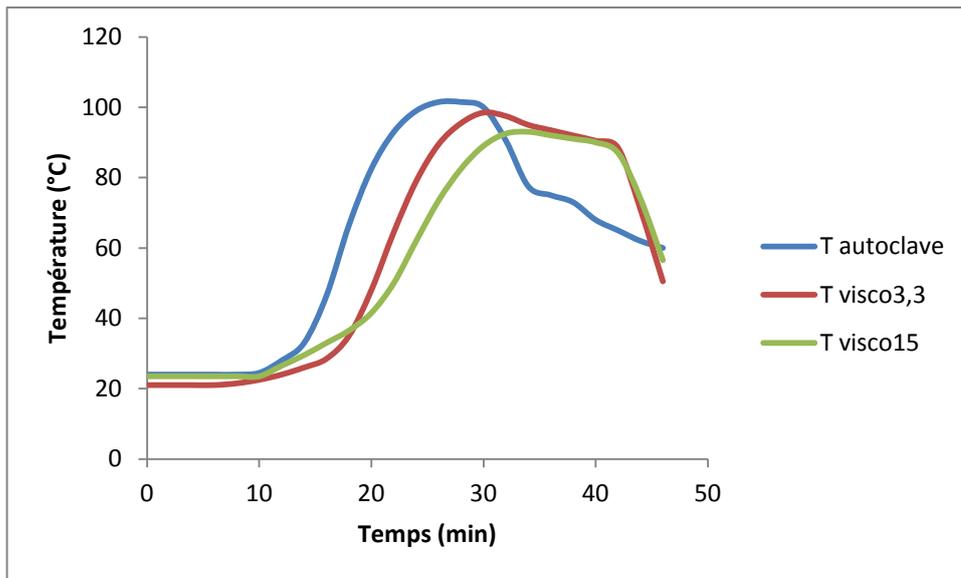


Figure N°28 : Evolution des températures du traitement dans deux boissons à viscosités différentes.

D'après le graphe (n°28) nous remarquons que :

La viscosité du fluide n'a d'effet que sur la transmission de chaleur par convection. L'augmentation de viscosité en ralentissant le mouvement du liquide au voisinage de la paroi, augmente la couche limite et ralentit le transfert de chaleur. Dans notre cas nous avons calculé la somme des valeurs cuisatrices à partir de 60°C comme c'est montré ci-dessous.

IV.5.1.Détermination de la valeur cuisatrice selon bigelow

D'après la formule :

$$VC_Z^{T_{ref}} = \sum_0^t L \cdot \Delta t$$

$$\sum_0^t L = 10^{\frac{T-T_{ref}}{Z}}$$

Avec : $T_{ref} = 100 \text{ °C}$. et $Z = 30 \text{ °C}$, $\Delta t = 1 \text{ min}$.

<u>Pour la viscosité = 3.3 mpa.s :</u>	<u>Pour la viscosité =15 mpa.s :</u>
$V_{C_Z}^{T_{ref}} = \sum_0^t L \cdot \Delta t$	$V_{C_Z}^{T_{ref}} = \sum_0^t L \cdot \Delta t$
$\sum_0^t L = 10^{\frac{T-T_{ref}}{Z}}$	$\sum_0^t L = 10^{\frac{T-T_{ref}}{Z}}$
Avec Tref =100 °C.et Z = 30 °C.	Avec Tref =100 °C.et Z = 30°C.
$\sum L = 11.28$	$\sum L = 6,47$
$\Delta t = 1 \text{ min}$	$\Delta t = 1 \text{ min}$
Donc :	Donc :
$V_c = 11.28 * 1 = 11.28$	$V_c = 6,47 * 1 = 6,47$
$V_c = 11,28 \text{ min}$	$V_c = 6,47 \text{ min}$

D'après les résultats la valeur cuisatrice de viscosité 3,3 mpa.s égale **11,28 min** et dans la viscosité 15 mpa.s égale **6,47 min**.

Bien que cette méthode soit la plus juste au niveau de la détermination de la valeur cuisatrice, elle aura pour contre partie une absence totale d'extrapolation. La méthode de Bigelow ne permet d'orienter les essais que dans des conditions fixes : de température initiale, du milieu chauffant, de nature du produit. Dès que l'un de ces facteurs varie, Bigelow n'est plus valable.[17]

IV.5.2 Détermination la valeur cuisatrice selon Ball

Il est important de signaler que la température de réglage la plus basse de l'autoclave est 3 min, donc il est impossible de faire les essais aux températures optimum qui permettent de préserver 90% d'acide ascorbique.

Essai de conception d'un barème de pasteurisation selon Ball.

Il s'agit d'une méthode semi-analytique qui consiste à calculer à l'aide de la formule suivante :

$$\log \frac{T_1 - T_0}{T_1 - T} = \frac{1}{fh} t - \log j$$

IV.5.2.1 Détermination du CUT

Les essais réalisés dans l'autoclave et d'après le graphe n° on peut de déduire que l'autoclave atteint sa température de palier (101,5°C) au bout de 14,35 minutes. Ainsi, on trouve dans notre cas, **tc = 14,35 min**

IV.5.2.1.1 Détermination du temps de palier tp

De la même manière, le temps de palier est déterminé graphiquement. La température d'ambiance de l'autoclave atteint la température consigne du barème donc dans notre cas on trouve **tp = 3 min**.

IV.5.2.1.2 Calcul du temps de barème selon Ball t_B

Selon Ball, t_B correspond au temps de chauffage efficace, c'est-à-dire au temps de palier plus la durée égale à 0,42% du CUT.

$$t_B = 0,42. tc + tp$$

$$t_B = 0,42*14,35+3$$

$$\mathbf{t_B = 9,02min}$$

IV.5.2.2 Détermination de fh

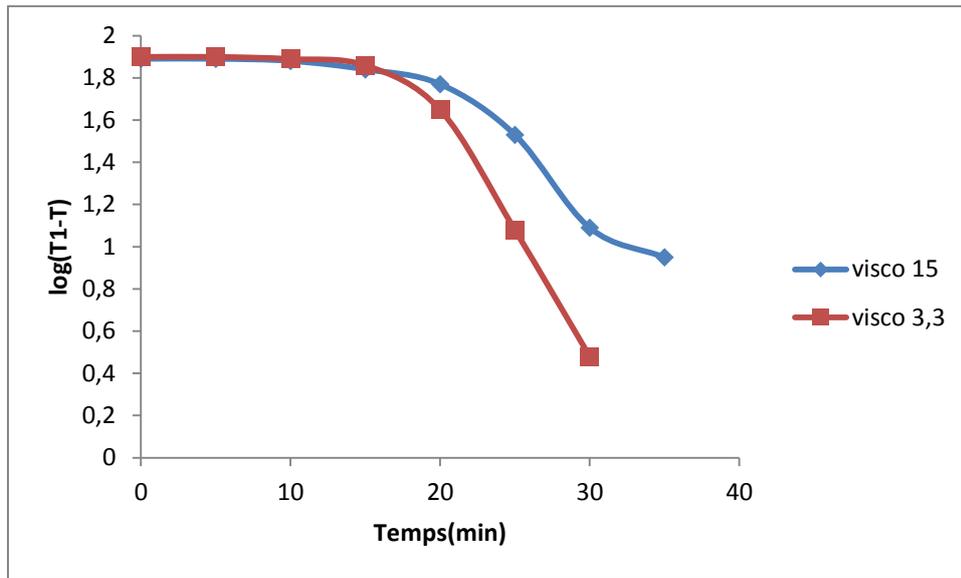


Figure N°29: Evolution de $\log(T1-T)$ en fonction du temps

D'après l'équation on peut déduire que :

$$\log(T1 - T) = \log[(T1 - T0) \cdot j] - \frac{t}{fh}$$

On retrouve une équation de la forme $Y = a X + b$ avec $a = -\frac{1}{fh}$

Fh : représente le temps nécessaire pour réduire l'écart $(T1-Ta)$ d'un facteur 10. Il est donné par l'inverse de la pente de la régression linéaire faite sur la partie linéaire de la courbe.

<u>Pour la viscosité = 3.3 mpa.s :</u>	<u>Pour la viscosité = 15 mpa.s :</u>
$y = -0,043x + 2,195$	$y = -0,027x + 2,092$
$a = -\frac{1}{fh}$	$a = -\frac{1}{fh}$
Donc, $fh = -\frac{1}{a}$	Donc, $fh = -\frac{1}{a}$
Ainsi $fh = 23,35$ min	Ainsi $fh = 16,12$ min.

IV.5.2.3.Calcul de jh

D'après la définition :

$$Jh = \frac{T1 - Ta}{T1 - T0}$$

Le facteur jh se définit en 2 étapes : tout d'abord, on calcule (T1-Ta), puis on détermine jh à l'aide T1 et T0.

<p><u>Pour la viscosité = 3.3 mpa.s :</u></p> <p>$y = -0,043x + 2,195$</p> <p>Pour $x = 0,58.tc = 0,58 \times 14.35 = 8,32$ min</p> <p>$y = -0,043 \times 8.32 + 2,7663 = 1.84$</p> <p>Or $y = \log (T1-Ta)$</p> <p>Ainsi $T1-Ta = 10^y = 10^{1.84} = 68.74^\circ C$</p>	<p><u>Pour la viscosité =15 mpa.s:</u></p> <p>$y = -0,062x + 2.092$</p> <p>Pour $x = 0,58.tc = 0,58 \times 14.35 =$ 8.32min</p> <p>$y = -0,027 \times 8.32 + 2.092 = 1.86$</p> <p>Or, $y = \log (T1-Ta)$</p> <p>Ainsi, $T1-Ta = 10^y = 10^{1.86} = 72.44^\circ C$</p>
--	---

La température de barème T1 est calculée en faisant la moyenne de l'ensemble des températures au palier.

