

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Sciences Alimentaires
Option : Bioprocédé et Technologie Alimentaire



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Effet de traitement thermique sur les paramètres de la
cinétique de croissance de *Candida apicola* isolée sur la
surface de *Deglet-Nour***

Présenté par :

**ZEGGANE CHAFIA
TITOUAH HANANE**

Soutenu le : **20 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

M. Boukhalfa Farid	MAA	President
Mme. Fella samira	MAA	Encadreur
Mme. Brahmi Fatiha	MCB	Examineur
M. Belbahi Amine	MAB	Co-promoteur

Année universitaire : **2016 / 2017**

Remerciements

Nous tenant à exprimer nos sentiments de reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé à ce travail, qui nous ont appris une infinité de choses et qui nous ont aidé, conseillé et soutenu à tout moment afin de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.

Nous exprimant nos vifs remerciements à Mr Belbahi Amine et Mme Bdjaoui Kenza qui ont bien voulu superviser ce travail. Nous ne saurions les remercier assez pour leur soutien et leur suivi scientifique le long de la réalisation de ce travail. On vous doit beaucoup pour la confiance que vous avez témoignée et pour les encouragements et les conseils que vous avez prodigués.

Nous exprimons nos sincères gratitude, à Mr boukhalifa.F. Pour l'honneur qu'il nous fait de présider le jury et d'évaluer ce travail. Nous adressons nos remerciements à l'égard de Mme Brahmi N. et Mme Fella. S qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail.

Nous aimeront remercier aussi Mr. Madani, le responsable de laboratoire 3BS pour son accueil. Ainsi que Mr Dairi soufian pour son aide précieuse et sa disponibilité. Et que tout le personnel de laboratoire de 3BS trouve ici nos remerciements les plus sincères.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail ou qui nous ont encouragé et soutenu à tout moment.

Dédicace

Touts les mots ne sauraient exprimer la gratitude et l'amour, le respect, c'est tout simplement que : je dédie ce modeste travail

Aux plus deux chers personnes au monde, mes chers parents, ma source d'amours et de tendresse l'exemple de dévouement qui ne cesse pas de m'encourager en me prodiguant de précieux conseils.

A mes adorables frères : Mouhamed ,Mounir ,Salim et Elyes

A mes grand pères que le dieu les protèges

A mes oncles et mes tantes

A mes cousines et cousins

A ma sœur et binôme : Hanane

A mon promoteur monsieur Belbahii .A Mlle Bedjaoui kenza et monsieur dairi sofiane

A tous mes amis (es) pour leur soutien leur aide et leur présence

Nabila, sylvia, Fahima, Syhem, Rima, Khelidja, Rahim, Makhlouf, Houssin

A tous mes enseignants de puis mes premières années d'études

En fin je n'oublie pas notre fameuse simple levure Candida apicola qui été notre partenaire dans ce travail

Chafia

Dédicace

Grace à ma bonne volonté, mon acharnement, DIEU tout puissant qu'il m'a donné la force et le courage pour réaliser ce travail que je dédie :

A mes très chers parents, symbole de reconnaissance et de remerciement

Surtout ce qu'ils m'ont donné dans ma vie et auxquels

Je ne pourrais leur rendre assez.

A mes frères.

A ma sœur et son mari et son enfant.

A mes grandes mères.

A mes oncles et mes tantes.

A mes cousins.

A mes amis : Fahem, Chafia, Sihem, Yasmina, Fahima, Rima, Hkldja, sihem, Rahim et Sabrina

A l'ensemble des étudiants de ma promotion.

Et à ceux qui me sont très chers et qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Hanane.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
Chapitre I. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Le fruit dattier	3
2. Maturation du fruit dattier	4
3. Composition biochimique de la datte Deglet-Nour	5
4. Altérations de la datte Deglet- Nour	5
3.1. Altérations rhéologiques	5
3.2. Altérations chimiques	6
3.3. Brunissement	6
3.4. Altérations parasitaires	6
3.5. Altérations microbiologiques	6
3.6. Microflore fongique	7
5. Techniques de conservation et préservation des dattes	7
4.1. Traitements thermiques	8
4.2. Mécanisme d'inactivation des micro-organismes par la chaleur	9
6. Microbiologie prévisionnelle	9
5.1. Modèles d'inactivation	9
5.2. Modèles de croissance	11
7. Objectifs de l'étude	13
Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES	14
1. Matériel biologique	14
2. Techniques et analyses microbiologiques	14
2.1. Ensemencement de la souche sur milieu gélosé	14
2.2. Observation macroscopique des colonies	14
2.3. Observation microscopique	14
2.4. Préparation de la suspension de spores	15
3. Équipements et protocoles de traitement	15
3.1. Préparation des tubes capillaires	15
3.2. Traitement thermique	16
3.3. Croissance de <i>C. apicola</i>	17
4. Expression et analyse des résultats	18
4.1. Modélisation de la cinétique d'inactivation	18
4.2. Modélisation de la cinétique de croissance	19

SOMMAIRE

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUTION	20
1. Description de la levure <i>C. apicola</i>	20
1.1. Aspect morphologique sur milieu OGA.....	20
1.2. Aspect microscopique.....	20
2. Analyse du traitement des spores de <i>C. apicola</i>	21
3. Cinétique d'inactivation des spores de <i>C. apicola</i>	21
3.1. Paramètres et qualité d'justement.....	21
3.2. Thermosensibilité.....	23
4. Modélisation de la croissance <i>C. apicola</i> en fonction de la durée de traitement thermique.....	23
4.1. Cinétique de croissance.....	23
4.2. Paramètres et qualité d'justement.....	23
5. Effet du traitement thermique sur les paramètres de croissance de <i>C. apicola</i>	25
6. Estimation des temps de latence réels.....	28
CONCLUSION	30
RÉFÉRENCES	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composition de la pulpe de datte fraîche <i>Deglet-Nour</i>	5
Tableau 2. Estimation du paramètre cinétique DT de l'inactivation thermique des spores à 50°C de <i>C. apicola</i>	22
Tableau 3. Les paramètres estimés de la cinétique de croissance de <i>C. apicola</i> sur milieu synthétique PDA après application d'un traitement thermique	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Coupe longitudinale d'une datte	3
Figure 2. Évolution physiologique des dattes au cours de la maturation	4
Figure 3. Simulation décrivant l'inactivation microbienne en utilisant le modèle de <i>Mafart et al.</i> (2002) pour le paramètre de forme β	11
Figure 4. Principales phases d'une courbe de croissance microbienne et paramètres du modèle qui la caractérise	12
Figure 5. Les différentes étapes décrivant la fabrication des tubes capillaires	16
Figure 6. Schéma décrivant les étapes du protocole de traitement des spores de <i>C. apicola</i> en bain-marie à 50°C	17
Figure 7. Schéma décrivant les étapes du protocole de suivi de la croissance après traitement thermique	18
Figure 8. a : colonies de <i>C. apicola</i> sur milieu OGA (aspect macroscopique). b : cellules de <i>C. apicola</i> (aspect microscopique).	20
Figure 9. Cinétiques de diminution des populations survivantes de spores de <i>C. apicola</i> à 50°C. A :	22
Figure 10. Cinétiques de croissance de <i>C. apicola</i> sur milieu PDA à 25°C après traitement à différentes durée de traitement thermique.	24
Figure 11. Les résidus de l'ajustement du modèle de <i>Rosso et al.</i> (1996)	25
Figure 12. Comparaison des valeurs estimées de μ_{max} (a) et $\log N_{max}$ (b).....	26
Figure 13. Comparaison des valeurs estimées de temps de latence λ (a)	27
Figure 14. La comparaison des courbes simulées en utilisant ces charges initiales et les courbes ajustées aux données expérimentales est présentée	29

LISTE DES ABRÉVIATIONS

a_w	Activité de l'eau
D_T	Temps dit de réduction décimale (min.)
$^{\circ}\text{C}$	Degré Celsius
Max	Maximum
MSE	Moyenne des carrés des écarts (Mean Squared Error)
N	Population microbienne
OGYA	Oxytetracycline glucose yeast agar
p	Nombre de paramètres du modèle
PDA	Potato dextrose agar
IC	Intervalle de confiance
RMSE	Racine de la moyenne des carrés des écarts (Root Mean Squared Error)
UFC	Unité Formant Colonie
y	Valeurs mesurées (expérimentales)
\hat{y}	Valeurs prédites

Symboles grecs

α	Paramètre d'échelle du modèle de Weibull
β	Paramètre de forme du modèle de Weibull
μ	Vitesse de croissance (h^{-1})
λ	Temps de latence (h)

Exposants et indices

ajust	Ajusté
ref	Référence
sim	Simulé
max	Maximale
t	Mesures ou calculs à différents temps
T	Mesures ou calculs à différentes températures
0	État initial

INTRODUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Grâce à sa valeur nutritionnelle importante, le fruit dattier représente depuis des siècles une source typique d'alimentation du régime des régions sahariennes (Tirichine, 2010). A ce jour les dattes font l'objet d'une activité commerciale importante dont la production moyenne mondiale a atteint 7,62 millions de tonnes en 2013 (FAO., 2013). L'Algérie représente l'un des principaux producteurs de cette denrée alimentaire en occupant le sixième rang mondial avec une production moyenne estimée à 710000 tonnes, soit 7% de la production mondiale (FAO, 2013).

L'évolution de la consommation de cette variété à l'échelle internationale est tributaire de ses qualités organoleptiques et nutritionnelles avérées, liés l'un ou l'autre à sa texture tendre et sa flaveur caractéristique principalement due à sa richesse en eau, fibres et en composés de haute valeur énergétique qui sont les sucres (Ben Ahmed Dilali *et al.*, 2010). Cependant, cette composition biochimique constitue un environnement favorable au développement de la microflore, particulièrement, la flore fongique d'altération prédominée par le genre *Candida* et *Aspergillus* (Djerbi, 1983 ; Hasnaoui *et al.*, 2010). Ces microorganismes responsables du ramollissement du fruit et la génération des aflatoxines, montrent une résistance aux conditions environnementales extrêmes, ce qui rend la conservation de cette denrée alimentaire une procédure qui nécessite une meilleure maîtrise des caractéristiques intrinsèques de cette flore (Logrieco *et al.*, 2003 ; Patriarca *et al.*, 2007).

Malgré la diversité des techniques de conservation industrielle appliquées dans cette filière agricole, les opérateurs nationaux réclament des pertes importantes estimées d'après le FAO à 6% de la production totale de ce cultivar (FAO, 2013). La désinfection des dattes par fumigation au bromure de méthyle ou au phosphore d'hydrogène est le traitement le plus couramment utilisé (Matter, 1991). De par leur toxicité pour le consommateur et l'environnement, les inconvénients engendrés par ces traitements chimiques notamment à l'emploi de doses élevées en raison du développement de souches résistantes ont fait que la réglementation est devenue plus répressive (Anonyme, 1995). En effet, cette situation incite le développement de nouvelles technologies de conservation comme la thermisation et les atmosphères modifiées pour lutter contre cette flore d'altération (Al-Taweel *et al.*, 1997).

Dans cette perspective, nous sommes intéressés dans ce présent travail à l'étude de l'impact du traitement thermique sur les paramètres de croissance d'une espèce type

INTRODUCTION

d'altération notamment *Candida apicola* dont le but d'évaluer l'efficacité du traitement thermique sur la longévité de conservation de cette denrée alimentaire.

Cette présente étude est subdivisée en deux parties :

- Une revue bibliographique aborde des généralités décrivant *la Deglet-Nour*, les différents stades de sa maturation et sa composition biochimique, avant de terminer par les facteurs de détérioration de sa qualité et les différentes techniques de conservation de ce fruit.
- Une étude expérimentale est réservée en premier temps à la présentation de l'ensemble des méthodes analytiques mises en œuvre pour la détermination de la courbe l'inhibition et les cinétiques des croissances de *Candida Apicola* à différents temps de traitement thermique. En dernier temps, une partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus et leur discussion.

Chapitre I
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Fruit dattier

La datte, fruit du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), est une baie de forme allongée, oblongue ou arrondie. Elle est composée d'un noyau, ayant une consistance dure (figure 1"b") entouré de chair (Figure 1" a"). La partie comestible dite chair ou pulpe est constituée de:

- Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre.
- Un endocarpe de teinte plus clair et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (Espiard, 2002).

