

Ministère de
l'Agriculture

Institution de la
recherche et de
l'enseignement
supérieur agricoles



Institut National
Agronomique de
Tunisie

43, Av. Charles Nicolle
1082 Tunis Mahragène

Rapport Final du Projet de Recherche PRF- INAT/ IRESA / GIFRUIT

Thématique :

**Entreposage frigorifique des Fruits :
Contrôle de la qualité des fruits stockés
pendant une longue période.**

Coordonnateur du projet :

Slah EI MEJRI

Laboratoire des Industries

Agroalimentaires et Bioprocédés

Avril 2012

Avant propos

Ce Rapport Final de l'Action de Recherche intitulée « Entreposage frigorifique des Fruits : Contrôle de la qualité des fruits stockés pendant une longue période », qui a été proposée par l'Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles « IRESA », vient clôturer plus de trois années d'effort d'une équipe de recherche qui a conçu et réalisé ce travail de Recherche Agronomique appliquée et de toutes les personnes qui ont été impliquées de près ou de loin dans sa préparation et son exécution.

Aussi, J'ai le devoir et le plaisir de remercier:

- *Mes Collègues Enseignants Chercheurs et partenaires dans ce projet.*
- *Les étudiants (PFE, Masters ou Thèses) ayant réalisé l'essentiel des activités pratiques des recherches.*
- *L'IRESA et les Institutions Agronomiques partenaires dans ce projet.*
- *Le Groupement Interprofessionnel des fruits : GIFRUIT.*
- *La Société SADIRA et l'ingénieur responsable de sa station fruitière.*
- *Le Centre Technique d'Emballage : Packtec.*

Ce document se veut une modeste contribution pour aider autant que possible les intervenants de la filière des fruits à ;

- *Mieux identifier certains problèmes qui apparaissent après la récolte ;*
- *Apprécier divers traitements et modes de manutentions pouvant représenter des moyens permettant de prolonger suffisamment la durée de vie des fruits récoltés.*

Slah El MEJRI

Coordonnateur Du Projet

INAT – 2012

Rapport Final d'un Projet de Recherche PRF-IRESA

Thématique :

**Entreposage frigorifique des Fruits :
Contrôle de la qualité des fruits stockés
pendant une longue période.**

Partie 1

Présentation du Rapport

1) Titre du Projet de Recherche :

Entreposage frigorifique des Fruits : Contrôle de la qualité des fruits stockés pendant une longue période.

Slah EL MEJRI,
Coordonnateur de Projet,
Institut National Agronomique de Tunisie.

2) Résumé :

Depuis quelques années, le secteur de l'arboriculture fruitière connaît en Tunisie un développement perceptible à tous les niveaux : augmentation des superficies plantées ; diversification des espèces et des variétés cultivées ; augmentation de la production saisonnière ; développement de nouveaux maillons dans la filière au niveau de la collecte, de l'entreposage et de la commercialisation (stations fruitières ; transport et logistiques ; marchés de gros et grandes surfaces).

Cette nouvelle dynamique est le résultat des contraintes de la nouvelles conjoncture nationale et internationale : explosion de la demande en fruits ; mondialisation et globalisation de l'économie ; nouvelles exigences du consommateur moderne en matière de qualité et de sécurité alimentaire ; durcissement des normes liés à la qualité, à la salubrité et à la traçabilité des produits (Bonnes pratiques d'hygiènes, Global Gap ; HACCP ; ...).

Les sujets développés dans le cadre de ce projet par notre équipe de recherche s'intègrent dans les trois thématiques complémentaires suivantes :

- Détermination des conditions optimales de conservation frigorifiques des fruits (pommes ; poires ; agrumes ; dattes ; pêche et prunes).
- Traitements post récolte et leur impact sur la limitation des incidences des maladies phytopathologiques et physiologiques des fruits entreposés : pertes quantitatives et qualitatives enregistrées au niveau des stations fruitières.
- Valorisation des écarts de triages et sous-produits des stations fruitières (dattes, pommes, poires, figues de barbaries, agrumes).