<p><u>Pour la viscosité =3.3 mpa.s:</u></p> <p>La température T₀ est égale à 21°C.</p> <p>$Jh = \frac{T1-Ta}{T1-T0} = \frac{68.74}{101.5-21} = 0.85$</p>	<p><u>Pour la viscosité = 15 mpa.s:</u></p> <p>La température T₀ est égale à 23.5°C.</p> <p>Ainsi, $Jh = \frac{T1-Ta}{T1-T0} = \frac{72.44}{101.5-23.5} = 0.92$</p>
---	--

IV.5.2.4.Calcul de f_c

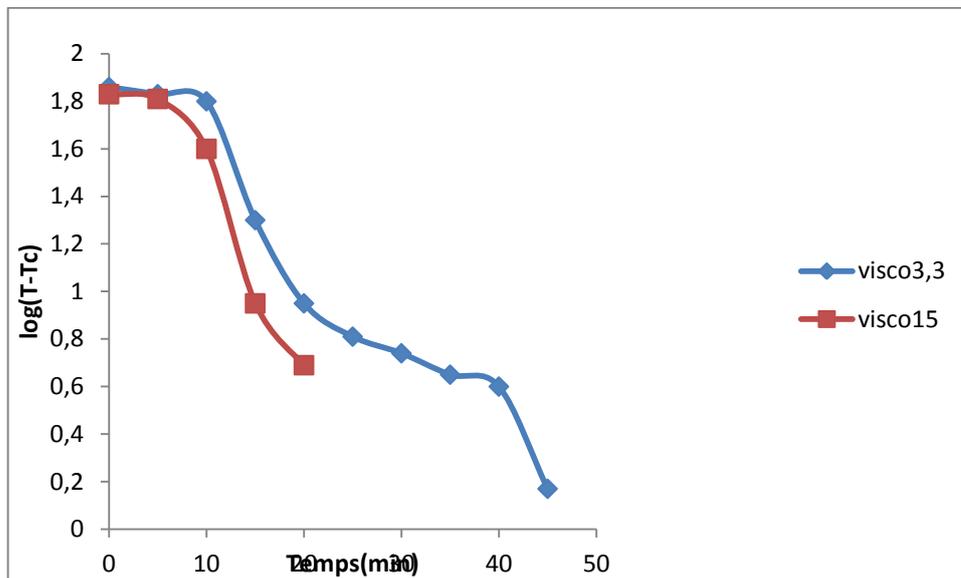


Figure N°30 : Evolution de $\log (T-T_c)$ en fonction du temps

L'évolution thermique à la fin de la phase de refroidissement peut s'écrire :

$$T - T_c = (T_g - T_c) \cdot J_c \cdot 10^{\frac{-t-t_g}{f_c}}$$

Avec : J_c , l'effet retard lors de la phase de refroidissement t_g , le temps correspondant à la fin de la phase de chauffage On peut en déduire que :

$$\log(T - T_c) = \log(T_g - T_c) \cdot J_c - \frac{t + t_g}{f_c}$$

Retrouve une équation de la forme $Y = a X + b$

Avec $a = -\frac{1}{f_c}$ et $b = \log (T_g-T_c) \cdot J_c$

<u>Pour la viscosité = 3.3 mpa.s:</u>	<u>Pour la viscosité 15 mpa.s:</u>
$y = -0,038x + 1,927$	$y = -0,082x + 2,004$
$a = -\frac{1}{f_c}$	$a = -\frac{1}{f_c}$
$f_c = -\frac{1}{a}$	$f_c = -\frac{1}{a}$
$f_c = 26,31 \text{ min}$	$f_c = 12,12 \text{ min}$

--	--

IV.5.2.5.Calcul de jc

D'après la définition :

$$Jc = \frac{T - Tc}{Tg - Tc}$$

Où T est la température à laquelle la droite extrapolée à partir de la zone linéaire, coupe l'axe des ordonnées.

Le facteur jc se définit en 2 étapes : tout d'abord, on calcule (T-Tc), puis on détermine jc à l'aide Tg et Tc.

<p><u>Pour la viscosité =3.3 mpa.s:</u></p> <p>$y = -0.038x + 1.927$</p> <p>Pour $x = 30.38$ min</p> <p>$y = -0.038 \times 30.38 + 1,927 = 0.77$</p> <p>$y = \log (T-Tc)$</p> <p>Ainsi, $T-Tc = 10^{0.77} = 5.89$ °C</p>	<p><u>Pour la viscosité = 15 mpa.s :</u></p> <p>$y = -0.082x + 2.004$</p> <p>Pour $x = 34.39$ min</p> <p>$y = -0,062 \times 34.39 + 2,004 = -0.12$</p> <p>$y = \log (T-Tc)$</p> <p>Ainsi, $T-Tc = 10^{-0.12} = 0.75$ °C</p>
--	---

La température de refroidissement Tc est la température de l'eau de robinet obtient Tc = 24°C .Pour la viscosité =3.3 mpa.s: La température Tg est égale à 98 °C. Et pour la viscosité 15 mpa.s = 93°C.

<p><u>Pour la viscosité =3.3 mpa.s:</u></p> <p>$Jc = \frac{T - Tc}{Tg - Tc}$</p> <p>$Jc = \frac{5.89}{98 - 24}$</p> <p>Jc = 0.079</p>	<p><u>Pour la viscosité = 15 mpa.s :</u></p> <p>$Jc = \frac{T - Tc}{Tg - Tc}$</p> <p>$Jc = \frac{0.75}{93 - 24}$</p> <p>Jc = 0.01</p>
--	--

--	--

IV.5.2.6. Détermination du temps du barème total

Pour déterminer le barème de cuisson il besoin reconnu la valeur cuisatrice de l objectif V_{c_0} selon l autoclave de laboratoire $V_{c_0} = 3$ min

<u>Pour la viscosité = 3.3 mpa.s:</u>	<u>Pour la viscosité = 15 mpa.s :</u>
Détermination de fh/U et (T1- Tg) :	Détermination fh/U et T1-Tg :
$V_{c_z}^{T_{ref}} = \frac{fh}{fh/u} \cdot 10^{\frac{T_1 - T_{ref}}{z}}$	$V_{c_z}^{T_{ref}} = \frac{fh}{fh/u} \cdot 10^{\frac{T_1 - T_{ref}}{z}}$
$3 = \frac{23.35}{fh/U} \cdot 10^{\frac{101.5 - 100}{30}}$	$3 = \frac{16.12}{fh/U} \cdot 10^{\frac{101.5 - 100}{30}}$
fh/U = 8.73	fh/U = 13.82
Après interpolation de la table de ball :	Après interpolation de la table de ball :
T1- Tg = 13,149 °C	T1- Tg = 17.055 °C
Détermination de barème total Bt	Détermination de barème total Bt
$Bt = B - 0,42. CUT$	$Bt = B - 0,42. CUT$
Avec :	Avec :
$B = fh \cdot \log \left[Jh \cdot \frac{T_1 - T_0}{T_1 - T_g} \right]$	$B = fh \cdot \log \left[Jh \cdot \frac{T_1 - T_0}{T_1 - T_g} \right]$
$B = 23,35 \cdot \log \left[0,58 \cdot \frac{101,5 - 21}{13,149} \right]$	$B = 16,12 \log \left[0,92 \cdot \frac{101,5 - 23,5}{17,055} \right]$
B = 12,86 min	B = 10,05 min
Donc :	Donc :
$Bt = B - 0,42.CUT$	$Bt = B - 0,42.CUT$
$Bt = 12,86 - 0,42.14,35$	$Bt = 23,10 - 0,42.14,35$
Bt = 6,83 min.	Bt = 4,03 min.

D après les résultats de deux barème en conclu que Bt = 6,83 min pour faible viscosité et égale à 4,03 min pour la viscosité élevée, Car la viscosité du fluide n'a d'effet que sur la transmission de chaleur par convection. L'augmentation de viscosité en ralentissant le

mouvement du liquide au voisinage de la paroi, augmente la couche limite et ralentit le transfert de chaleur.

IV.6. Comparaison entre les valeurs cuisatrice des deux viscosités différentes, calculées par la méthode de Bigelow et la méthode de Ball

Tableau 10 : les valeurs cuisatrice des deux boissons à viscosités différentes, calculées par la méthode de Bigelow et la méthode de Ball

	Viscosité 3,3(mpa.s)	Viscosité 15(mpa.s)
Vc (Bigelow) (min)	11,28	6,47
Vc (Ball) (min)	6,83	4,03

Les valeurs cuisatrice obtenues par la méthode de Ball sont inférieures à celles obtenues par Bigelow. En effet, la méthode de Ball est un modèle mathématique qui sous-estime la phase de refroidissement. C'est pourquoi, on trouve des valeurs cuisatrice calculées inférieures.

Conclusion

Conclusion

Notre partie de travail à l'entreprise de Ramy nous a permis de suivre la chaîne de fabrication de la boisson Ramy produite par l'entreprise.