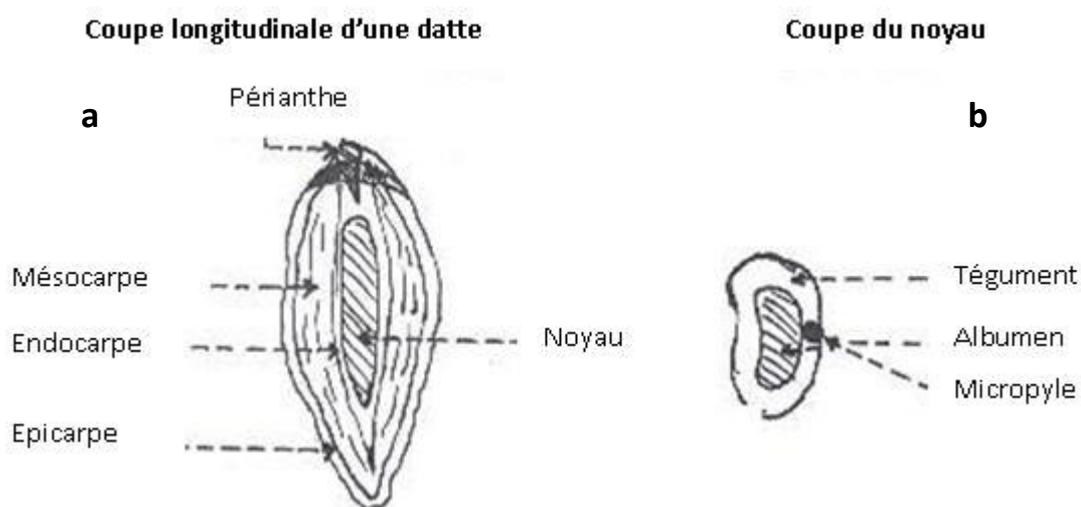


Figure 1. Coupe longitudinale d'une date(a); coupe de noyau(b) (Richarde, 1972).

Les variétés de dattes sont très nombreuses, seulement quelques-unes ont une importance commerciale. Elles se différencient par leur saveur, consistance, forme, couleur, poids et leur dimensions (Djerbi, 1994 ; Buelguedj, 2001).

En Algérie, il existe plus de 940 cultivars de dattes (Hannachi et *al.*, 1998). Les principales variétés cultivées sont :

- La *Deglet-Nour* : variété commerciale par excellence. C'est une datte demi-molle, considérée comme étant la meilleure variété de datte du fait de son aspect, son onctuosité et sa saveur. A maturité la datte est d'une couleur brune ambrée avec un épicarpe lisse légèrement plissé et brillant, le mésocarpe présente une texture fine légèrement fibreuse (Bouddar et *al.*, 1997 ; Kendri, 1999).

- Les variétés communes : ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à *Deglet-Nour*. Les variétés les plus répandues sont : Ghars, Degla-Beïda et Mech-Degla (Kendri, 1999 ; Masmoudi, 2000).

2. Maturation du fruit dattier

La datté est l'un des fruits climatériques, qui évolue en taille, en consistance et en couleur jusqu'à la récolte (Gilles, 2000) (figure2). Son processus de maturation est caractérisé par un ramollissement de la chair, une augmentation du rapport sucres/acides, un changement de couleur ainsi qu'une augmentation de l'activité de respiration et la production d'éthylène (Lurie, 1998). Depuis la pollinisation jusqu'à la maturité, les dattes passent successivement par cinq stades de maturation (Al-shahib et Marshall, 2003 ; Djerbi, 1994):

- **Hababouk** : Ce stade commence juste après la fécondation et dure environ cinq semaines. A ce stade le fruit est entièrement recouvert par le périanthe et se caractérise par une croissance lente.
- **Kimiri** : C'est le stade vert immature, caractérisé par une teneur élevée en eau, un grossissement rapide du fruit, une augmentation de la concentration de tanins et en amidon, une légère augmentation de sucres totaux de la matière sèche. Ce stade dure neuf à quatorze semaines.
- **Khalal** : Au cours de ce stade, la couleur du fruit passe du vert au rouge. Cette phase est marquée par une augmentation rapide de la teneur en sucres totaux, de l'acidité, et une diminution de la teneur en eau. Elle dure trois à cinq semaines.
- **Routab** : Pendant ce stade le fruit change de couleur en brun clair. Cette phase est caractérisée par l'accumulation des sucres réducteurs, et la perte de la turgescence du fruit suite à la diminution de la teneur en eau. Ce stade dure de deux à quatre semaines.
- **Tamr** : cette phase finale se manifeste par un abaissement significatif de la teneur en eau d'environ 80% et une augmentation du taux de sucres totaux pour atteindre 77% du poids frais (Djerbi, 1994 ; Ait-Oubahou et Yahia, 1999).

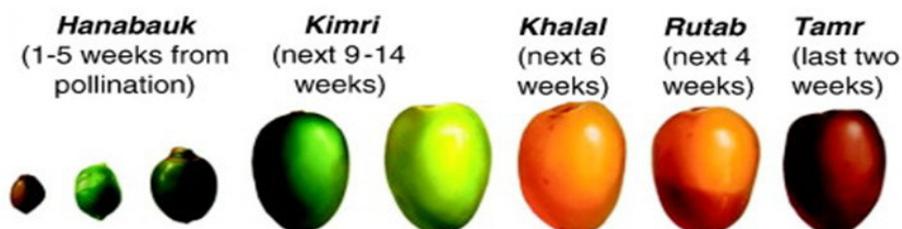


Figure 2. Évolution physiologique des dattes au cours de la maturation (Djerbi, 1994).

3. Composition biochimique de la datte *Deglet-Nour*

A l'égal de toutes les fruits dattiers, la *Deglet-Nour* contient un grand nombre de composés structurellement hétérogènes (*Tableau 1*), dont les principaux sont les sucres, l'eau et en moindre quantité les protéines et les sels minéraux (Chehma *et al.*, 2001). Outre sa richesse en composés de haute valeur énergétique, *Deglet-Nour* contient près de 50 composés mineurs qui lui confèrent ses qualités organoleptiques et nutritionnelles (Munier, 1973). Par ailleurs cette composition est fortement influencée par le stade de maturation.

Tableau 1. Composition de la pulpe de datte fraîche *Deglet-Nour* (Chehma *et al.*, 2001).

Constituants	(%) du poids à l'état frais
Eau	20
Protéines	1,5
Sucres totaux	71
Saccharose	36,1
Glucose	10,4
Fructose	9,6
Cellulose	6,20
Cendres	1,25
Lipides	0,05

4. Altérations de la datte *Deglet-Nour*

Comme tous fruits, la datte *Deglet-Nour* est sujette à de nombreuses altérations affectant ses qualités organoleptiques. Cette variété présente une faible aptitude à la conservation suite à sa fragilité aux phénomènes de dégradation. La valeur marchande de cette variété est dépréciée principalement par les fissurations, le ramollissement et ainsi que le brunissement du fruit qui sont d'origines diverses.

4.1. Altérations rhéologiques

Elles se produisent au cours des différentes opérations de manipulation des dattes que ce soit pendant la récolte ou bien dans les unités de conditionnement (chocs, écrasements et dessèchement). Ces opérations provoquent des lésions qui accélèrent les processus d'altérations biologiques notamment le déclenchement du processus de fermentation et le brunissement enzymatique (Oubahou et Yahia, 1999).

4.2. Altérations chimiques

La richesse de la datte *Deglet-Nour* en invertase provoque l'inversion du saccharose. Cette inversion peut entraîner une diminution de l'humidité relative d'équilibre de la datte et une modification de sa saveur naturelle. Par contre, toutes les variétés de dattes développent des taches de sucres ou " *Sugar Spotting*" qui se caractérisent par la formation de dépôts granuleux de sucre juste au-dessous de la peau et dans la chair du fruit (Jarrah *et al.*, 1982).

4.3. Brunissement

Durant l'entreposage ou lors de traitements technologiques, les dattes subissent deux types de brunissement (Singleton, 1987), notamment, le brunissement enzymatique et non enzymatique. Le brunissement enzymatique dû à l'oxydation des phénols par les enzymes polyphénol-oxydases et les peroxydases (Macheix *et al.*, 1990), aboutit à la formation des mélanines (polymères bruns insolubles) (Rivas *et Whitaker*, 1973). Cependant, le brunissement non enzymatique dû à la réaction de Maillard entre les sucres réducteurs et les acides aminés, engendre le brunissement et la caramélisation du fruit (Matallah, 2004).

4.4 Altérations parasitaires

Les insectes ravageurs dégradent les dattes stockées et causent une perte de poids et une dépréciation de la valeur commerciale du fruit. Elles sont dues essentiellement aux vers de la datte *Myelois phoenicie* et au Bouferoua (*Oligonychus afrisiaticus*) (Al-azawi *et al.*, 1984).

4.5. Altérations microbiologiques

La Deglet-Nour, de par sa teneur équilibrée en différents sucres (glucose, fructose, saccharose) et sa teneur appréciable en eau constitue un milieu propice au développement d'une variabilité d'espèces microbiennes favorisant sa fermentation spontanée (Abekhti Abdelkader, 2015). Selon El-shaick *et al.* (1986), cette flore est constituée principalement des levures et moisissures et en moindre importance de bactéries fermentaires. Selon cet auteur, ces microorganismes ont pour la plupart des cas un impact préjudiciable sur les principaux paramètres de la qualité marchande de cette denrée alimentaire (acidité, rhéologie, flaveur...).

4.5.1. Microflore bactérienne

Les bactéries ne sont pas concédées étant la cause principale d'altération du fruit dattier, mais peuvent être impliqués dans ce phénomène notamment les bactéries lactiques (Kader *et Hussein*, 2009) et acétiques (Shenasi *et al.*, 2002). Grâce à leur pouvoir fermentaire, Ces

microorganismes engendrent l'aigrissement des dattes suite à la transformation des sucres en acide acétique et ou en acide lactique. A côté de ces bactéries des espèces pathogènes de contamination ont été isolées de cette matrice à savoir, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus* (Aidoo *et al.*, 1996).

4.6. Microflore fongique

De nombreuses études rapportent que les levures et moisissures sont les principaux acteurs de la détérioration des dattes. Les espèces fongiques fréquemment identifiées appartenant aux genres *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus* et *A. ochraceus*) (Hasnaoui *et al.*, 2010), *Alternaria* (Djerbi, 1983) et en moindre importance au genre *Penicillium* (Abdel-Sater *et Saber*, 1999; Ragab *et al.*, 2001). En développant leur mycélium à la surface des dattes, ces microorganismes sont capables de fermenter les sucres et produire des mycotoxines à l'origine des intoxications alimentaires (González, 1998; Logrieco *et al.*, 2003; Schrader *et al.*, 2006 Patriarca *et al.*, 2007). Entre autres, des études microbiologiques ont rapporté que les espèces de levures principalement identifiées à la surface des dattes, appartiennent aux genres *Saccharomyces*, *Hanseniaspora* et *Candida* (El-shaick *et al.*, 1986). Les espèces de levures infectant la variété *Deglet-Nour* sont les espèces les plus tolérantes au forte teneur en sucres notamment *Candida Apicola* (Rosa *et al.*, 2003; Belbahi *et al.*, 2015). Cette espèce xérotolérante, osmotolérante, possède un métabolisme fermentaire important (fermentation alcoolique) (Tokuoka, 1993; Stratford *et al.*, 2002) et une capacité de produire des Sophorolipides et des enzymes, telles que les réductases et protéases (Vega-Alvarado *et al.*, 2015). L'infection des dattes par cette souche engendre, la formation de poche de gaz sous leur pulpe, formation d'agrégat blanc des cellules, la décoloration et ramollissement du fruit et le développement des odeurs alcooliques (Yahia et Kader, 2011). De par son métabolisme fermentaire, le pouvoir sporulant de *Candida Apicola* constitue un sérieux problème à la conservation des dattes à long terme (Al-Shaikly *et al.*, 1986). Cependant, le développement de cette souche d'altération dépend principalement du stade de récolte des dattes et les pratiques post-récolte (température, humidité de l'air de stockage...) (Shenasi *et al.* 2002). Des travaux de recherches ont montré que les dattes récoltées au stade Khalal présentent une charge microbienne initiale plus importante due à la teneur équilibrée du fruit en eau et sucres à ce stade de maturation (figure 2).

5. Techniques de conservation et préservation des dattes

La croissance spectaculaire de la production de fruit dattier permet de préciser les méthodes appropriées pour conserver ce fruit nutritif pendant une longue période. De

nombreuses méthodes ont été utilisées pour atteindre cet objectif au cours des dernières années, qui peuvent être classées en méthodes de traitement non thermiques (fumigation, irradiation et conditionnement sous atmosphère modifiée) et thermiques (traitement thermique, stockage à froid, déshydratation ...) (Homayouni *et al.*, 2015). La détérioration des fruits par les insectes, les microorganismes pendant le stockage est un problème grave, en particulier dans les conditions tropicales chaudes et humides (Mohammadzai *et al.*, 2008).

Une première préoccupation importante après la récolte est l'infestation d'insectes qui provoque des pertes importantes des fruits, la fumigation (fumigation par produit chimique, fumigation par la pression atmosphérique et sous vide) est très fréquente et constitue le premier choix pour les producteurs (Matter., 1991). L'irradiation à montrer une excellente efficacité pour l'élimination de la flore bactérienne (Jay *et al.*, 2005) mais non pas sur flore fongique (Al-Kahtani *et al.*, 1998; Azelmat *et al.*, 2006). Cependant, le conditionnement des dattes sous atmosphère modifiée, s'avère le mode de conservation le mieux adapté pour une meilleure protection du produit contre la prolifération des levures et moisissures et contre la déshydratation (Achour *et al.*, 2003). Le stockage à froid en appliquant des basses températures principalement pour l'extension de la durée de conservation des dattes fraîches ou transformées, ce qui réduit l'activité des microorganismes, les enzymes. Ce procédé nécessite que les aliments soient initialement d'excellente qualité et peu contaminés (Rosset *et al.*, 2002). Les techniques sous citées présentent certaines limites qui répriment de plus en plus leurs applications industrielles. Les méthodes comme la fumigation et l'irradiation représentent un risque public en raison de leur toxicité. Alors que le stockage à froid et sous atmosphère modifiée sont des technologies coûteuses (Homayouni *et al.*, 2015).