Le choix de ces thèmes a été dicté par des contraintes telles que :

- ★ La limitation des budgets alloués : Lorsque ce projet a été proposé par le Gifruit, il ne restait pas suffisamment de budget pour réaliser le programme initial proposée par l'équipe de recherche initiale. Certains collègues membres de cette équipe ont alors exprimé leur volonté d'annuler leur participation à ce projet. D'autres ont abandonné en cours de route. Il a donc fallu recruter de nouveaux membres pour étoffer l'équipe de recherche et essayer de relever le défi.
- ★ Le retard enregistré à l'INAT pour l'aménagement d'un laboratoire approprié et fonctionnel (plus de 3 ans d'attente et l'aménagement n'est pas encore terminé !?) ; les lourdeurs administratives lors l'acquisition des équipements, des produits et des consommables ; les difficultés dans la réalisation des déplacements vers les vergers et les stations fruitières.
- ★ Dans le domaine de la conservation des fruits, produits saisonnier par excellence, les délais d'attentes nécessaires pour l'acquisition des équipements de base

indispensables dès le démarrage du projet ont fait perdre à l'équipe de recherche l'opportunité d'étudier les récoltes des premières années, ce qui a rendu d'autant plus difficile le respect du programme de travail certains membres de l'équipe. Certains résultats (valorisation des citrons et diagnostic technologique de quelques entrepôts) sont en cours de finition (juin 2012) par deux étudiants-chercheurs.

Pour remédier à l'insuffisance du budget qui privait l'équipe de l'acquisition de l'outil principal pour mener des recherches dans le domaine de la conservation après récolte des fruits : des cellules climatiques avec régulation de l'atmosphère, de l'humidité relative et de la composition des mélanges gazeux de l'atmosphère, le GIFRUIT a proposé de prendre à sa charge ce problème. Les responsables du Gifruit ont décidé de procéder au réaménagement des deux chambres frigorifiques disponibles dans les locaux du laboratoire. Malheureusement, le temps passait et cet aménagement n'a pas pu être réalisé.

Il a fallu donc réorienter le projet initial pour l'adapter aux moyens disponibles. Ainsi, on a du remplacer le programme consacrées à l'optimisation des conditions de d'entrepôts sous atmosphères contrôlées par la mise en place d'autres aspects de la conservation tels que le suivi de la qualité des fruits en cours de conservations ; l'étude de la valorisation des écarts de triages des stations fruitières et quelques études sur les traitements phytopathologiques avant l'entreposage frigorifique des produits.

3) **Financement** : Banque Mondiale/ Ministère Agriculture de Tunisie

4) **Durée du Projet** : 3 années

5) **Partenaires** : IRESA / GIFRUIT

6) **Responsable du Projet** : M. Slah EL MEJRI

**Adresse : Institut National Agronomique de Tunisie
43, Av. Charles Nicolle
1082 Tunis – Tunisie**

7) **Noms des membres de l'équipe:**

	Nom et Prénom	Grade	Institution
	MEJRI Slah	MA	INAT
	AOUNALLAH Karim	MA	INAT
	CHERIF Mohamed	P	INAT
	SAIDIA Bouali	MC	INAT
	MABROUK Hatem	MC	INAT
	KACEM Béchir	P	ISA Chott Mariem
	JRAIDI Brahim	MR	INRAT
	IMEN Farhat	Mast.	INAT
	EJEMNI Monia	Mast..	INAT
	ANNABI Rabeab	Mast.	INAT
	DHOUBI Imen	Mast.	INAT
	BESSI Haythem	Mast.	INAT
	BOUAZIZI Souhir	Mast.	INAT
	KHLIJ Anis	Contr.	INAT

8) Problématique et Objectifs :

Depuis quelques années, on assiste à une explosion de la production des fruits en Tunisie en raison de fortes demandes en ces produits aussi bien pour le consommateur local que pour l'export.. Or les fruits sont des produits saisonniers et sont rapidement périssables (maturation et sénescence) s'ils ne sont pas pris en charges selon les bonnes pratiques en matière de récolte, de transport, d'entreposage et de commercialisation pour répondre à des exigences du consommateur de plus en plus difficiles à satisfaire.