Notre étude s'est spécifiée sur le calcul du pasteurisateur, Le bon fonctionnement de ce dernier est une étape clef pour une qualité hygiénique, sanitaire et organoleptique de la boisson. En outre le pasteurisateur a été trouvé efficace à 80%, la valeur de destruction biologique ou cuisatrice a été trouvée supérieure à la valeur pasteurisatrice, en effet la température du produit n'a pas dépassé 100°C qui est la température de référence de cuisson.

Par ailleurs l'étude du traitement thermique de la boisson au laboratoire permet d'optimiser une valeur pasteurisatrice cible et de concevoir un barème de pasteurisation qui peut être appliquée et adapté dans d'autres conditions comme le changement de l'emballage, la viscosité du produit etc...

Or les calculs des barèmes disposent plusieurs méthodes, la majorité sont analytiques et s'appuient sur des simulations mathématiques, seule la méthode de Bigelow qui s'appuie sur des intégrales de surface, mais ne peut être extrapolée pour d'autres conditions de travail. Par contre la méthode de Ball permet d'adapter le barème en tenant compte des paramètres de pénétration de chaleur à l'intérieur du produit.

La comparaison entre les deux méthodes pour deux boissons à viscosités différentes a montré que le temps de traitement thermique par la méthode de Ball est inférieur à celui de la méthode de Bigelow.

En perspectives nous souhaiteront de faire des études de conception des barèmes de pasteurisation sur différents formats d'emballage et sur des milieux conductifs.

Nous souhaiteront d'appliquer les méthodes de simulation pour la correction des barèmes de stérilisation ou pasteurisation.

Références bibliographiques

- [1] Ali HAMANI (Président APAB), Guide de bonnes pratiques hygiéniques pour l'industrie algérienne des jus de fruits .décembre 2011.
- [2] JEAN-MICHEL CLEMENT (professeur de E.S.A), « les produits alimentaires » canada 1990.
- [3] **ABDELKRIM BOUDRA A (2007)**. Rapport sur l'industrie des boissons et des jus de fruits. EDPme, Edition 2007
- [4] www.espacesanté.fr
- [5] **BENAMARA S et AGOUGOU A**. production des jus alimentaires. Technologie des industries agro-alimentaires. Office des publications universitairejuin, 2003.
- [6] **BIGELOW W, BOUHART G, RICHARDSON A et BALL C (1920)**.heat penetration in processing canned foods. Bull. 16L. Res. Lab. Natl. Canner Ass Washington, DC.
- [7] **NICOLAY L (2006-2007)**.cours de génie alimentaires, (conservation par la chaleur et techniques d'assainissement particulière, chapitre 4 pasteurisation), HE Vs Sion, 3-13.
- [8] **YVES, TIRILY, CLAUDE MARCEL BOURGOIS (1999)**. Technologie des légumes 1^{er}édition.
- [9] **ROUX, Jean-L.** (1994) Conserver les aliments, Comparaison des méthodes et des technologies, Technique et Documentation - Lavoisier, Paris, 705 pages.
- [10]<https://cdn.reseau-canope.fr/archivage/valid/156607/156607-23235-29414.pdf>
- [11] L'opéron n° 31 Stérilisation et pasteurisation Steeve Coppé édition UPBM)
- [12] FOGEL et al, 2004
- [13]**JEAN JACQUES BIMBENET, ALBERT DUQUENOY, GILLES TRYSTAM (2002)**.Génie des procédés alimentaires, des bases aux applications.
- [14] **KESSLER.H.G (1981)**. Pasteurisation, stérilisation. Heating méthode.In Food engineering and dairy technologie, 139-207, Allemagne.
- [15] **LAROUSSE J (1991)**. La conserve appertisée. Aspects scientifiques techniques et **LECERF, J. M** : poids et obésité. Paris : John libbeyeurotexte fruits et légumes : les enjeux santé.
- [16] **FRANCOIS Z, ALBERT D, ABIDI H (2007)**. Traitements thermiques d'appertisation : optimisation de la qualité de surface d'un produit conducteur avec profil a température variable.

[17] **MAFART PIERTE (1996)**.Génie industriel alimentaire.in : les procédés physiques de conservation. Tome I .Tec et doc, Lavoisier 295pages, paris

[18] **FRANCOISZ, ALBERT D, ABIDI, (2008)**.Traitements thermiques d'appertisation : optimisation de la qualité de surface d'un produit conducteur avec profil a température variable.

[19] **BOUMENDJEL M (2005)**. Conservation des denrées alimentaires (cours multimédia interactif à usage pédagogique).

[20] **MAFART, 1992**.Traitements thermiques d'appertisation : optimisation de la qualité de surface d'un produit conducteur avec profil a température variable

[21] Échangeurs de chaleur, sur le site mines-paristech.fr, consulté le 2 février 2015

[22]**S. Olivier et H. Gié**, Thermodynamique, Lavoisier Tec&Doc, Paris, 1998, page 133)

Annexe I

Les analyses physico-chimiques :

❖ Détermination de Brix (AFNOR ,1986)

Nettoyer les prismes et étalonner l'appareil avec de l'eau distillée.

Placer une goutte de l'échantillon à analyser sur le prisme et donner une uniformité au liquide

➤ Expression des résultats

la valeur apparait directement sur l'appareil.

❖ Détermination l'acidité totale (AFNOR ,1986)

Prélever 10 ml de l'échantillon (jus d'orange) et verser dans un bécher puis ajouté quelques gouttes phénophtaléine et en agitant et verser à l'aide de la burette la solution de NaOH 0.1N jusqu'à l'apparition d'une couleur rose .noter le volume.

➤ Expression des résultats

Multiplier le volume fois le facteur d'acide citrique 0,64

❖ Détermination de la pulposité

Par la filtration de boisson et la pesée de filtrat (les cellules) pour déterminer la quantité réelle de la pulpe contenue dans le volume mesuré.

➤ Expression des résultats

Mesure la quantité à l'aide de balance.

❖ Dosage de l'acide ascorbique par le DPIP

Mettre dans un erlenmeyer de 150 ml :

- ✓ Poser 0.04g d'acide ascorbique
- ✓ 10 ml de la solution d'acide ascorbique au 1/100.
- ✓ 1ml de la solution acide acétique N/20.
- ✓ Dilution de solution mère 10 fois.
- ✓ Remplir la burette avec la solution de dichloro phénol indophénol (DPIP).

Titrer la solution d'acide ascorbique avec DPIIP jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante pendant 30 secondes

- **Dosage dans le produit**

Prélever 10 ml du produit à l'aide d'une pipette, les mesure dans un érlenmeyer, ajouter 1ml d'acide acétique et titrer avec la solution de DPIIP jusqu'à apparition d'une couleur rose pâle persistante pendant 30 secondes.

- **Expression des résultats**

La teneur en vitamine C est donnée en (g/100ml) par la formule suivante :

$$C \text{ (g/100ml)} = 0.004 * (V_2/V_1) * 10 \text{ (g/100ml)}.$$

0.004 : la concentration d'acide ascorbique (g/100ml)

V_1 : le volume de DPIIP versé pour la solution d'acide ascorbique (ml)

V_2 : le volume de DPIIP versé pour l'échantillon (ml)

Annexe II

Tableau 5 – Table de correspondance de Ball : ($T_r - T_g$) en fonction de f_h/U			
Stérilisation ou pasteurisation : $Z = 10$ °C		Cuisson : $Z = 25$ °C	
$T_r - T_g$	f_h/U	$T_r - T_g$	f_h/U
0,010	0,400	0,010	0,326
0,010	0,400	0,027	0,400
0,032	0,500	0,087	0,500
0,068	0,600	0,188	0,600
0,119	0,700	0,328	0,700
0,182	0,800	0,499	0,800
0,254	0,900	0,697	0,900
0,333	1,000	0,912	1,000
1,228	2,000	3,333	2,000
2,044	3,000	5,528	3,000
2,744	4,000	7,372	4,000
3,350	5,000	8,944	5,000
3,878	6,000	10,333	6,000
4,344	7,000	11,500	7,000
4,756	8,000	12,556	8,000
5,133	9,000	13,556	9,000
5,478	10,000	14,389	10,000
6,839	15,000	14,611	10,250
7,839	20,000	14,833	10,500
8,667	25,000	15,000	10,750
9,333	30,000	15,222	11,000
9,889	35,000	15,944	12,000
10,389	40,000	16,667	13,000
10,833	45,000	17,278	14,000
11,278	50,000	17,889	15,000
12,000	60,000	18,444	16,000
12,611	70,000	19,000	17,000
13,167	80,000	19,500	18,000
13,667	90,000	19,944	19,000
14,111	100,000	20,444	20,000
15,833	150,000	20,833	21,000
17,056	200,000	21,278	22,000
18,000	250,000	21,667	23,000
18,722	300,000	22,056	24,000
19,389	350,000	22,389	25,000
19,944	400,000	22,778	26,000
20,389	450,000	23,111	27,000
20,833	500,000	23,444	28,000
21,556	600,000	23,722	29,000
22,167	700,000		
22,722	800,000		
23,222	900,000		
23,667	999,000		

Annexe III

Matériels utilisé



Refractomètre



Balance



centrifugateur



Autoclave



viscosimètre



**Installation de
l'expérience**



La puce



La puce

Annexe IV

Bareme de pasteurisation (70°C à 1.5 min)