5.1. Traitements thermiques

La thermisation est aujourd'hui la technique de décontamination la plus communément utilisée en industrie agroalimentaire. En terme de sécurité agro-alimentaire, elle a pour objectif de détruire ou désactiver totalement d'une part les enzymes et d'autre part les micro-organismes, dont la présence ou la prolifération pourrait altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à la consommation humaine (Levy, 2012).

Selon Holdsworth 2004, le traitement thermique est parmi les méthodes conventionnelles qui assurent la sécurité et augmente la durée de validité des aliments. Par ce procédé le risque microbiologique associé aux dattes est très réduit ce mode de traitement détruira d'une part les vers des insectes ravageurs, et d'autre part affectera le développement microbien et l'activité enzymatique (Homayouni *et al.*, 2014).

5.2. Mécanisme d'inactivation des micro-organismes par la chaleur

La chaleur est généralement supposée affecter plusieurs composants cellulaires comme les protéines et le matériel génétique. Des molécules bioactives comme les enzymes et les phospholipides qui déterminent l'intégrité de la membrane et qui sont l'exigence cruciale pour l'homéostasie des microorganismes, sont des molécules très vulnérables à la chaleur. (Wesche *et al.*, 2009). La membrane cytoplasmique semble être les cibles majeure de dommage causée par la chaleur humide, de fait de l'influence de la forte activité de l'eau. Les pores bactériens, de manière générale, sont plus thermorésistants que les cellules végétatives, en effet la spore est une structure déshydratée et la teneur en eau est directement corrélée à la thermorésistance (Farkas, 2007). La sensibilité à la chaleur des microorganismes varie généralement selon la dépendance des capacités spécifiques d'adaptation et de leurs propriétés structurales (Russell, 2003). Il n'existe pas de rapport détaillé sur le changement de fonctionnalité bactérienne et les propriétés structurelles pendant le stress thermique modéré à ce jour (Kramer *et* Thielmann, 2016).

6. Microbiologie prévisionnelle

La microbiologie prévisionnelle est un outil combinant des éléments microbiologiques, mathématiques et statistiques permettant de développer des modèles décrivant la croissance ou la destruction des populations microbiennes sous certaines conditions environnementales (Sanaa, 2002). La modélisation en microbiologie prévisionnelle se décompose généralement en deux étapes: une modélisation primaire et une modélisation secondaire. La modélisation primaire correspond à la description des cinétiques d'inactivation ou de croissance microbiennes. Les paramètres issus des modèles primaires permettent ensuite de procéder à la modélisation secondaire, qui correspond à la description de l'effet des facteurs environnementaux (pH, acides, a_w , CO₂, température, etc.) sur les paramètres du modèle primaire (McMeekin and Ross 1996). Seule la modélisation primaire sera abordée dans cette partie de la bibliographie.

6.1. Modèles d'inactivation

Classiquement, les modèles les plus utilisés sont conçus sur la base de l'hypothèse d'une cinétique de premier ordre. L'évolution du taux de survie en fonction du temps est décrite par l'équation intégrée (Ball and Olson, 1957):

$$N^{(t)} = N^{(0)} \times 10^{\left(-\frac{t}{D_T}\right)} \quad (1)$$

Avec $N^{(0)}$ la population microbienne initiale, $N^{(t)}$ la population microbienne survivante après une durée de traitement t . D est le temps de réduction décimale, qui correspond à la durée de traitement nécessaire pour réduire la population survivante d'un facteur dix, exprimé en minute.

Le modèle le plus utilisé pour quantifier l'effet d'un traitement thermique sur la destruction des spores est incontestablement la forme modèle log-linéaire de l'équation (1), qui fut établi par plusieurs auteurs et reparamétré par Katzin et al. (1943):

$$\log_{10} N^{(t)} = \log_{10} N^{(0)} - \frac{t}{D_T} \quad (2)$$

La littérature recense différentes formes de courbes telles que des courbes log-linéaires avec ou sans épaulement et avec ou sans traînée, concave, convexe, sigmoïdale et biphasique (Witkowska, Hickey et al. 2011). La présence d'épaulements et de traînées est notamment expliquée par l'agrégation et l'hétérogénéité de résistance des spores (Cerf 1977). Ainsi plusieurs auteurs se sont intéressés à ces courbes de survie non linéaires et quelques modèles ont été proposés.

Peleg and Cole (2000) sont les premiers à faire un parallèle entre la distribution de la résistance des spores et la distribution de Weibull. Ils proposent alors un modèle non linéaire basé sur cette distribution. De leurs part, Mafart et al. (2002) proposent de reparamétriser ce modèle en logarithme décimal pour améliorer la signification de ses paramètres :

$$\log_{10} \left(\frac{N^{(t)}}{N^{(0)}} \right) = - \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \quad (3)$$

Où α est appelé le temps de la première réduction décimale (le paramètre d'échelle) exprimé en minute. Les formes des courbes sont décrites par le paramètre β (le paramètre de forme) (Figure 6) : lorsque $\beta < 1$ la courbe est concave, lorsque $\beta > 1$ la courbe est convexe et lorsque la courbe est log-linéaire $\beta = 1$.

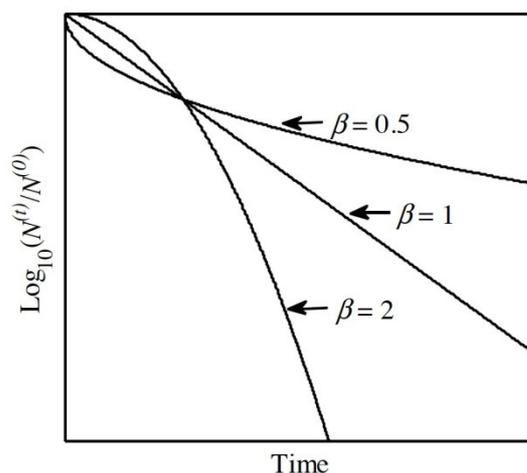


Figure 3. Simulation décrivant l'inactivation microbienne en utilisant le modèle de *Mafart et al.* (2002) pour le paramètre de forme β .

6.2. Modèles de croissance

Un modèle primaire de croissance a pour but de décrire l'évolution au cours du temps d'un microorganisme bien défini dans un environnement donné. Il découle de ce modèle une courbe de croissance classiquement divisée en 5 phases (Figure 4) :

- a. Phases de latence (λ) où la population initiale ($N^{(0)}$) est constante et la vitesse de croissance est nulle ;
- b. Phase d'accélération où $\mu > 0$;
- c. Phase exponentielle où la vitesse de croissance atteint son niveau maximum (μ_{\max}) ;
- d. Phase de décélération où la vitesse de croissance maximale diminue ($\mu < \mu_{\max}$) ;
- e. Phase stationnaire où la population atteint ($N^{(t)}$) sa concentration maximale (N_{\max}).

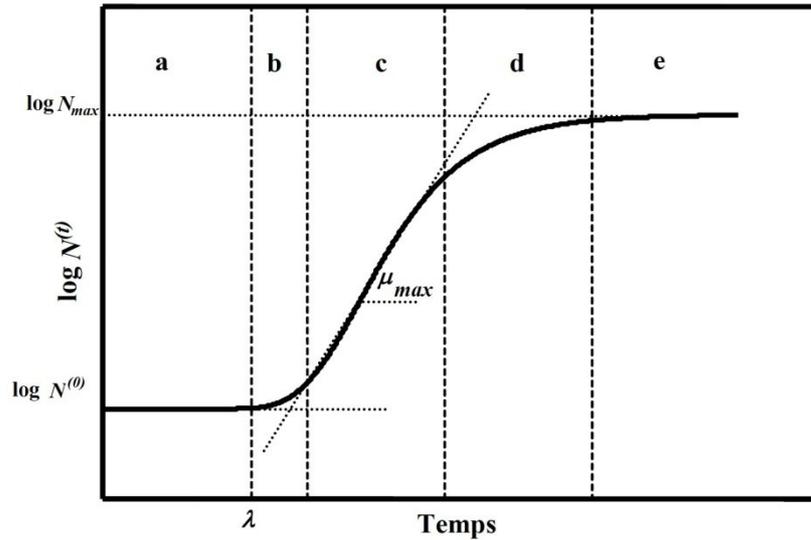


Figure 4. Principales phases d'une courbe de croissance microbienne et paramètres du modèle qui la caractérise.

Plusieurs modèles primaires de croissance ont été proposés pour décrire la cinétique de croissance des populations microbiennes dans un environnement donné. Les plus connus sont les modèles : Zwietering *et al.* (1990), Rosso (1995) et Baranyi et Roberts (1994).

Zwietering *et al.* (1990) ont adapté le modèle *Gompertz* en faisant apparaître les paramètres classiques d'une courbe de croissance avec une signification microbiologique

$$\log_{10}(N^{(t)}) = \log_{10}(N^{(0)}) + A \exp\left\{-\exp\left[\frac{\mu_{\max} e}{A}(\lambda - t) + 1\right]\right\} \quad (4)$$

Avec $A = \log_{10}(N_{\max}) - \log_{10}(N^{(0)})$ et $e = \exp(1)$.

Ce modèle qui génère des courbes sigmoïdales a été couramment utilisé en raison de sa qualité d'ajustement sur les données expérimentales de croissance. Néanmoins, des inconvénients ont été signalés. **Rosso (1995)** a mentionné que l'ajustement de ce modèle induit une surestimation du taux de croissance μ_{\max} par rapport à sa définition classique (phase c de la figure 4). Cet auteur a donc développé un modèle qui est l'un des plus utilisés actuellement, il est dit *logistique avec délai et rupture* :

$$\log_{10}(N^{(t)}) = \begin{cases} \log_{10}(N^{(0)}) & , t \leq \lambda \\ \log_{10}(N_{\max}) - \log\left[1 + \left(\frac{N_{\max}}{N^{(0)}} - 1\right) \exp(-\mu_{\max}(t - \lambda))\right] & , t > \lambda \end{cases} \quad (5)$$

Le modèle de **Baranyi et Roberts (1994)** est aussi l'un des modèles les plus utilisés pour représenter les courbes de croissance. Il s'ajuste très bien aux données expérimentales de

croissance (bonne qualité d'ajustement) et possède des paramètres avec des significations mécanistiques. Cependant, le modèle de *Baranyi* reste très complexe et moins utilisé que celui de Rosso (1995).

7. Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude se focalisent sur :

1. Estimer le paramètre de thermosensibilité D_T des spores de *C. apicola* par traitement en bain marie.
2. Estimer les paramètres cinétiques de croissance de *C. apicola* après traitement thermique.
3. Évaluer l'effet du traitement thermique sur les paramètres cinétiques de croissance de *C. apicola*.

Chapitre II
MATÉRIEL ET MÉTHODES

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Chapitre II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Matériel biologique

La levure *Candida apicola* (CBS4076) utilisée dans les expériences de notre étude est une souche isolée à la surface de la datte *Deglet-Nour*. Cette dernière est récoltée au stade Rutab. Cette souche a été isolée après avoir effectué plusieurs repiquages puis identifiée à l'échelle moléculaire par Belbahi et al. (2015) au sein de l'unité de recherche UMR-Qualisud du CIRAD de Montpellier, France.

Le choix de l'étude de cette souche est justifié par :

- *C. apicola* est une levure xérophile et osmophile capable d'altérer des dattes fraîches *Deglet-Nour*.
- Les altérations qu'elle cause, dont on peut citer l'acidification et la production d'alcool affectant la valeur marchande de ce fruit.
- Le manque des travaux de recherches scientifiques sur cette levure.

2. Techniques et analyses microbiologiques

2.1. Ensemencement de la souche sur milieu gélosé

En vue de revivifier la souche conservée à -18°C dans un mélange eau physiologique (70%) et glycérol (30%), un repiquage sur milieu OGA additionné de 20% saccharose a été effectué, puis incubé à 25°C de 3 à 10 jours afin de réaliser la suite de notre étude expérimentale.

2.2. Observation macroscopique des colonies

La morphologie et l'aspect des colonies de *Candida apicola* ont été observés à l'œil nu au recto-verso sur les boîtes incubées pendant 3 jours à 25° pour décrire l'aspect des colonies (plate, surélevée, bombé, etc.) et leur couleur (blanc, crème, etc.).

2.3. Observation microscopique

Afin d'examiner la mobilité et d'en déceler la forme végétative (culture de 3jours) et sporulée (culture de 10jours) de *Candida Apicola*, des observations microscopiques de quelques colonies à l'état frais ont été réalisées sous lame et lamelle via un microscope optique.

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.4. Préparation de la suspension de spores

Afin de fixer une charge initiale de 10^8 / ml, la méthode de comptage sur cellule de Malassez a été utilisée. Comme la forme sporulée est la forme visée par notre étude, des cultures de 10 jours ont été préalablement préparées sur milieu OGA à 25°C afin d'avoir une sporulation forte des colonies. Une suspension de spores a été préparée en ensemençant un tube contenant 9 mL d'eau physiologique stérile (9 g/L NaCl et de Tween 80) avec des colonies de levure isolées à partir des précédentes cultures. A partir de cet inoculum, 100 μ L ont été prélevés et déposés sur la lame de Malassez afin d'effectuer un dénombrement sous microscope optique doté d'une caméra (Panasonic Model wv-r 15HSE, Japan). Un ajustement de concentration a été effectué par ajout d'eau physiologique. Par ailleurs, une mesure de densité optique au spectrophotomètre de la suspension de spores a été effectuée à 600 nm dans le but de savoir à quelle densité optique correspond cette charge initiale (10^8 /ml).