Pour répondre à ces contraintes, les divers acteurs de la filière sont confrontés à des difficultés liées aux manques d'informations sur les nouvelles pratiques de production, de récolte, et de conservation après récolte de diverses et nouvelles variétés de fruits.

Globalement, les questions qui se posent aux différents acteurs de la filière des fruits sont :

- Quelle est l'aptitude des diverses variétés de fruits à la conservation ?
- Quelle est la durée de conservation optimale des fruits ?
- Comment améliorer les durées limite de conservation des fruits et leur qualité après entreposage frigorifique ?
- Quels sont les meilleures conditions et les traitements avant et après conservation des fruits pour minimiser les pertes et la dépréciation de la qualité?
- Quelles sont les pertes des fruits de poids après entreposage ?
- Les entrepôts frigorifiques sont ils bien conçus ? sont-ils bien gérés ?
- Comment peut-on valoriser les écarts de triage des stations fruitières ?

Les objectifs de ce projet sont d'essayer d'apporter des réponses à ces questions.

Pour les informations suivantes : **Méthodologie utilisée ; Résultats attendus ; Résultats obtenus ; Impact sur l'environnement et retombées économiques ; Difficultés rencontrées; Productions scientifiques ; Bibliographie ;** elles seront développées séparément pour chaque sujet à part.

Slah EL MEJRI
Coordonnateur de Projet
Institut National Agronomique de Tunisie

Rapport Final d'un Projet de Recherche

PRF-IRESA

Thématique :

**Entreposage frigorifique des Fruits :
Contrôle de la qualité des fruits stockés
pendant une longue période.**

Partie 2

**Actions de recherche :
Conditions de conservation et
évolution de la qualité des fruits
en cours de la conservation
frigorifique**

Amélioration de la conservation frigorifique des pêches par des traitements thermiques

ANNABI Rabeab, AOUNALLAH Karim MEJRI Slah

1. Problématique et objectifs de la recherche

La production de pêche s'est particulièrement accrue pendant les dernières décennies en raison du succès qu'ont connues les nouvelles variétés introduites auprès des consommateurs, y compris en Europe où la pêche « plate de chine » est reconnue comme « la pêche tunisienne. Malheureusement, depuis quelques années, ce succès a connu ses limites pour certaines variétés et les producteurs et professionnels de ce fruit ont rencontré de sérieux problèmes liés à des difficultés d'écoulement de la production et aux chutes des prix observés sur le marché. Les principales raisons de ces problèmes sont les suivantes :

- Augmentation des productions de pêche pendant des campagnes assez courtes en raison des spécificités physiologiques de ces variétés de fruits.
- Difficultés au niveau de la maîtrise des techniques de conduite des entrepôts frigorifiques de conservation pour ces nouvelles variétés de pêches, dont certaines sont très fastidieuses à conserver.
- Inadaptation ou mauvaise conception des moyens de transport, des emballages, des entrepôts et installations frigorifiques.
- Concurrence des nombreuses autres espèces fruitières produites pendant la même saison (prunes, melons, pastèques, figues, ...).
- Insuffisance des capacités de transformation et de valorisation pour absorber les excédents de production.

La conservation frigorifique apparaît donc comme une solution pour absorber le surplus de production et étendre la durée de vie de ces fruits.

L'objectif de ce travail est donc d'essayer de trouver des solutions aux désordres qui apparaissent parfois après deux semaines de conservation à 0°C des pêches tels que le ramollissement et le brunissement du fruit (Ben-Arie *et al.*, 1989; Lill *et al.*, 1989; Arts *et al.*, 1996) et de développer de nouvelles techniques de conservation à fin de prolonger sa durée de vie de ces fruits. Différents procédés de conservation tel que le trempage dans des émulsions à base de CMC (Carboxymethyl cellulose) ou bien CaCl₂ sont utilisés mais aucun ne résolu de façon satisfaisante les problèmes de conservation et de commercialisation posés par ce fruit.