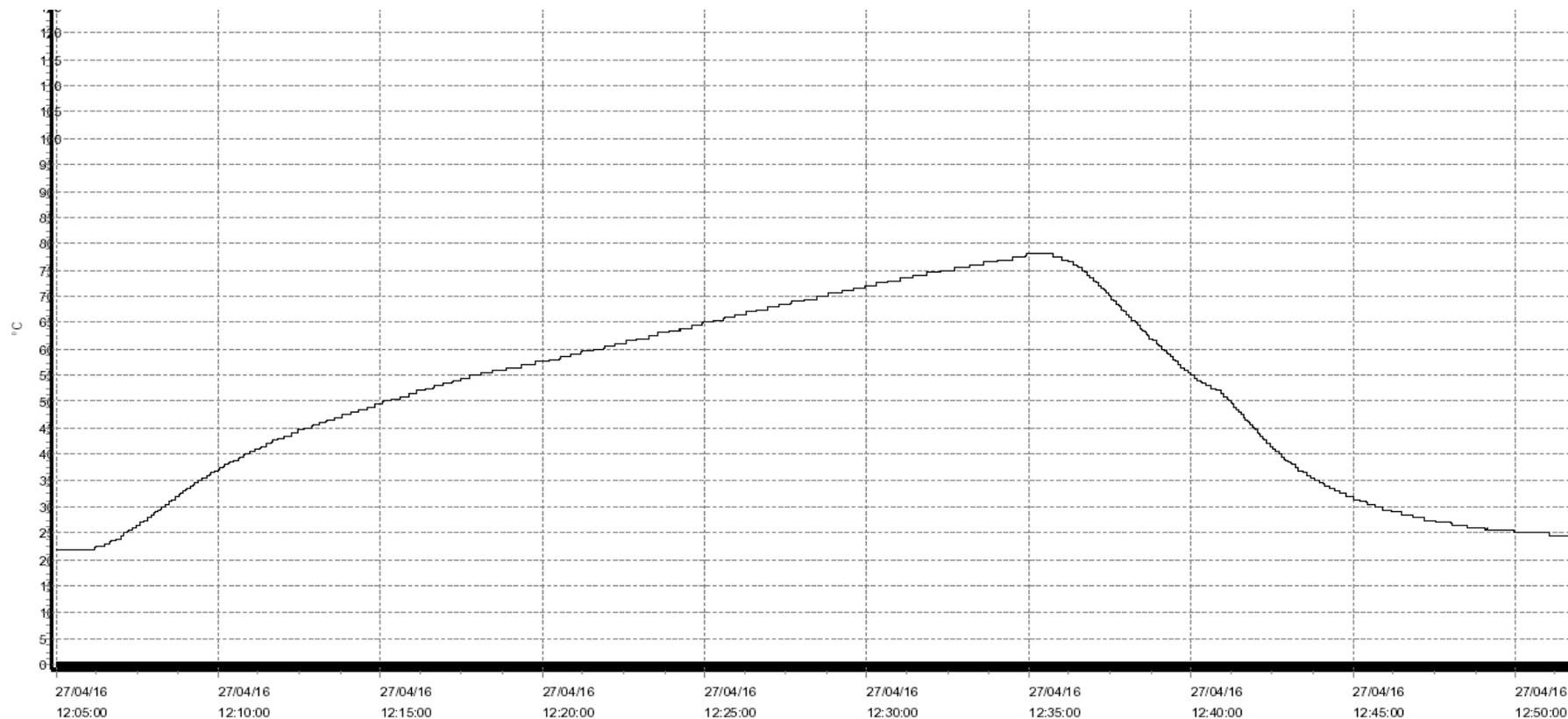


Figure représentation l'évolution de la température a cœur du produit

Barème de pasteurisation (70°C à 2.5 min)

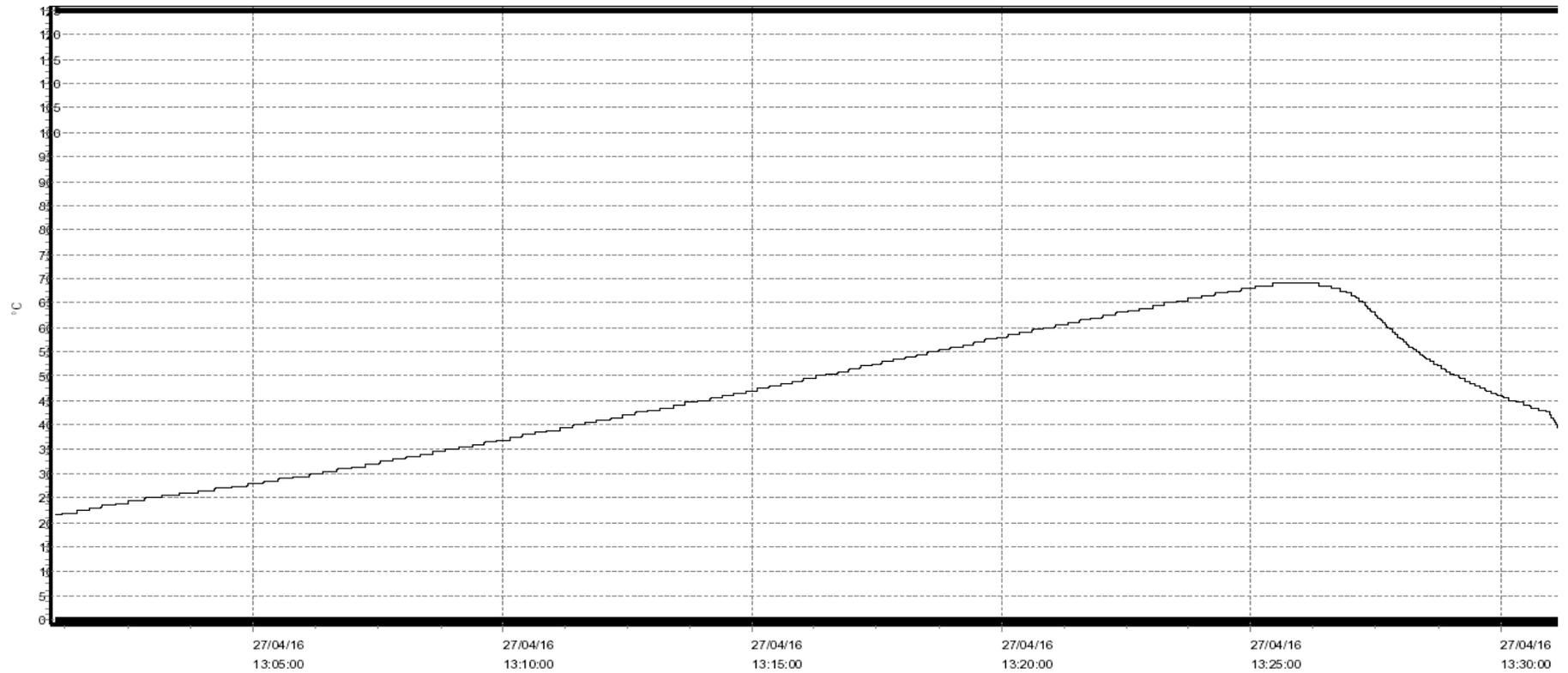


Figure représentation l'évolution de la température a cœur du produit

Barème de pasteurisation (70 °C à 3.5 min)