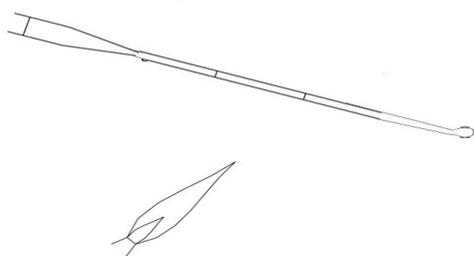
2.4.1. Dénombrement des spores survivantes

Des dilutions décimales (eau physiologique à 9 g/L de NaCl) sont réalisées en vue des dénombrements des populations des spores survivantes. L'ensemencement est effectué en surface avec 200 μ L de suspension. L'incubation est effectuée à 25°C pendant 4 à 5 jours. Deux boîtes ont été ensemençées pour chaque dilution. Les colonies des spores survivantes sont dénombrées ; seules les boîtes comportant entre 15 et 300 colonies sont prises en compte ; les résultats sont exprimés en logarithme décimal des populations dénombrées.

3. Équipements et protocoles de traitement

3.1. Préparation des tubes capillaires

Les tubes capillaires peuvent être achetés prêts à l'emploi (stériles, soudés...). Les tubes utilisés dans nos expériences ont été fabriqués à partir des pipettes Pasteur à l'aide de la flamme du bec Bunsen. Les étapes suivies pour la préparation de ses tubes sont décrites dans la figure 5 ci-dessous.



- 1) Placer la pipette Pasteur dans la flamme jusqu'au début de la déformation du verre.

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

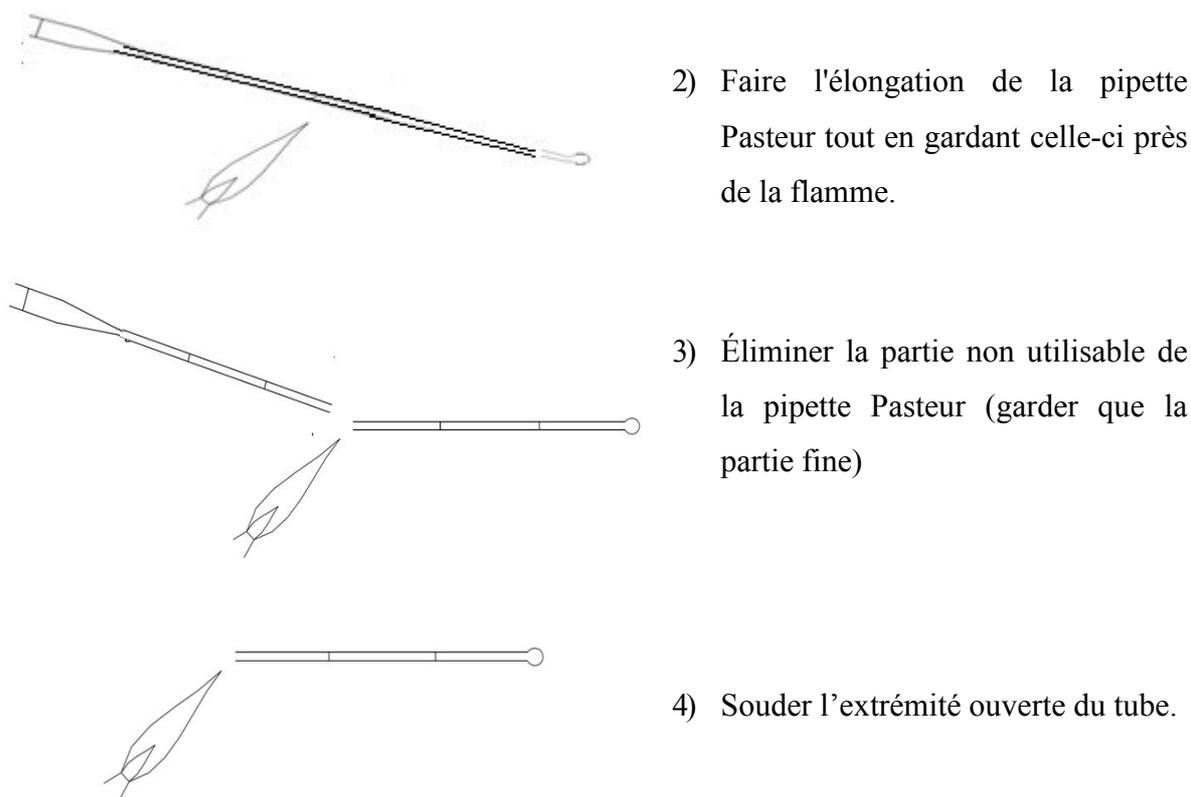


Figure 5. Les différentes étapes décrivant la fabrication des tubes capillaires.

3.2. Traitement thermique

Le traitement thermique isotherme des suspensions de spores a été réalisé au travers des cinq étapes décrites dans la figure 6 (Leguérinel et *al.* 2007). 100 μL d'une suspension de spores issue d'une culture de plus de 10 jours d'incubation et standardisée (10^8 spores/ml) ont été introduits dans les tubes capillaires d'une manière aseptique tout en évitant la formation de bulles d'air. Ces derniers ont été placés au bain marie à 50°C et traités à des intervalles de temps différents (2, 4, 6, 8, 10, 12 et 14min). Après traitement, les tubes ont été retirés et refroidis immédiatement dans l'eau glacée afin d'arrêter le traitement thermique. Le contenu des tubes a été transvasé dans des tubes à essai contenant 9ml d'eau physiologique, suivi d'un rinçage avec 0.9 ml du même solvant. Finalement, une série de dilution (10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}) est effectuée. Les différentes dilutions ont été par la suiteensemencées sur le milieu OGA et incubées à 25°C pendant 5 jours afin de suivre la cinétique d'inactivation de la levure *Candida apicola* au cours du temps par l'effet du traitement appliqué. Chaque pat de traitement thermique a été effectué en duplique.

L'utilisation de l'eau physiologique (9 g/L NaCl et 0,005 %) et de tween80 NaCl ; un agent mouillant pour désagglomérer (éviter la formation d'amas de spores) et empêcher l'adhérence des spores sur les parois des flacons en Pyrex (Young et Kauss, 1984). Ce milieu n'est pas

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

nutritif et favorise le transfert thermique, pendant l'application de traitement. Et la méthode adaptée est celle des tubes capillaires en verre, qui ont un diamètre très réduit, cela favorise le transfert de chaleur.

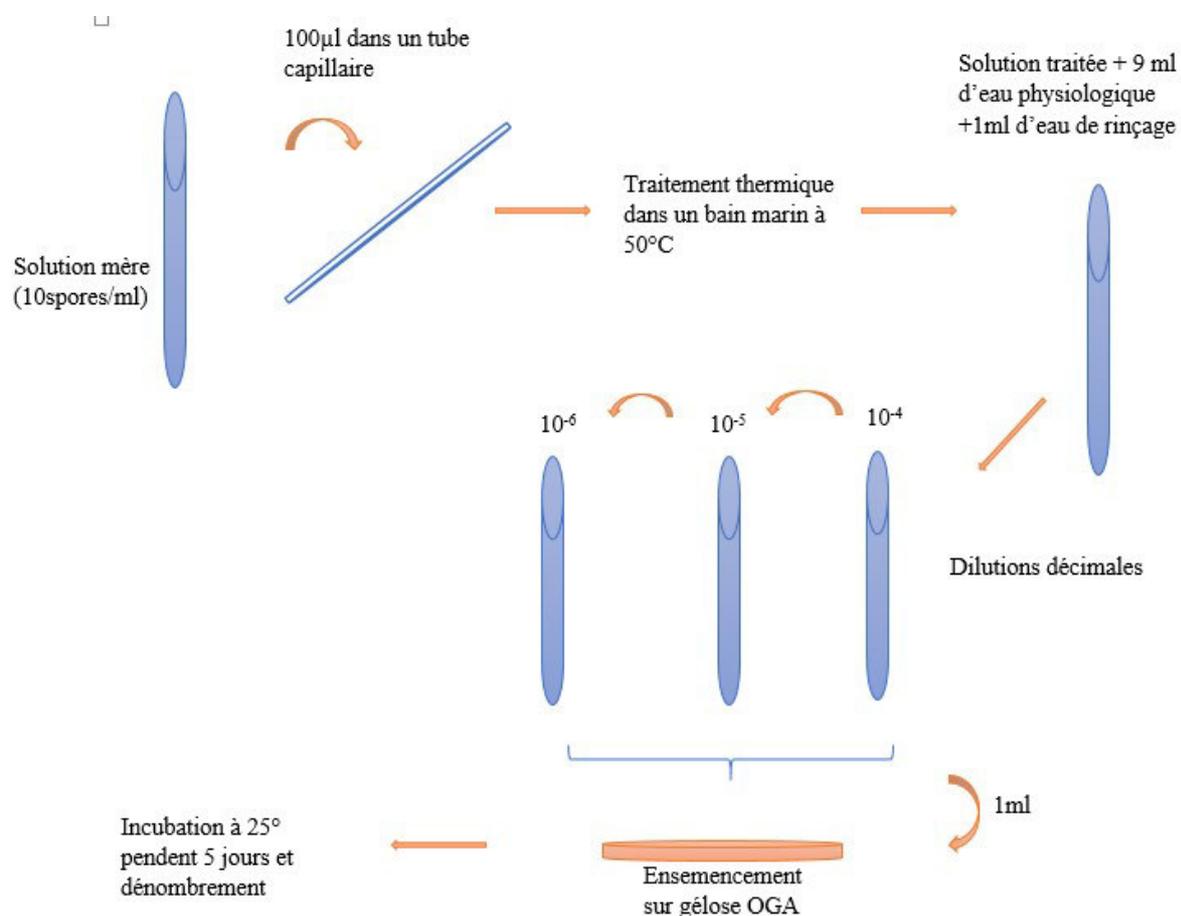


Figure 6. Schéma décrivant les étapes du protocole de traitement des spores de *C. apicola* en bain-marie à 50°C.

3.3. Croissance de *C. apicola*

3.3.1 Expression de la croissance

Dans l'objectif d'exprimer les cinétiques de croissances en populations N (UFC/mL), une relation N (UFC/mL) en fonction de la DO à 600nm a été établie : à partir d'une suspension mère d'une charge de 10^8 /ml, une série de dilution (1/2 ,1/4 ,1/8 ,1/16...) a été effectuée dans de l'eau physiologique (9g/L NaCl). L'absorbance de ces dilutions a été ensuite mesurées à 600nm contre un blanc.

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.3.2 Croissance après traitement thermique

En vue de mettre en évidence l'effet du traitement thermique sur la cinétique de croissance de *C. apicola*, après avoir subi un traitement thermique isotherme, un suivi de la croissance a été effectué comme suit : 100 μl des suspensions des spores (10^8 spores/ml) traitées à 50°C pendant 2, 6 et 10 min ont été transvasées dans des flacons contenant 29 ml du milieu PDA liquide. Le volume final dans chaque flacon a été ajusté à 30 ml, de telle sorte à avoir une population initiale d'environ 10^6 spores/ml. Par la suite, les suspensions ont été incubées à 25° . La cinétique de croissance a été suivie chaque 2 heures pendant 48h par la mesure de la densité optique à 600 nm.

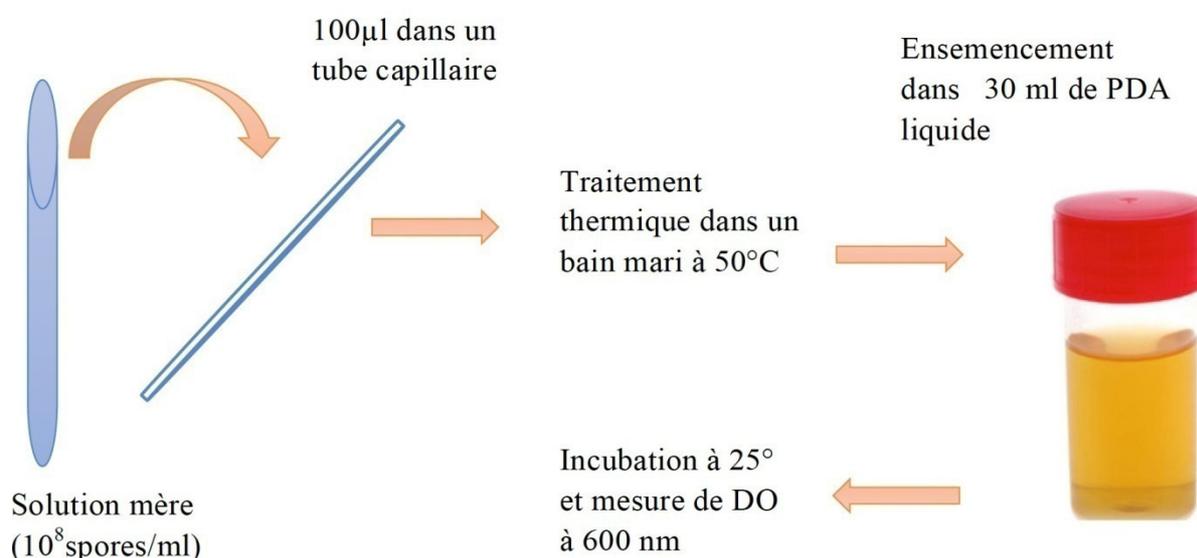


Figure 7. Schéma décrivant les étapes du protocole de suivi de la croissance après traitement thermique.