La variété de pêches à chair jaune : « Elegant Lady » est très appréciée et se prête moyennement à la conservation longue durée c'est pour cela que nous en avons fait l'objet de cette étude afin d'essayer de prolonger sa durée de conservation et préserver autant que possible ses qualités sensorielles grâce à des traitements post-récolte : le réchauffage intermittent le trempage dans l'eau chaude.

2. Méthodologie utilisée :

- **Le matériel végétal :** Variété de pêche (*Prunus Prisca*) « Elegant Lady » de calibre A (68-74mm) : c'est une variété de saison à chair jaune récoltée le 20 juillet 2011.
- **Les Traitements de post-récolte :** Deux traitements ont été choisi pour ces essais :
 - Un traitement par un trempage des fruits dans l'eau chaude à deux températures 37° et 40°C pendant 1 et 2 heures. (37°-1H) ; (37°-2H) ; (40°-1H) et (40°-2H)

- Un traitement est réalisé par un réchauffage intermittent en disposant les fruits pendant 24 heures à une température ambiante et à une humidité identique à celle de la chambre froide.

On a utilisé seulement des pêches appartenant au calibre I pour s'assurer de l'homogénéité des traitements thermiques. La conservation a été effectuée dans les chambres frigorifiques de l'INAT et de la société SADIRA. Les conditions de conservations sont les suivantes :

T = 0 à 1°C ; HR% = 90-95% à l'INAT et 85% dans la chambre froide de SADIRA.

3. Résultats obtenus

Traitement 1 : le réchauffage intermittent (chambre froide de la société SADIRA).

Evolution des pêches au cours de la conservation frigorifique :

Perte de poids (%) :

Les résultats obtenus ont montré une perte de poids de 15 % pour l'échantillon témoin et de seulement 9% pour les pêches ayant subi le prétraitement.

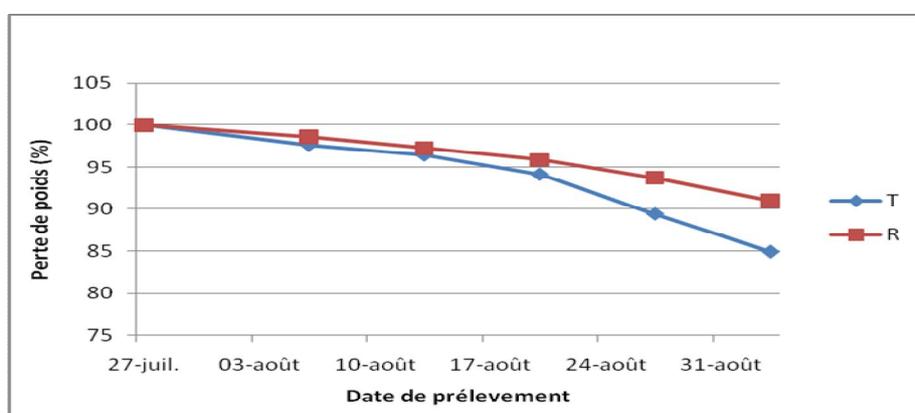


Figure 1 : Pertes de poids au cours de la période de la conservation frigorifique de la pêche

Conclusion : La conservation de la variété Elegant Lady avec prétraitement des fruits par un réchauffage intermittent, à une température de (0-1°C), une hygrométrie de (85%) a permis de réduire la perte en poids de 15% (témoin) à 9% (traitement).

Teneur des sucres solubles (Brix %)

L'indice réfractométrique (IR) représente le pourcentage des sucres solubles dans le jus. Globalement, les variations de l'indice réfractométrique sont faibles en cours de conservation. Pour l'échantillon témoin l'IR a atteint 17°brix et seulement 16°brix pour l'échantillon traité.

Conclusion : l'augmentation de résidu sec soluble (Brix) de 0,5% (éch.) à 1,5% (tem.)