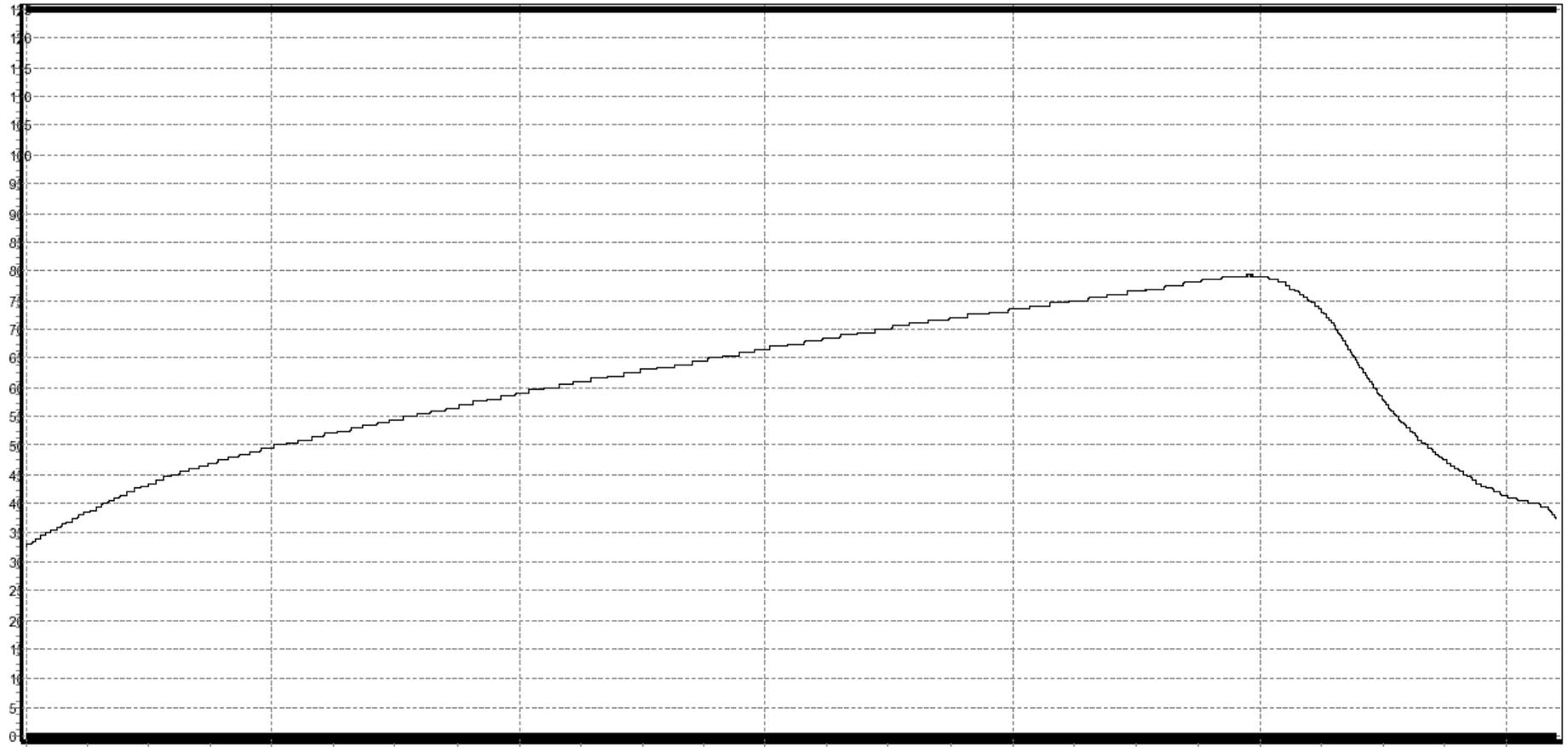


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barème de pasteurisation (80 °C à 1.5 min)

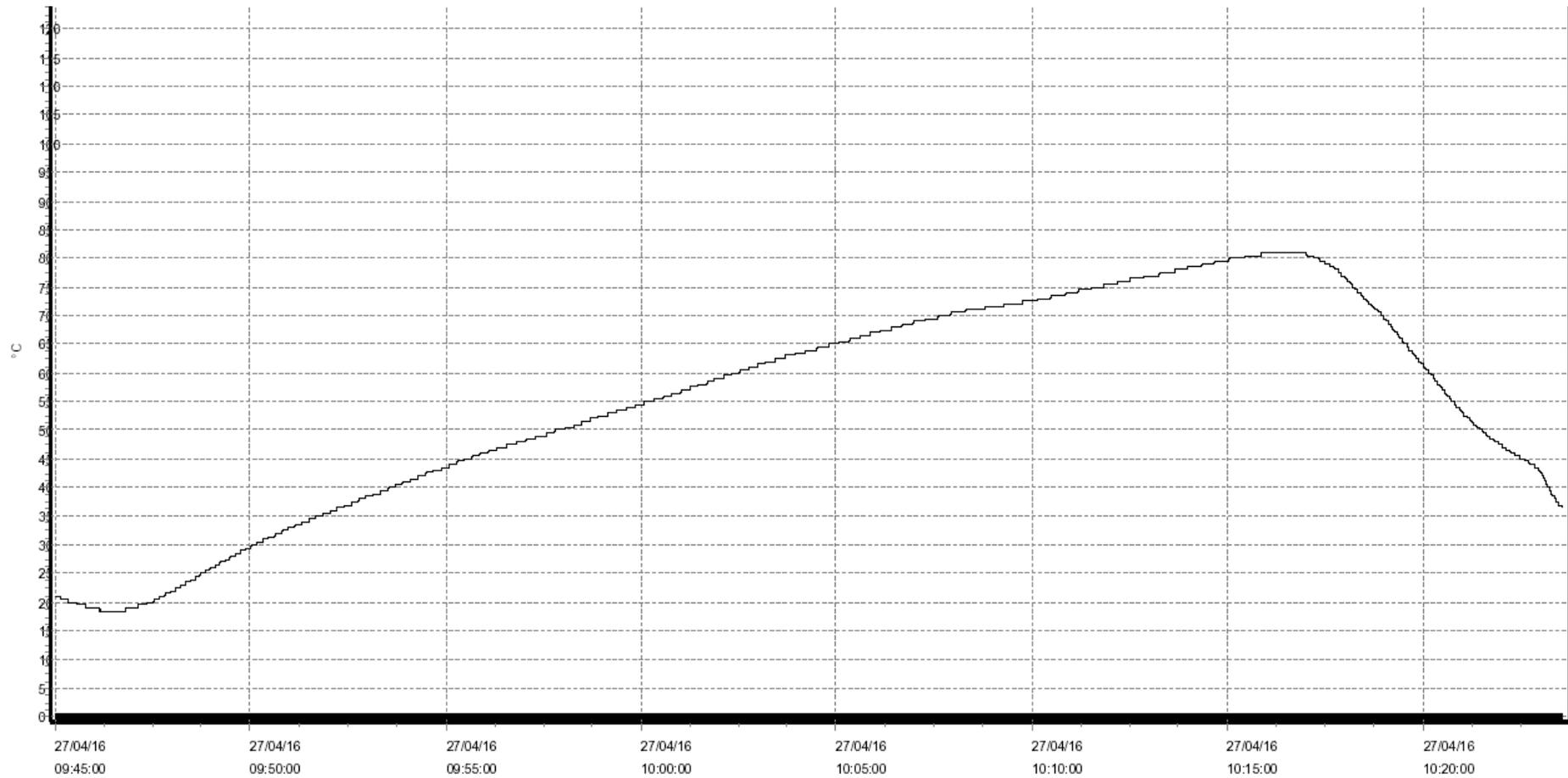


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barème de pasteurisation(80°C à 2.5 min)

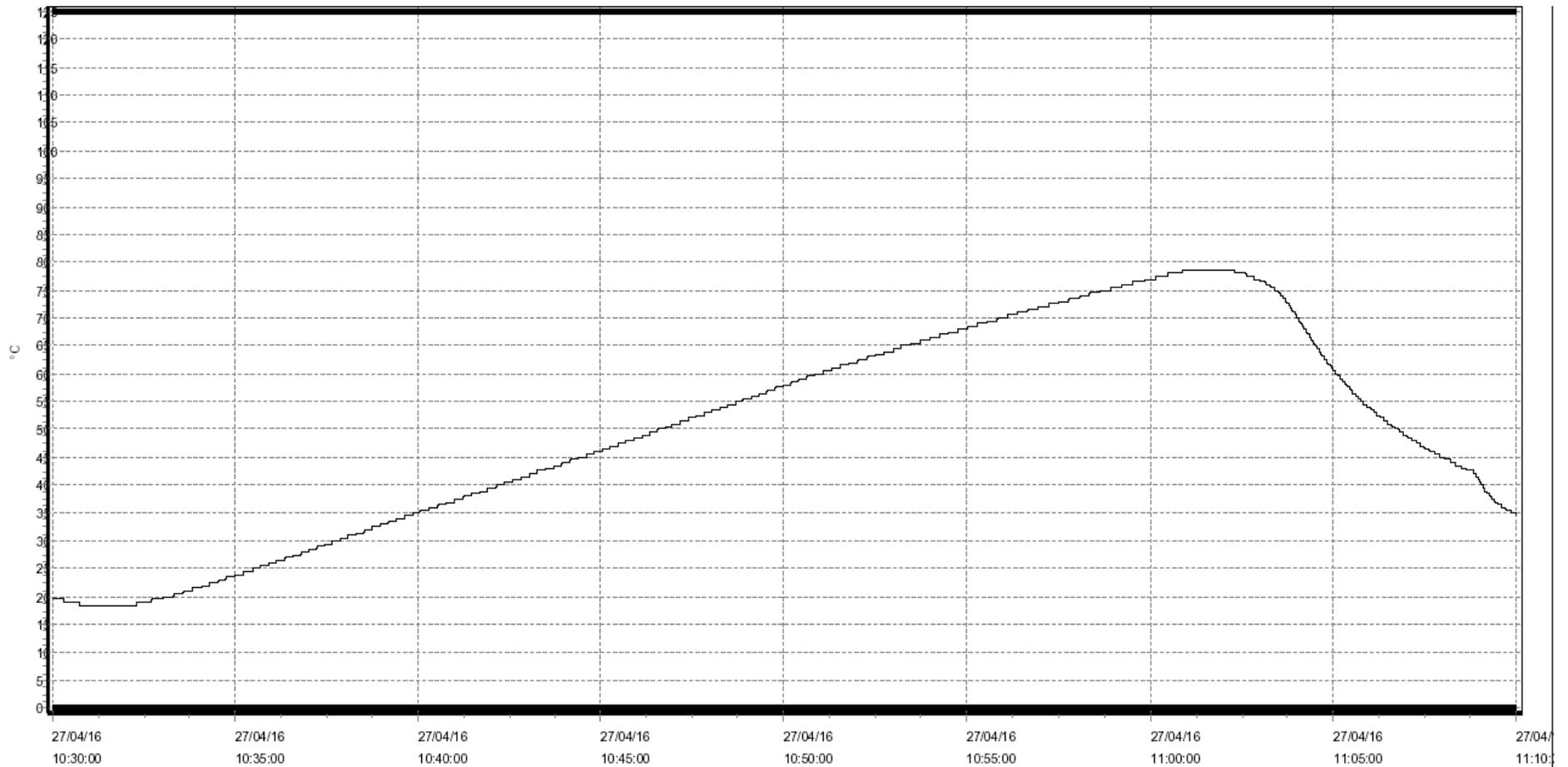


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barème de pasteurisation (80°C à 3.5 min)