4. Expression et analyse des résultats

4.1. Modélisation de la cinétique d'inactivation

La diminution de la population de spores survivantes de *C. apicola* $N^{(t)}$ par traitement thermique (en situation isotherme) est décrite par un modèle log-linéaire (Équation 2). Cette équation a été détaillée dans la partie bibliographie du manuscrit (section 6.1).

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.2. Modélisation de la cinétique de croissance

Le modèle logistique avec délai et rupture de Rosso et *al.* (1996) (Équation 5) a été choisi pour décrire la cinétique de croissance de *C. apicola*. Ce modèle a été détaillé dans la partie bibliographie du manuscrit (section 6.2). Ce choix peut être justifié par le fait que ce modèle a l'avantage d'être simple et dont les paramètres ont une signification biologique. Par ailleurs, des simulations des courbes de croissance ont été réalisées avec différentes charges initiales $\log N^{(0)}$ correspondant aux populations survivantes après traitement thermique.

4.2.1. Estimation des paramètres

Les paramètres du modèle non linéaire (Équation 5) ont été ajustées d'une manière itérative en minimisant la somme carrée des écarts (*MSE*, Mean Square Error) entre des valeurs mesurées (y) et prédites (\hat{y}) grâce à la méthode du simplex de Nelder-Mead (Lagarias et al., 1998) à l'aide de la fonction « *fminsearch* » du logiciel Matlab (version 7, The MathWorks Inc, Natick, MA, Etats Unis). Ici, *MSE* est appelée fonction objective :

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

$$MSE = \frac{1}{(n-p)} \sum_{i=1}^n (\hat{y}^{(t_i)} - y^{(t_i)})^2 \quad (6)$$

Avec n le nombre de données expérimentales, et p le nombre de paramètres du modèle. La racine carrée de la somme des écarts ($RMSE$, Root Mean Square Error) entre les données expérimentales et les données prédites ainsi que le coefficient de détermination (R^2) ont été utilisés comme indicateurs de la qualité d'ajustement du modèle.

En ce qui concerne le modèle primaire log-linéaire (Équation 2), ses paramètres ont été ajustés en utilisant le Toolbox « *cftool* » de Matlab (version 7, The MathWorks Inc, Natick, MA, États-Unis).

Chapitre III
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSION

1. Description de la levure *C. apicola*

1.1. Aspect morphologique sur milieu OGA

Suite à une observation de la boîte de pétri en recto-verso, les colonies de *Candida apicola* sur milieu OGA à 25°C présentent les caractères morphologiques suivant : les colonies ont une forme sphérique, d'une taille plus ou moins importante, avec une couleur blanche crémeuse et un aspect lisse légèrement bombé de côté recto, sur la face verso les colonies sont blanches, plates et laisses figure 8a.

1.2. Aspect microscopique

Les cellules végétatives de *Candida apicola* observées sous microscope optique ont des formes différentes (ronde, ovale, sous forme de talles) et des tailles plus au moins variables figure 8b, Cette différence de caractéristiques morphologiques observée est due à l'état cellulaire ou les cellules sont engagées dans la phase de division. Par conséquent, cela nous a permis de suivre le mode de reproduction de cette souche qui est le bourgeonnement (reproduction asexuée) et qui caractérise la plupart des levures (Dankova et *al.* ,1998).

A l'état sporulé, les cellules deviennent plus petites et sphériques, et leur structure est constituée de trois enveloppes avec la présence d'une vacuole.

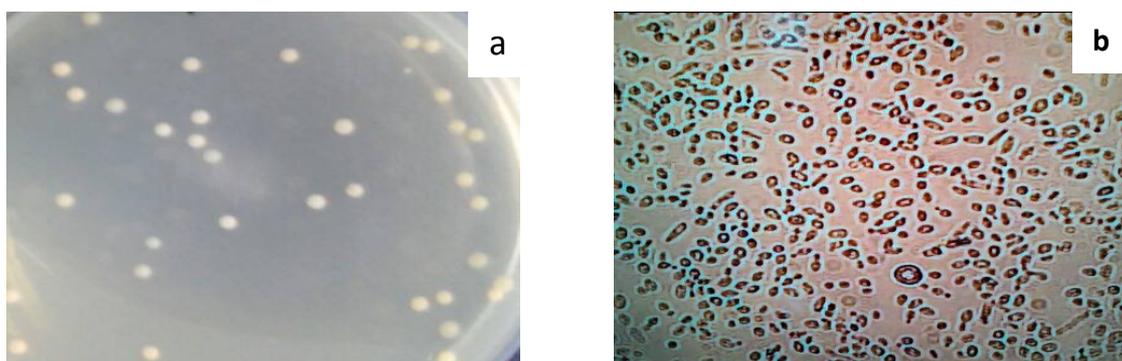


Figure 8. **a** : colonies de *C. apicola* sur milieu OGA (aspect macroscopique). **b** : cellules de *C. apicola* (aspect microscopique).

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

2. Analyse du traitement des spores de *C. apicola*

Les spores de *C. apicola* ont été prélevées au cours de la phase stationnaire de croissance (phase de sporulation). Le milieu utilisé pour le traitement thermique des spores n'est pas nutritif ; il contient de l'eau, du NaCl pour équilibrer la pression osmotique. L'utilisation des tubes capillaires comme dispositif de traitement thermique en bain marie permet d'avoir une augmentation instantanée de la température dans la suspension traitée (transfert thermique rapide). Par conséquent, le traitement thermique des spores de *C. apicola* en utilisant le dispositif décrit précédemment dans la figure 6 peut être considéré comme isotherme.

3. Cinétique d'inactivation des spores de *C. apicola*

3.1. Paramètres et qualité d'ajustement

La cinétique d'inactivation thermique de spores de *C. apicola* a été bien représentée par une cinétique de premier ordre (classiquement dit log linéaire) avec un $RMSE = 0,136$, ce qui signifie que l'erreur moyenne entre les valeurs expérimentales et prédites des populations survivantes est inférieure à 0,2 log. La figure 9A présente la cinétique de survie des spores expérimentale et les valeurs prédites obtenues en optimisant le paramètre D_T . L'analyse des résidus (figure 9B) révèle une bonne homoscedasticité (distribution aléatoire), indiquant le bon ajustement du modèle aux données de survie des spores de *C. apicola*. Les paramètres estimés du modèle primaire log-linéaire sont résumés dans le tableau 2.

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

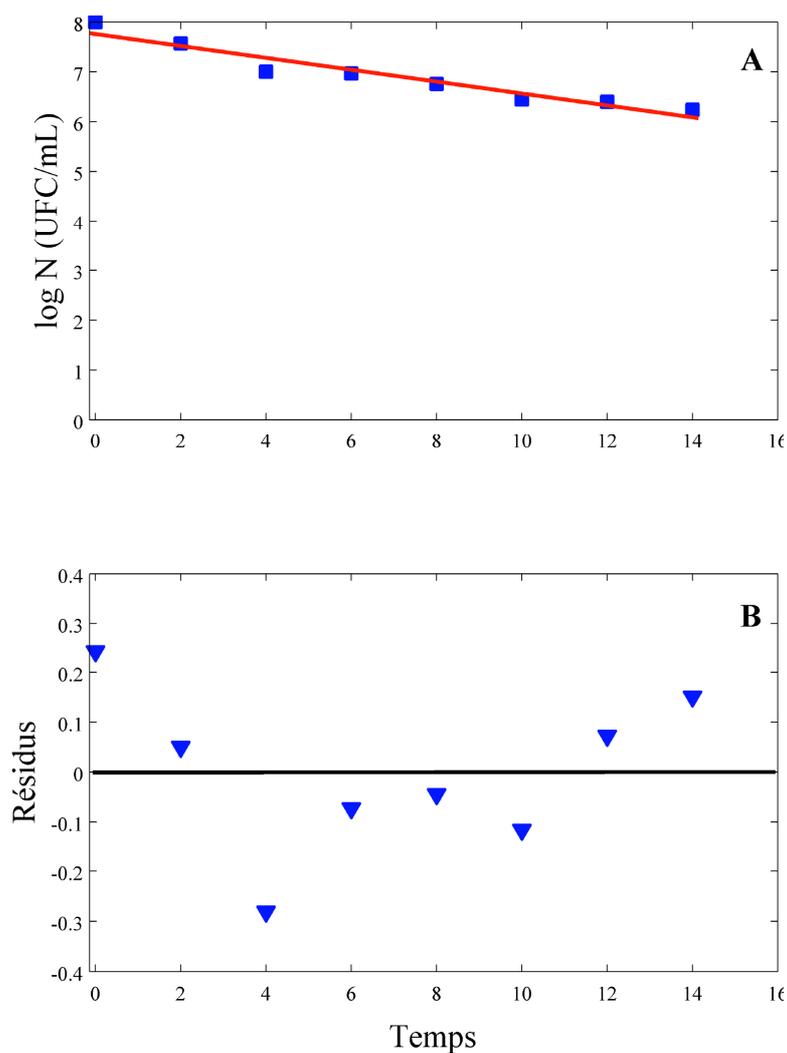


Figure 9. Cinétiques de diminution des populations survivantes de spores de *C. apicola* à 50°C. A : ajustement du modèle log-linéaire (—) aux populations survivantes expérimentales (■). B : les résidus ($\log N_{\text{expérimental}} - \log N_{\text{simulé}}$).

Tableau 2. Estimation du paramètre cinétique D_T de l'inactivation thermique des spores à 50°C de *C. apicola*.

Paramètres	Valeurs*	RMSE	R^2
$D_{50^\circ\text{C}}$ (min)	$8,4 \pm 2,4$	0,136	0,964
$\text{Log } N^{(0)}$ (UFC/mL)	$7,8 \pm 0,3$		

*Valeurs moyennes \pm intervalle de confiance à 95%.

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

Thermosensibilité

Le choix de la forme sporulée de *C. apicola* dans notre étude est basé sur deux raisons ; premièrement, la plupart des souches, fongiques présentes sur les fruits du palmier dattier sont sous la forme sporulée ; deuxièmement, la forme sporulée des souches fongique est plus résistante à la chaleur que la forme végétative (Raso *et al.*, 1998).

La thermosensibilité de notre souche *C. apicola* a été quantifiée par la détermination du temps de réduction décimale (D_T) à 50°C et qui correspond au temps nécessaire pour une réduction de 90% de la charge initiale. Ce dernier est estimé à 8.4 min avec un intervalle de confiance à 95% de 2.4 min. Par comparaison de ce temps de réduction décimale à celui estimé par Belbahi *et al.*, (2015) qui est de $D_{50^\circ\text{C}} = 2,3$ min pour *C. apicola* ; en constat que il est largement supérieur presque 4,2 fois plus élevé. Cela signifie que la spore utilisée dans notre étude est plus thermorésistante. Cette différence peut être expliquée par le fait que la souche utilisée par Belbahi *et al.*, (2015) est une souche sauvage (isolée directement du palmier dattier) qui n'a subi aucun repiquage ou un stress de type traitement thermique. Cependant, la souche utilisée dans notre étude a été conservée pendant une longue période (> 1 an) à -18°C dans un mélange eau-glycérol (70%/30%, V/V). En effet, les microorganismes peuvent subir des changements définitifs (mutation) ou des variations phénotypiques en fonction des conditions environnementales, même au sein d'une même génération de microorganismes (Jean-Michel *et al.*, 2017).

4. Modélisation de la croissance *C. apicola* en fonction de la durée de traitement thermique

4.1. Cinétique de croissance

4.2. Paramètres et qualité d'ajustement

La cinétique de croissance de *C. apicola* a été bien représentée par le modèle Rosso (1995) avec un *RMSE* en moyenne de 0,038, ce qui signifie que l'erreur moyenne entre les valeurs expérimentales et prédites des populations survivantes est inférieure à 0,1 log. Ce modèle est de type logistique avec « délai et rupture », simple et robuste, utilisé pour décrire parfaitement la croissance des microorganismes. La figure 10 présente les cinétiques de croissance expérimentale et les celles prédites obtenues à différentes durées de traitement en optimisant les paramètres λ , μ_{\max} , $\log N_{\max}$ et $\log N^{(0)}$.