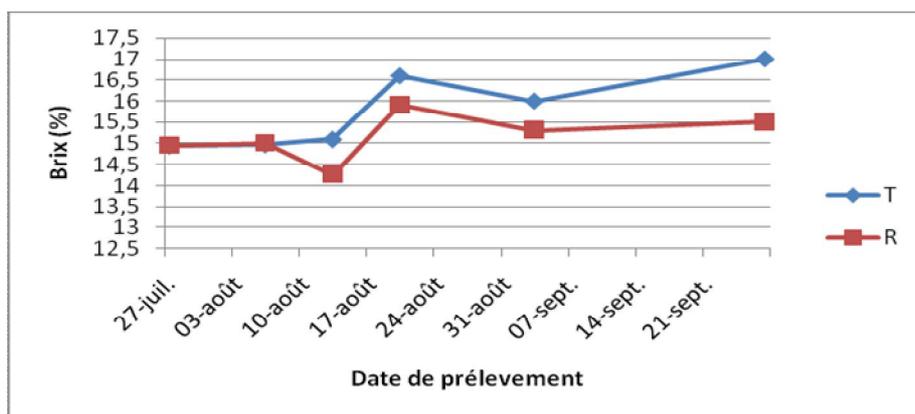


Figure 3. Evolution de la teneur en sucre au cours de la conservation frigorifique

Acidité titrable

L'évolution de l'acidité montre une diminution 9 meq/100ml au début de l'entreposage à environ 7 meq/100ml) à la fin de la période de conservation pour les deux lots de fruits.

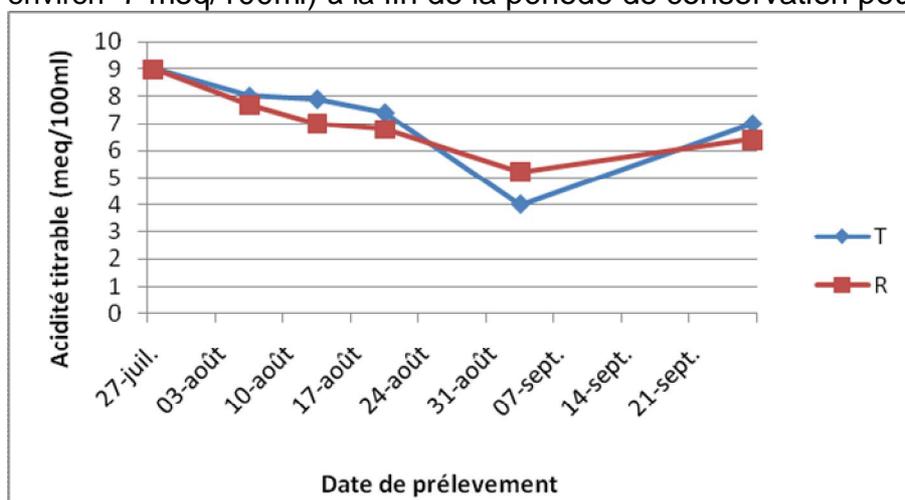


Figure 4 : Evolution de l'acidité titrable au cours de la conservation frigorifique de la pêche

Conclusion : Le traitement n'a pas d'influence notable sur les variations du taux d'acides des fruits.

La fermeté :

La fermeté permet de déterminer le degré de maturité d'un fruit. C'est aussi un indice pour les pertes d'eau (fraîcheur) des fruits conservés. L'analyse des résultats obtenus à montrer que les valeurs de fermeté varient entre 4 et 2 Kg/cm². on constate que le traitement n'a pas d'effet sur la fermeté de la chair du fruit. La diminution de la fermeté peut s'expliquer par la sénescence et la perte d'eau progressives de fruit.

Conclusion : Le traitement na pas d'influence notable sur la fermeté des fruits.

Traitement 2 : le trempage dans l'eau chaude (chambre froide de l'INAT)

Evolution des pêches au cours de la conservation frigorifique

1. Perte de poids (%) :

Les résultats ont montré des de poids est similaire pour les différents traitements.