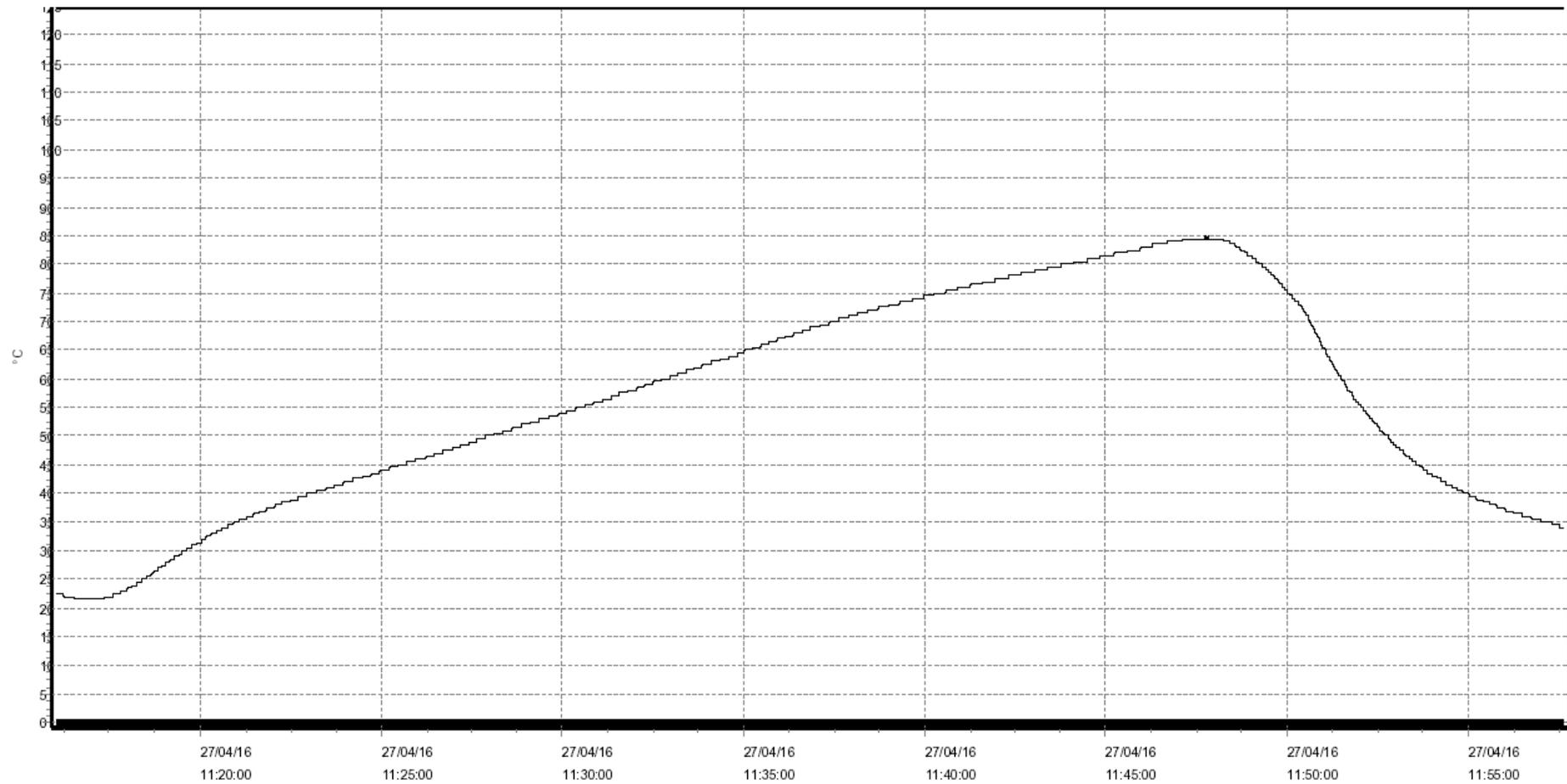


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barème de pasteurisation (90°C à 1.5 min)

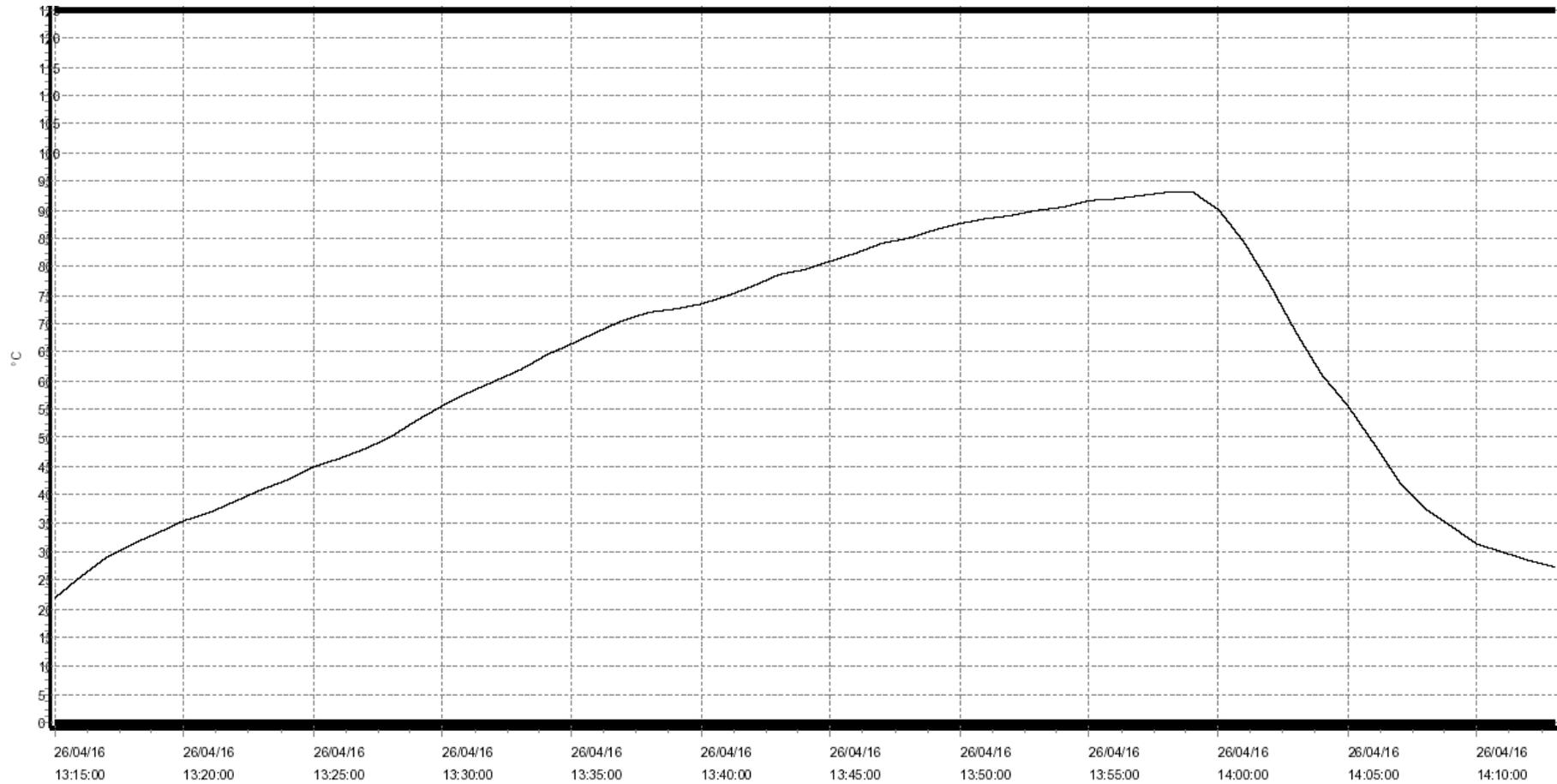


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barème de pasteurisation (90°C à 2.5min)