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

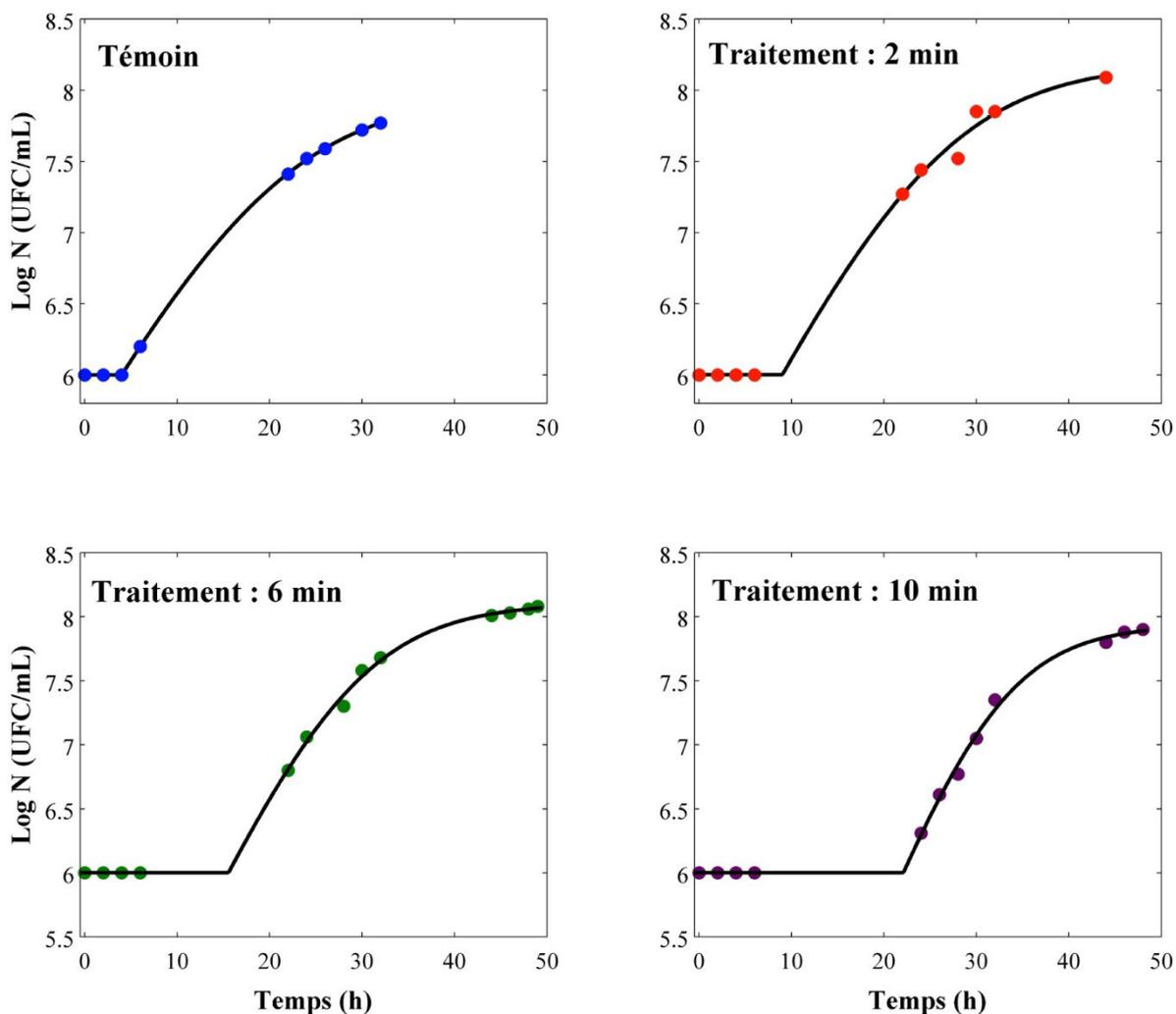


Figure 10. Cinétiques de croissance de *C. apicola* sur milieu PDA à 25°C après traitement à différentes durée de traitement thermique : témoin (0 min), 2, 6 et 10 min. Ajustement du modèle logistique avec délai et rupture de Rosso et *al.* (1996) (—) aux populations expérimentales (●).

L'analyse des résidus (figure 11) révèle une bonne homoscedasticité (distribution aléatoire), indiquant le bon ajustement du modèle Rosso et *al.* (1996) aux données de croissances de *C. apicola*. Les paramètres de croissance estimés de ce modèle après différentes durées de traitement sont résumés dans le tableau 3.

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

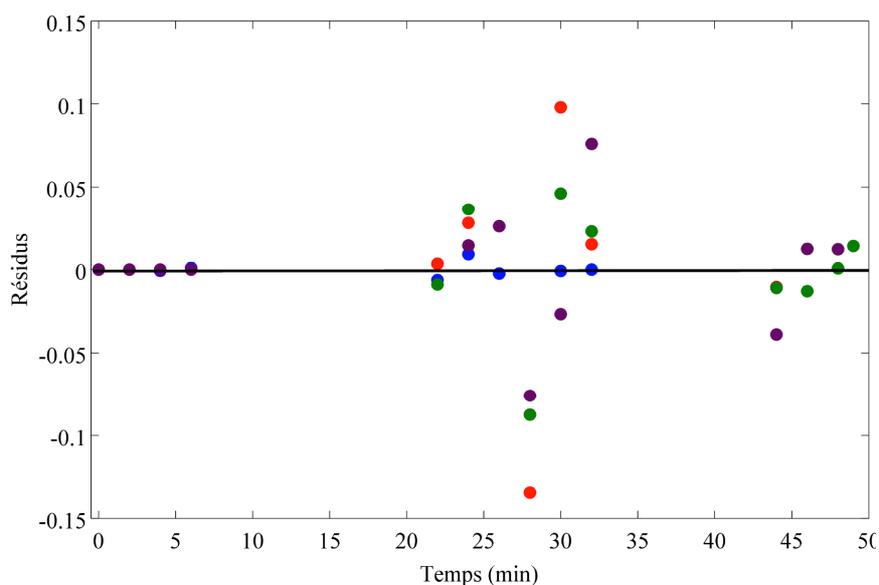


Figure 11. Les résidus de l'ajustement du modèle de Rosso et *al.* (1996) : $\log N_{\text{expérimental}} - \log N_{\text{simulé}}$

Tableau 3. Les paramètres estimés de la cinétique de croissance de *C. apicola* sur milieu synthétique PDA après application d'un traitement thermique.

	$\log N^{(0)}$ (UFC/mL)	$\log N_{\max}$ (UFC/mL)	λ (h)	μ_{\max} (h ⁻¹)	<i>RMSE</i>
Témoin	$6 \pm 0,01$	$7,98 \pm 0,03$	$3,99 \pm 0,14$	$0,17 \pm 0,03$	0,005
2 min	$6 \pm 0,04$	$8,18 \pm 0,06$	$8,85 \pm 1,67$	$0,12 \pm 0,08$	0,070
6 min	$6 \pm 0,05$	$8,10 \pm 0,06$	$15,54 \pm 1,46$	$0,15 \pm 0,02$	0,040
10 min	$6 \pm 0,05$	$7,93 \pm 0,08$	$22,09 \pm 0,84$	$0,18 \pm 0,03$	0,040

Valeurs moyennes \pm intervalle de confiance à 95%.

4.3. Effet du traitement thermique sur les paramètres de croissance de *C. apicola*

Il peut être constaté d'après le tableau 3 que les valeurs estimées de $\log N^{(0)}$ ne varient pas, 6 log pour les différentes cinétiques. Cette valeur fixe est expliquée par le fait que le seuil de détection d'une charge microbienne à 600 nm est d'environ 6 log. En effet, pour cette raison que la charge de 10^6 UFC/mL est fixée expérimentalement pour le témoin et pour les autres charges initiales après traitement. D'autre part, les valeurs de μ_{\max} et $\log N_{\max}$ ne varient pas considérablement en fonction des différents traitements (témoin, 2, 6 et 10 min). Une analyse de la variance à un seul facteur a révélé qu'il n'existe pas de différence significative entre les valeurs estimées de ces deux paramètres (Figure 12). Il a été rapporté dans la littérature (Hills et Wright, 1994) que μ_{\max} ne dépend pas de l'état physiologique

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

initial de la souche : conservée au froid ou bien traité thermiquement comme le cas de cette étude.

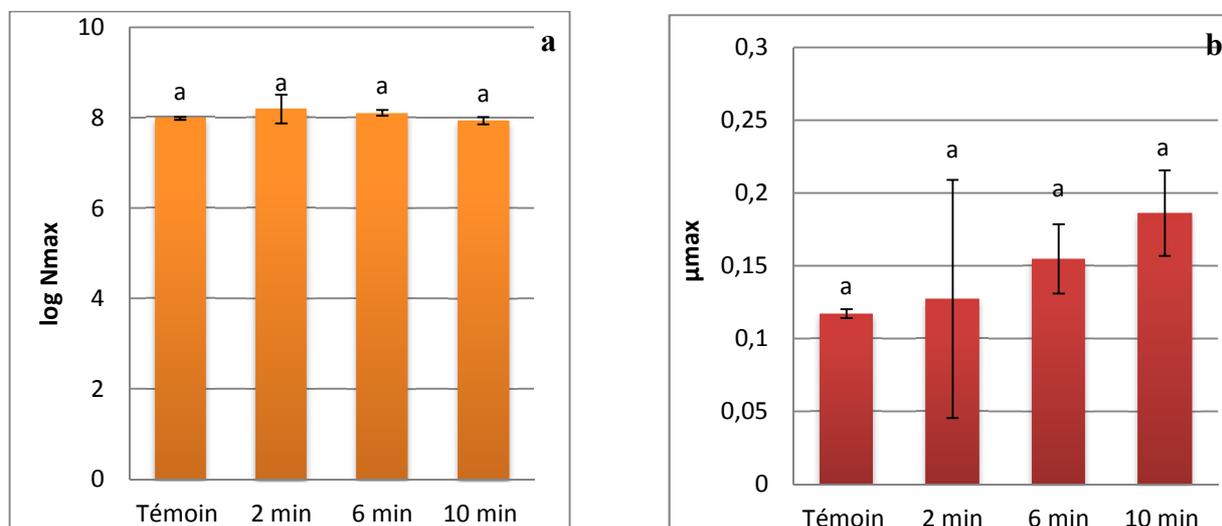


Figure 12. Comparaison des valeurs estimées de μ_{\max} (a) et $\log N_{\max}$ (b) : les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95% ; signifie qu'il n'existe pas de différence significatives en les valeurs.

D'après les courbes de croissances (figure 10), le temps de latence λ de *C. apicola* s'allonge lorsque la durée du traitement thermique est augmentée. Cela est confirmé par les valeurs de λ du tableau 3. En effet, en absence du traitement (témoin), la phase de latence est de 4 h, alors qu'après application d'un traitement de 6 min ce temps de latence se prolonge d'une façon considérable à 18 h, et atteint les 22 h après 10 min de traitement thermique, soit un décalage de 14 h et 18 h respectivement. Cette différence significative est appuyée par une analyse de la variance à un facteur (figure 12a), et une bonne corrélation observée entre ($r = 0,99$) entre le temps du traitement et l'allongement du temps de latence λ (figure 12b). Cette analyse a exclue la différence significative du traitement à 2min qui est dû à son intervalle de confiance qui assez grand.

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

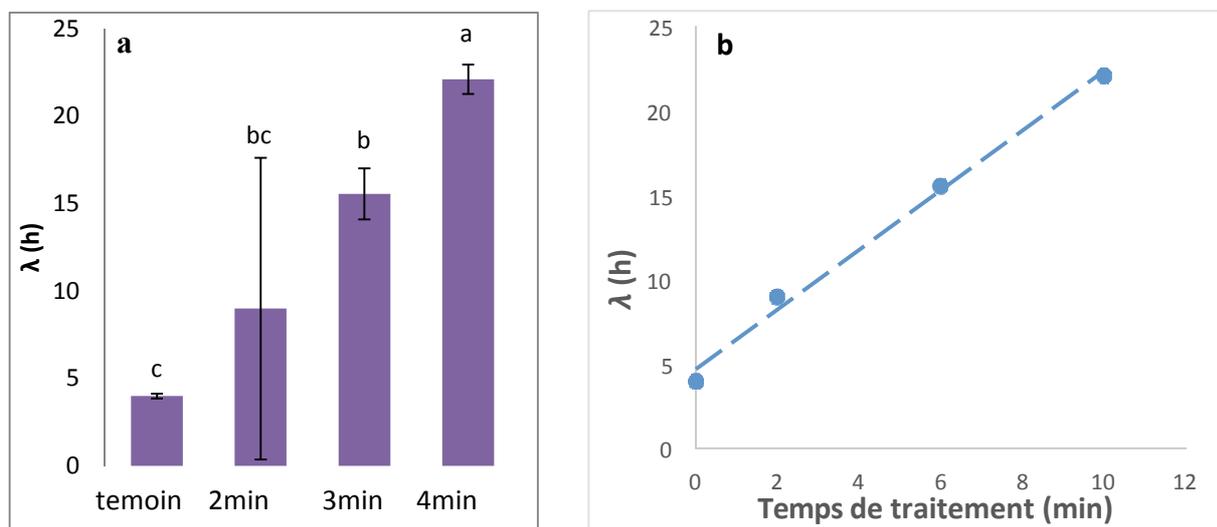


Figure 13. Comparaison des valeurs estimées de temps de latence λ (a) : les barres d'erreurs sont les intervalles de confiance à 95% ; a : la corrélation entre λ et le temps de traitement.

Cette phase de latence est définie comme la période pendant laquelle la charge cellulaire $\log N^{(t)}$ reste égale à la charge initiale $\log N^{(0)}$, elle correspond à une phase d'adaptation des cellules inoculées à leur nouvel environnement. On peut donc imaginer que la durée de la phase de latence dépend du travail (biosynthèses, adaptations métaboliques) que les cellules doivent accomplir avant d'entrer en division et de la vitesse à laquelle elles sont capables de réaliser ce travail (Robinson *et al.*, 1998).

L'augmentation du temps de latence lorsque des stress physiques tels que la chaleur ou les radiations ionisantes sont appliqués aux cellules avant leur mise en culture a fréquemment été signalée dans la littérature (Kauffman *et al.*, 1959 ; Bréand *et al.*, 1997). Ceci correspond bien à une augmentation du travail qu'une cellule doit accomplir avant d'entrer en division puisqu'elle doit réparer les dommages métaboliques et cellulaires subis. Donc Ce temps de latence λ peut nous donner une idée sur l'état physiologique de microorganisme, qui est en phase d'adaptation à son nouvel environnement ou au choc thermique, pendant cette période la cellule microbienne est en état de régénération de son system (protéine de structure, enzyme métabolique, la membrane cytoplasmique) qui sont les cibles majeures de la chaleur. A la fin de cette période de latence le microorganisme rentre dans une phase d'accélération de croissance. Par ailleurs, l'extension de la phase de latence pourrait refléter généralement le prolongement de la durée de conservation pour certains produits alimentaires (Kauffman, 1959).

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

4.4. Estimation des temps de latence réels

La DO permet de mesurer la biomasse microbienne et non directement sa concentration en cellules viables et cette densité n'est mesurable que lorsque la concentration de la culture atteint un certain seuil de 10^6 cellules par ml (Augustin *et al.*, 1999). Les courbes de croissance réalisées après traitement thermique des spores de *C. apicola* contiennent des charge initiales $< 10^6$ cellules par mL. Cela implique que le départ de croissance n'est détectable qu'après un moment : le temps d'atteindre une concentration de 6 log. Pour estimer ce temps de latence réel, une simulation des courbes de croissance en utilisant le paramètre $\log N^{(0)}$ correspondant aux charges initiales après traitement thermique : 5,8, 5,3 et 4.8 pour 2, 6 et 10 min de traitement respectivement.

La comparaison des courbes simulées en utilisant ces charges initiales et les courbes ajustées aux données expérimentales est présentée dans la figure 14. L'extrapolation de la partie exponentielle de croissance donne une intersection de celle-ci avec le temps de latence réel ; simulé avec des $\log N^{(0)}$ après traitement (Bréand *et al.*, 1997). Ces temps de latences sont présentés dans la figure 14. On peut constaté que seul l'effet de 6 et 10 min de traitement diffèrent du témoin. Ces résultats confirment l'analyse statistique réalisée précédemment. On peut conclure de cette partie de l'étude, que les temps courts de traitement (2 min) n'ont pas d'effet retardateur sur la croissance de *C. apicola* (prolonger le temps de latence).

Chapitre III. RESULTATS ET DISSCUSSIONS

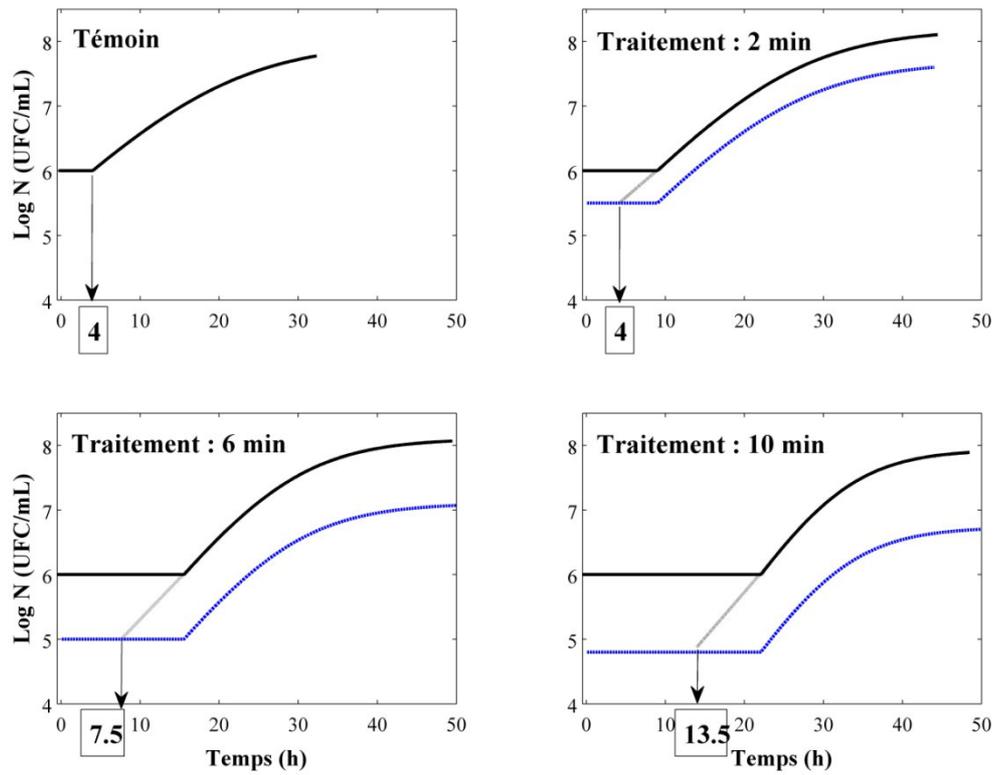


Figure 14. La comparaison des courbes simulées en utilisant ces charges initiales et les courbes ajustées aux données expérimentales est présentée.

CONCLUSION

CONCLUSION

La thermosensibilité des spores de *C. apicola* a été évaluée par traitement thermique en bain marie. Celle-ci est située dans la gamme des souches fongiques sensibles au traitement thermique, indiquée par la valeur estimée de DT ($D_{50}= 8,5\text{min}$). Les cinétiques de croissance de cette souche ont été évaluées après traitement thermique (2, 6 et 10 min à 50°C) de la population initiale. La comparaison de ces cinétiques par rapport au témoin (0 min de

traitement) n'a révélé aucun effet significatif du traitement thermique sur les valeurs de μ_{max} , $\log N(0)$ et $\log N_{\text{max}}$. Cependant, il a été constaté un effet significatif sur les temps de latences λ , prolongation de celui-ci, sauf pour 2 min de temps de traitement. Ces λ ont été réévalués en simulant des courbes de croissance avec des $\log N(0) < 6\log$ représentant que les populations

survivantes. Les résultats de cette réévaluation ont confirmé cette différence significative de λ , excepté pour 2 min de traitement.

Cette étude peut contribuer à évaluer la capacité d'un procédé thermique à prolonger la durée de conservation des dattes *Deglet-Nour* fraîches (au stade *Routab*) souvent riches en sucre et en eau. Cependant, ce travail doit être complété par une validation de ces paramètres cinétiques sur une matrice réelle (datte), afin de corriger les simulations (déterminer un facteur de correction). Il sera intéressant d'établir un modèle secondaire décrivant l'effet du traitement thermiques sur le temps de latence des populations survivantes de *C. apicola* : une relation de type $\lambda = f(T)$.

RÉFÉRENCES

REFERENCES

RÉFÉRENCES

- Abdel-Sater MA and Saber SM (1999). Mycoflora and mycotoxins of some Egyptian dried fruits. Bulletin of Faculty of Science, Assiut University 28(1-D) 91-107
- Abekhti Abdelkader (2015). Évaluation et valorisation du procédé traditionnel de conservation des dattes « Btana » et détermination de sa biodiversité microbienne.
- Achour M., Ben Amara S., Ben Salem N., Jebali A., Hahmdí M., 2003. Effets de différents conditionnements sous vide ou sous atmosphère modifiée sur la conservation de dattes Deglet Nour en Tunisie. Fruits, 58, 205-212.
- Aidoo KE, Tester RF, Morrison JE, MacFarlane D (1996). The composition and microbial quality of pre-packed dates purchased in Greater Glasgow. Int J Food Sci Technol 31(5):433–438. doi:10.1046/j.1365-2621.1996.00360.
- Ait-Oubahou, A., and Yahia, E. (1999). Postharvest handling of dates. Postharvest News and Information 10, 67N-74N.
- Al Shaikly, M. A. S., Al Dulaimi, A. (1986). Types of extent of microbial contamination in fresh Iraqi dates during maturation. The date palm, 4 (2), 205-220.
- Al-Kahtani H, Abu-Tarboush H, Al-Dryhim Y, Ahmed M, Bajaber AS, Adam E-SE, El-Mojaddidi M. (1998). Irradiation of dates: insect disinfection, microbial and chemical assessments, and use of thermoluminescence technique. Radiat Phys Chem 53(2):181–187.
- Al-shahib W., MARSHALL R. J., 2003. The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? Int. J. Food Sci. Nutr., 54: 247-259.
- Al-Taweel A.A., Ahmed M.S., Naher F.H., Kelewi S.A. and Nasser M.J. (1997). "Effect of pupal exposure to various temperatures on certain biological parameters of *Ephestia cautella* ", Iraqi Agric. J. n°2pp. 98-107.
- Anonyme. (1995). Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Applied Bacteriology 42, 1-19.
- Azelmat K, Elgarrouj D, Mouhib M, Sayah F. (2006). Irradiation of 'Boufeggous' dates: effects on chemical composition during storage. Postharvest Biol Technol.
- Ball, C. O., and Olson, F. C. W., 1957. "Sterilization in food technology Theory, practice and calculation." McGraw-Hill Book Company, inc.
- Baranyi, J., and Roberts, T. A. (1994). A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. International Journal of Food Microbiology 23, 277-294.
- Baranyi, J., Roberts, T.A., McClure, P. (1993). A non-autonomous differential equation to model bacterial growth. Food Microbiology 10, 43-59.

REFERENCES

- Ben Ahmed Dilali A., Amrani M., Azouaou M., DAMIR A., Benamara S. (2010). Possibilité de fabrication d'un jus naturel à base d'un sirop de dattes communes et d'un extrait de Spiruline et jus de citron naturel. Vol. 10 (3) :1-14.
- Boudrar C., Bouzid L., Nait larbi H. (1997). Etude des fractions minérale et glucidique de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation. Mémoire d'Ingénieur, INA. El-Harrach, 60p.
- Belbahi, A. et al., 2015. Heat Resistances of *Candida Apicola* and *Aspergillus Niger* Spores Isolated From Date Fruit Surface. *Journal of Food Process Engineering*.
- Bigelow, W., 1921. The logarithmic nature of thermal death time curves. *The Journal of Infectious Diseases*: 528-536.
- Bréand, S., Fardel, G., Flandrois, J. P., Rosso, L., & Tomassone, R. (1997). A model describing the relationship between lag time and mild temperature increase duration. *International journal of food microbiology*, 38(2), 157-167.
- Cerf, O. (1977). A REVIEW Tailing of Survival Curves of Bacterial Spores. *Journal of Applied Bacteriology* 42, 1-19.
- Dankova, R., Hasek, J., & Streiblova, E. (1988). Tubulin and actin patterns in the life cycle of *Saccharomyces ludwigii* Hansen. *Canadian journal of microbiology*, 34(12), 1310-1315.
- Djerbi M. (1994). Précis de phoéniculture. Ed. FAO, Rome : 192p.
- Djerbi, M. (1983). "Report on consultancy mission on date palm pests and diseases." FAO. Rapport N° : IND/80/043, Octobre 1983, Rome.
- El-Shaik, (1986) cité in Masatouri A. (1997). Comportement d'un stock de datte variété « *Deglet-Nour* » traité par thermisation et au DF en atmosphères modifiées et au froid. Thèse d'ing. Univ. de Mostaganem, 55 p.
- Espiard E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Tech et Doc. Lavoisier, Paris. pp 147-155.
- Fallik, E., and Lurie, S. (2007). Thermal control of fungi in the reduction of postharvest Decay. In "Heat treatments for postharvest pest control: theory and practice" (T. Juming, M. Elizabeth, W. Shaojin and L. Susan, eds.), pp. 162. CABI UK.
- FAO. (2013). Organisation Des Notions Unies Pour L'alimentation et L'agriculture. Rome. Italie. 201
- Farkas, J. (2007). Physical methods of food preservation. *Food microbiology: fundamentals and frontiers*, 685-712.
- Chehema, A. ; Longo, H. F., 2001. Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail. *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse*: 59-64
- Gompertz. equation to model nonlinear survival curves for *Listeria monocytogenes* Scott A. *Journal of Food Protection* 58, 946-954