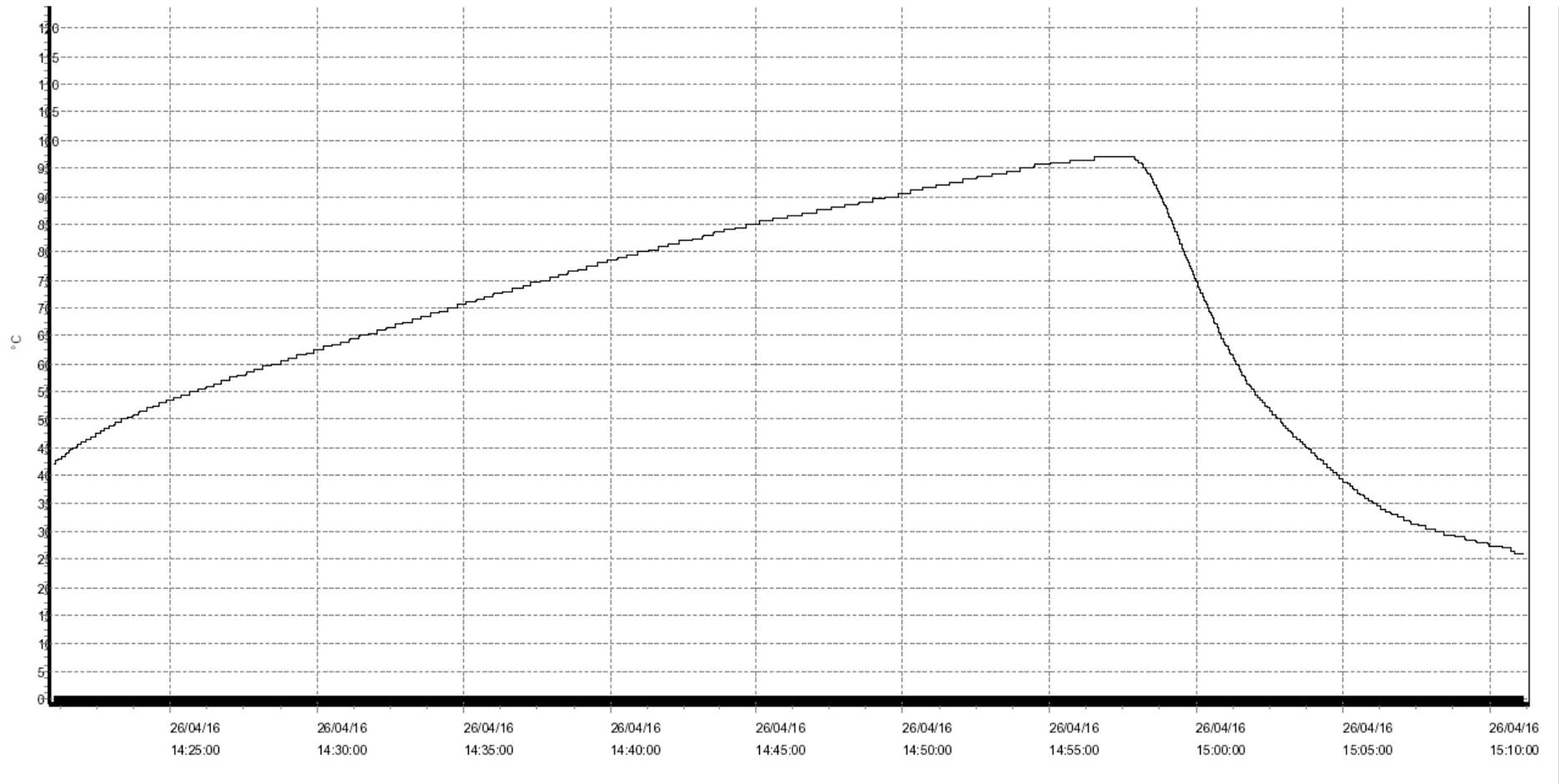


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barème de pasteurisation (90°C à 3.5 min)

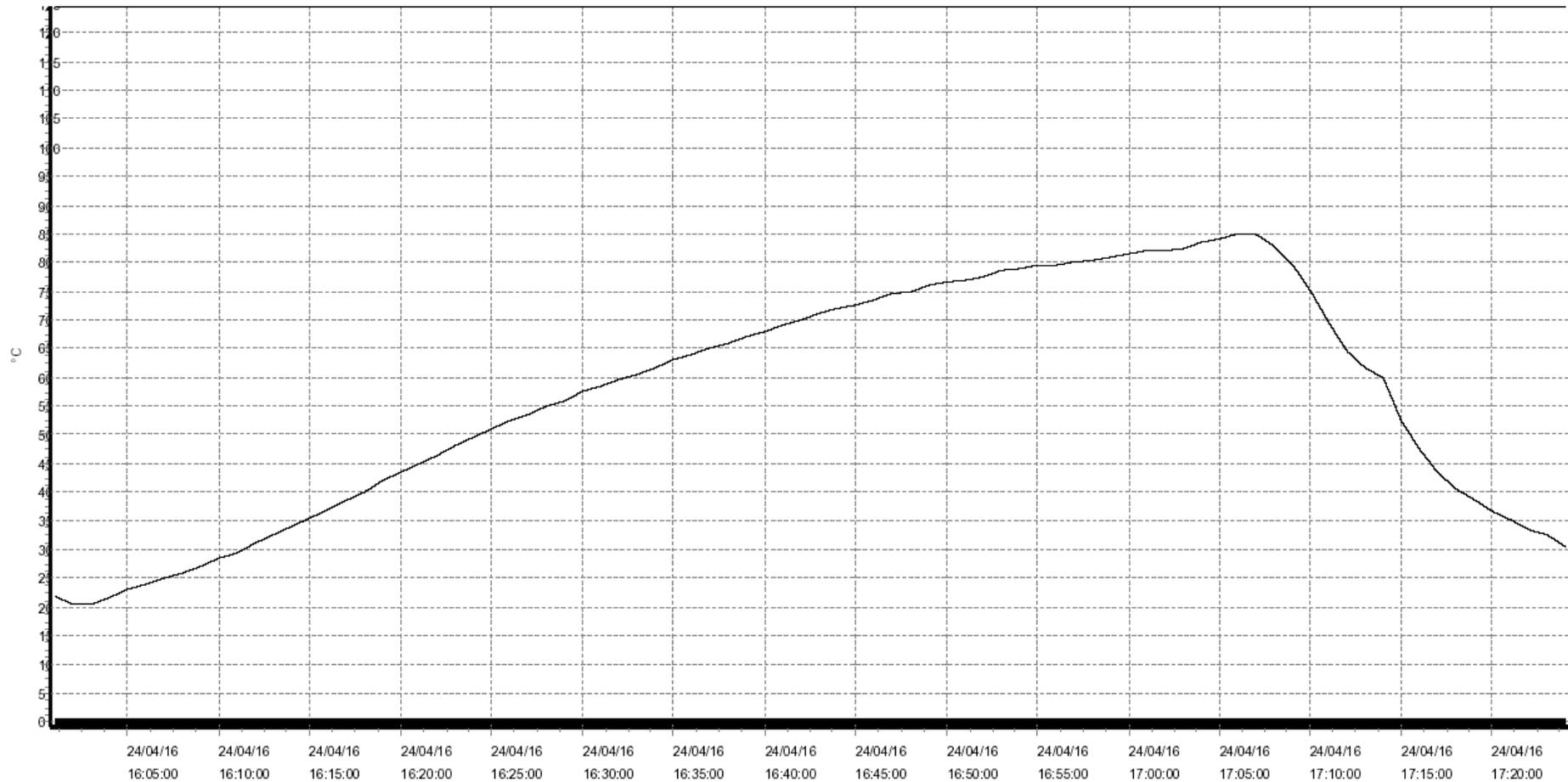


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barame de pasteurisation (boisson de viscosité 15 mpa.s)