REFERENCES

- González, H. H. L. (1998). Relationship between *Fusarium graminearum* and *Alternaria alternata* contamination and deoxynivalenol occurrence on Argentinian durum wheat. *Mycopathologia* 144, 97-102.
- Hasnaoui, A., Elhoumaizi, M.A., Asehrou, A., Hakkou, A. (2010). Chemical composition and microbial quality of main varieties of dates grown in figuig oasis of Morocco. *Int J Agric Bio* 12, 311-314.
- Hills, B. P., and Mackey, B. M. (1995). Multi-compartment kinetic models for injury, resuscitation, induced lag and growth in bacterial cell populations. *Food Microbiology* 12, 333-346.
- Holdsworth, D., and Simpson, R. (2007). Kinetics of Thermal Processing. In "Thermal Processing of Packaged Foods", pp. 87-122. Springer US.
- Homayouni, A., Azizi, A., Khodavirdivand, K.A., Amini. A., Eslam. A. (2014). Date canning: a new approach for the long-time preservation of date. *J Food Sci Technol*.
- Jarrah A. Z., Benjamin N. D. (1982) Activity of polyphenoloxylase and pectin Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. (2005). Radiation protection of foods, and nature of microbial radiation resistance. In : Modern food microbiology. Springer, New York, pp 371–394.
- Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. (2005). Radiation protection of foods, and nature of microbial radiation resistance. In: Modern food microbiology. Springer, New York, pp 371–394.
- Juming, M. Elizabeth, W. Shaojin and L. Susan, eds.), pp. 162. CABI UK.
- Jean-Michel Alonso, Jacques Bejot, Patrick Forterre, « BACTÉRIES », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 25 mai 2017. Disponible sur URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/bacteries/>
- Kader, A. A., and Hussein, A. M. (2009). Harvesting and postharvest handling of dates. In "Project on the Development of Sustainable Date Palm Production Systems in the GCC countries of the Arabian Peninsula" (ICARDA, ed.), pp. 15, Aleppo, Syria.
- Katzin, L. I., Sandholzer, A. & M., S. (1942). Application of the decimal reduction time principle to a study of the resistance of coliform bacteria to pasteurization. *Journal of Bacteriology* 45, 265-272.
- Kaufmann, O. W., Harmon, L. G., Pailthorp, O. C., & Pflug, I. J. (1959). Effect of heat treatment on the growth of surviving cells. *Journal of bacteriology*, 78(6), 834.
- Kendri S. (1999). Caractéristiques biochimiques de la biomasse "*Saccharomyces cerevisiae*" produite à partir des dattes "Variété Ghars". Mémoire d'Ingéniera. Département d'agronomie. Batna. 51 p
- Kramer B., Thielmann J. (2016). Monitoring the live to dead transition of bacteria during thermal stress by a multi-method approach. *Journal of Microbiological Methods* 123.

REFERENCES

- Levy, C., Bornard, I., Carlin, F. (2011). Deposition of *Bacillus subtilis* spores using an airbrush-spray or spots to study surface decontamination by pulsed light. *Journal of Microbiological Methods* 84, 223-227.
- Logrieco, A., Bottalico, A., Mulé, G., Moretti, A., & Perrone, G. (2003). Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology*, 109(7), 645-667.
- Lurie, S. (1998). Postharvest heat treatments of horticultural crops. *Horticultural Reviews* (22), 91-121.
- Mafart, P., Couvert, O., Gaillard, S., and Leguerinel, I. (2002). On calculating sterility in hermal preservation methods: application of the Weibull frequency distribution model. *International journal of food microbiology* 72, 107-113.
- Masmoudi N. (2000). Essai de production de biomasse "*Saccharomyces cerevisiae*" à partir des dattes "Ghars". Mémoire d'Ingénieur. Département d'agronomie. Batna.52 p
- Matallah M.A.A. (2004). Contribution à l'étude de la conservation des dattes de la Variété Deglat-Nou : isotherme d'adsorption et de désorption. Thèse Ing. Agr.Alger. (Mémoire online.com).
- Matter A.A., "Cultivation and production of date palms", Basrah Univ., Basrah, Iraq. (1991). 420 p.
- Anonyme., "Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone, (1995)
- Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Billot, J. (1990). Fruit phenolics (pp. 1– 126). Boca Raton, FL: CRC Press.
- McMeekin, T.A. and Ross, T. (1993). Use of predictive microbiology in relation to meat and meat Product. In 39th International Congress of Meat science and Technology, Calgary. Méditerranéenne, Ser.A/n°11.36-39p.
- Mohammadzai IU, Shah Z, Ihsanullah I, Khan H, Rashid H. (2008). Effect of gamma irradiation, packaging and storage on the nutrients and shelf life of palm dates. *J Food Process Preserv* 34(suppl 2):622–638.
- MUNIER P., 1973. Le palmier dattier. Ed. Maisonneuve, Paris, 221 p.
- Patriarca, A., Azcarate, M. P., Terminiello, L., and Fernández Pinto, V. (2007). Mycotoxin production by *Alternaria* strains isolated from Argentinean wheat. *International Journal of Food Microbiology* 119, 219-222.
- Ragab, W.S., Ramadan, B.R., Abdel-Sater, M.A. (2001). Mycoflora and aflatoxins associated with saïdy date as affected by technological processes. III International Date Palm Conference, UAE University, Abu Dhabi, AUE, 19-21: 409-421.
- Rosa, C. A., Lachance, M. A., Silva, J. O., Teixeira, A. C. P., Marini, M. M., Antonini, Y., and Martins, R. P. (2003). Yeast communities associated with stingless bees. *FEMS yeast research* 4, 271-275

REFERENCES

- Raso, J., Calderón, M. L., Góngora, M., Barbosa-Cánovas, G. V., and Swanson, B. G. (1998). Inactivation of *Zygosaccharomyces bailii* in fruit juices by heat, high hydrostatic pressure and pulsed electric fields. *Journal of food science* 63, 1042-1044.
- Richarde R. (1972). *Eléments de biologie végétale*. Fou Cher, Paris, 164 p.
- Rivas, N. J., & Whitaker, J.R. (1973). Purification and some properties of two polyphenol oxidases from Bartlett pears. *Plant Physiol.*, 52, 501±507.
- Rosset R. - Croissance microbienne et Froid. *Bull. Acad. Nat. Med.*, 2001, 185, 2, 287-299
- Rosso, L., Lobry, J.R., Bajard, S. and Flandrois, J.P. (1995) Convenient model to describe the combined effects of temperature and pH on microbial growth. *Appl. Env.Microbiol.* 61, 610-616.
- Russell, A.D. (2003). Lethal effects of heat on bacterial physiology and structure. *Sci. Prog.* 86 (1–2), 115–137.
- Schrader, T. J., Cherry, W., Soper, K., and Langlois, I. (2006). Further examination of the effects of nitrosylation on *Alternaria alternata* mycotoxin mutagenicity in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 606, 61-71.
- Shenasi, M., Aidoo, K.E., Candlish, AA. (2002). Microflora of date fruits and production of aflatoxins at various stages of maturation. *Int J Food Microbiol* 15,79(1-2), 113-9.
- SINGLETON V.L. (1987). Oxygen with phenols and some related reactions in musts, wines and model systems; observations and practical implications. *Am., J., End. Vittic.* vol. 38, pp 69-77.
- Tirichine, H S. (2010). Etude ethnobotanique, activité antioxydants et analyse photochimique de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) du Sud-Est Algérien. Mémoire du diplôme de Magister en biologie. Université d'ORANes Senia.106p.
- Tokuoka, K. (1993). Sugar-and salt-tolerant yeasts. *Journal of applied bacteriology*, 74(2), 101-110.
- Vega-Alvarado, L., Gómez-Angulo, J., Escalante-García, Z., Grande, R., Gschaedler-Mathis, A., Amaya-Delgado, L., ... & Arrizon, J. (2015). High-quality draft genome sequence of *Candida apicola* NRRL Y-50540. *Genome announcements*, 3(3), e00437-15.
- Wesche, A.M., Gurtler, J.B., Marks, B.P., Ryser, E.T. (2009). Stress, sublethal injury, resuscitation, and virulence of bacterial foodborne pathogens. *J. Food Prot.* 72 (5), 1121–1138.
- Yahia, E. M., and Kader, A. A. (2011). Date (*Phoenix dactylifera* L.). In "Postharvest biology yeast research 4, 271-275.
- Young, D. H., and Kauss, H. (1984). Adhesion of *Colletotrichum lindemuthianum* spores to *Phaseolus vulgaris* hypocotyls and to polystyrene. *Applied and environmental microbiology* 47, 616.
- Zwietering, M.H., Jongenburger, I., Rombouts, F.M. et Vantriet, K. (1990). Modeling the bacterial growth curve. *Applied and Environmental Microbiology.* (6),1875-1881.

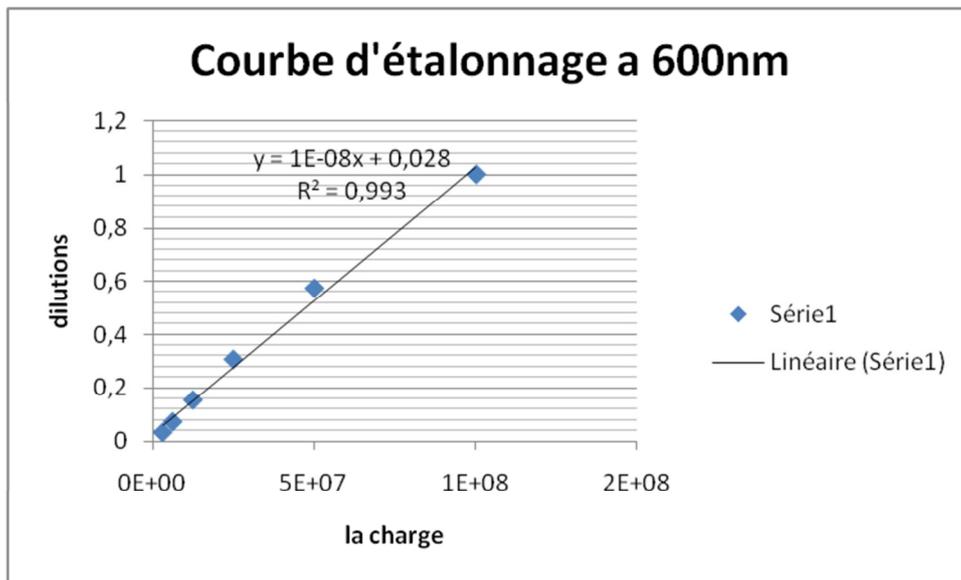


Figure 1 : Courbes d'étalonnage de *candida apicola* a 600nm.

Préparation des milieux de culture utilisée

↳ Pour le milieu OGA20%de saccharose

Pour un flacon de 1L de milieu OGA on a :

1L → 30g de la matière sèche

30 g → 100% matière sèche

X g → 20% de saccharose

$$X = \frac{20 \cdot 100}{30} = 6g \text{ de saccharose}$$

30g de matière sèche (OGA) est dissout dans 1ml de l'eau distillée et 6g de saccharose avec un PH= 6,5 (37°C). Puis homogénéisation sur plaque chauffante et enfin autoclavage pendant 20min a 120°C.

Pour l'ajustement du PH on ajoute soit une base ou un acide.

↳ **Pour le milieu PDA**

Préparation d'un litre

24g de milieu PDA est dissout dans 1L de l'eau désilée Puis homogénéisation sur plaque chauffante et enfin autoclavage pendant 20min a 120°C.

RÉSUMÉ

Candida apicola est une levure xérophile et osmophile, responsable d'altération des dattes *Deglet-Nour* à maturité précoce (*Routab*). Des traitements thermiques peuvent être appliqués pour inactiver cette levure et préserver la qualité de ce type de dattes très appréciée par les consommateurs locaux. Dans cette optique, l'objectif de notre travail est d'évaluer l'effet d'un traitement thermique à 50°C sur les paramètres de croissance des populations survivantes de *C. apicola* ($\log N(0)$, $\log N_{max}$, μ_{max} et λ). La croissance de ces dernières a été évaluée et les paramètres cinétiques ont été estimés. Les spores de *C. apicola* ont exprimés une thermosensibilité traduite par un $D_{50}= 8,5\text{min}$. La comparaison des paramètres cinétiques par rapport au témoin (non traité) a révélé que seul l'effet sur les temps de latences λ est exprimé ; pour des de traitement dépassant les 2 min. Ainsi, il peut être constaté que les traitements thermiques ont un effet sur les populations survivantes des spores de *C. apicola*, en prolongeant leur temps de latence λ . Cette étude peut contribué à évaluer la capacité d'un procédé thermique à prolonger la durée de conservation des dattes *Deglet-Nour* fraîches contaminé espar cette levure.

Mots clés : Date ; levure d'altération ; traitement thermique ; temps de latence ; modélisation.

ABSTRACT

Candida apicola is a xerophilic and osmophilic yeast, causing spoilage of semi-ripe *Deglet-Nour* dates (*Routab* stage). Thermal treatments can be applied to inactivate this yeast and to preserve the quality of this type of date, which is appreciated by the local consumers. With this in mind, the aim of our study was to evaluate the effect of heat treatment at 50 ° C on the growth of *C. apicola* populations ($\log N(0)$, $\log N_{max}$, μ_{max} et λ). The growth of these populations was evaluated and the growth kinetic parameters were estimated. The *C. apicola* spores expressed thermosensitivity of $D_{50}= 8.5 \text{ min}$. Comparison of kinetic parameters with control (untreated spores) showed that only the effect on the lag time was λ was expressed; for heat treatment exceeding 2 min. Thus, it can be found that heat treatments have an effect on the survival *C. apicola* spores, by extension of their lag time λ . This study can contribute to evaluate the ability of thermal process to extend shelf life of fresh *Deglet-Nour* dates contaminated by *C. apicola*.

Keywords: Date; yeast spoilage; heat treatment; lag time; modeling.