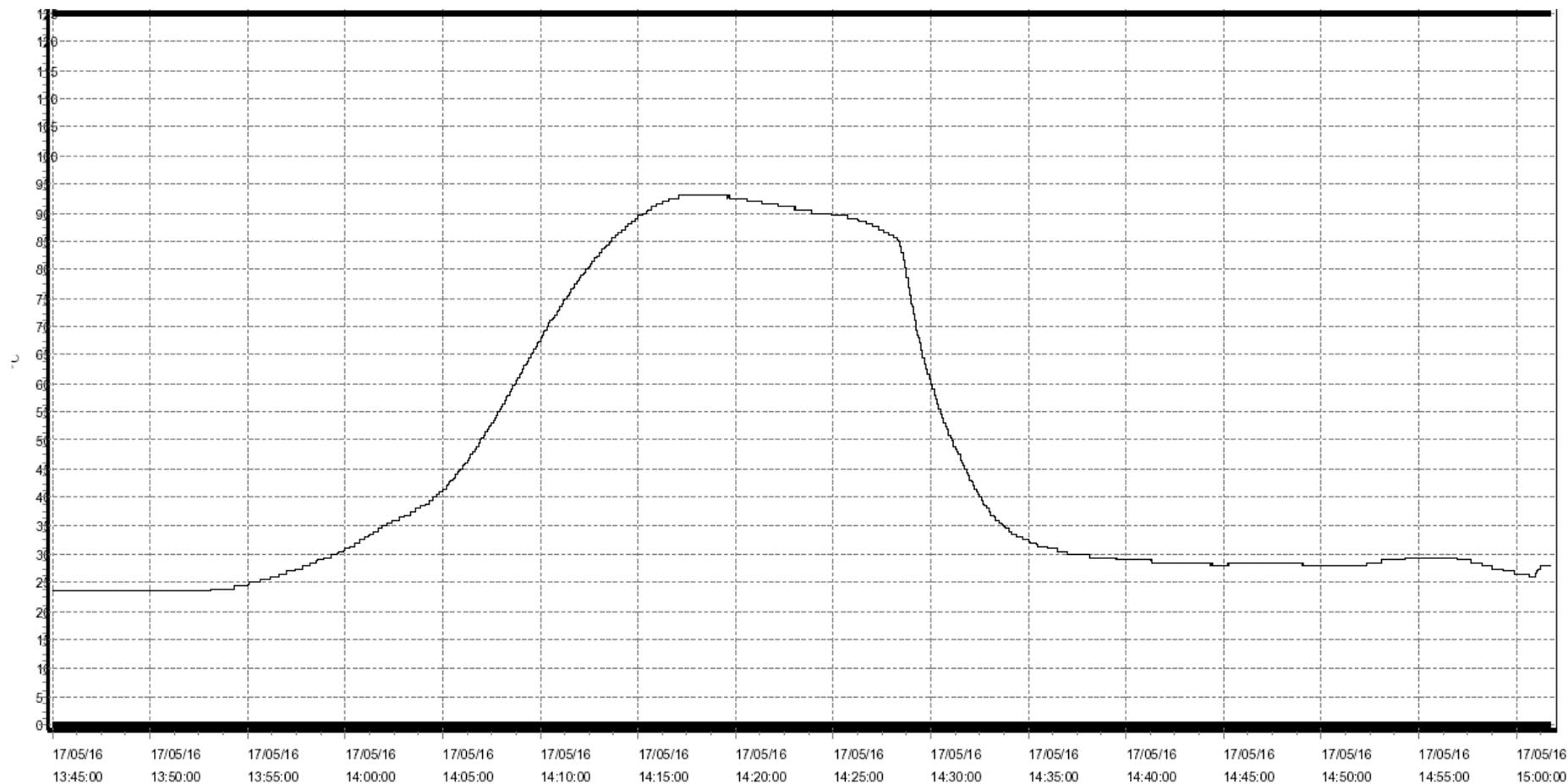


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Barème de pasteurisation(boisson de viscosité 3,3 mpa.s)

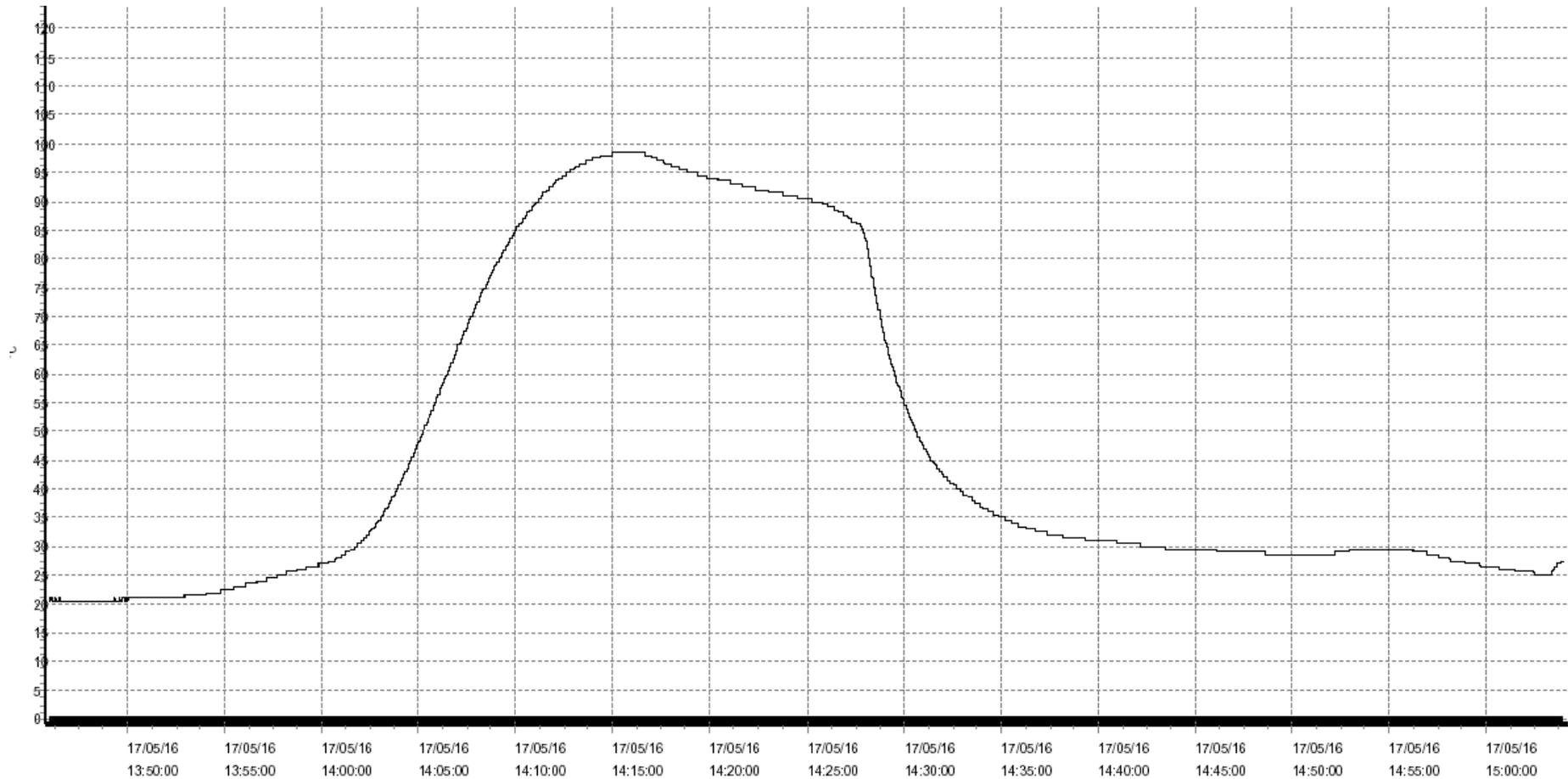


Figure représentation l'évolution de la température au cœur du produit

Autoclave

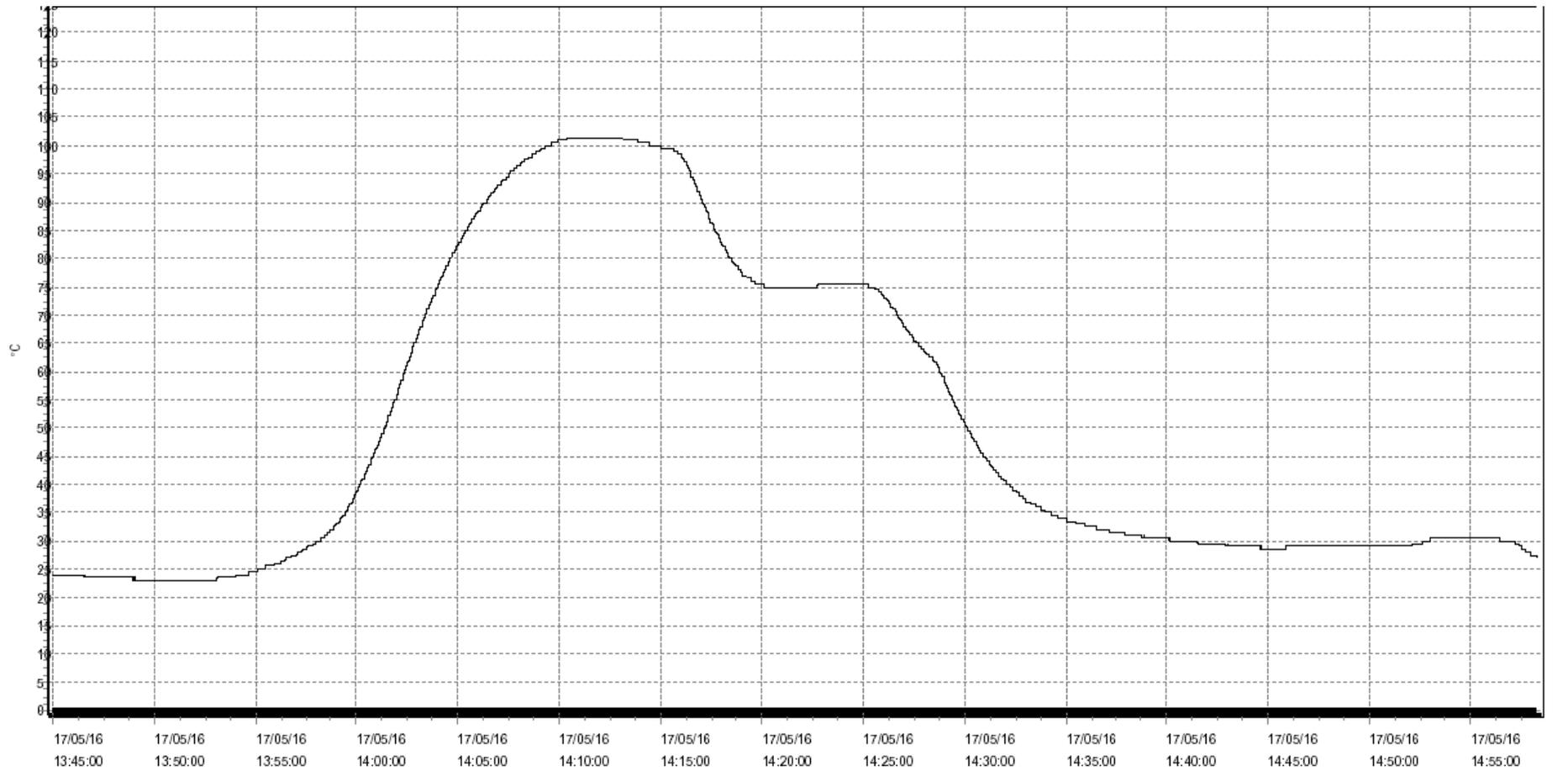


Figure représentation l'évolution de la température dans l'autoclave