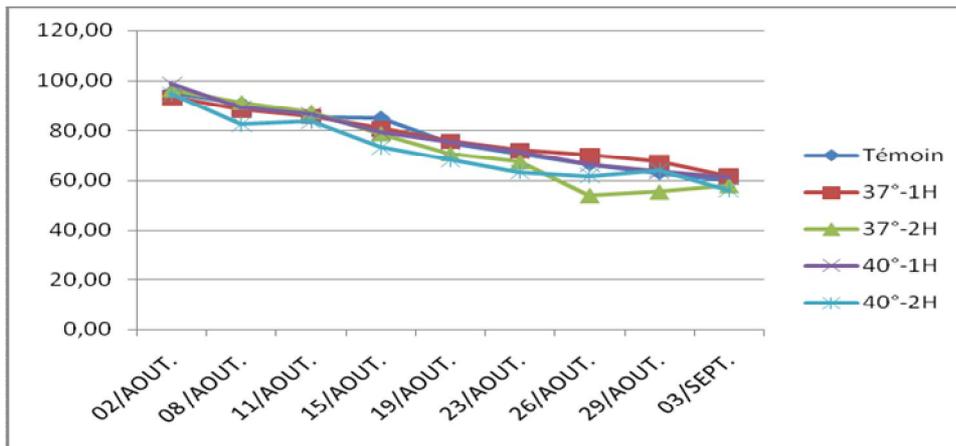


Figure 1 : Evolution de la perte du poids de la variété Elégante Lady au cours de la conservation frigorifique.

Conclusion : On conclut que le trempage dans l'eau chaude n'a pas d'effet notable sur la perte d'eau des fruits traités. Ces pertes de poids ont atteint environ 30% pour tous les échantillons ce qui est excessif. Cela renseigne sur l'irrégularité de l'humidité relative dans la chambre frigorifique.

La Fermeté :

L'examen de la figure 2 montre que la fermeté des différents fruits traités décroît progressivement pour atteindre des valeurs minimales à la fin de la conservation avec une valeur de l'ordre de 4 Kg/Cm². Le trempage des fruits dans l'eau chaude à une température de 40°C pendant 1H semble être le plus efficace par rapport aux autres traitements.

Conclusion : Le trempage dans l'eau chaude à 40°C pendant une heure permet de maintenir la fermeté qui présente le facteur limitant de la conservation des pêches.

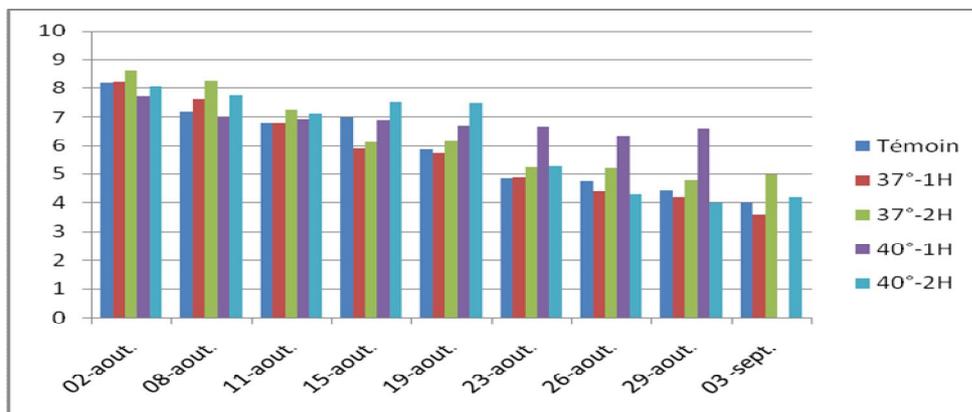


Figure 2. Evolution de la fermeté des fruits de pêche au cours de la conservation frigorifique

La perte commerciale (CI)

Les résultats obtenus montrent que le trempage dans l'eau chaude permet une diminution sensible du pourcentage d'attaque par des maladies de conservation. En effet, on observe une baisse du pourcentage d'attaque en fonction du traitement de post-récolte qui est de 0% ; 1% et 3% respectivement pour le trempage à 40°-2H, 37°-1H et 40°-1H en fin de conservation.

Acidité titrable (meq/100ml) :

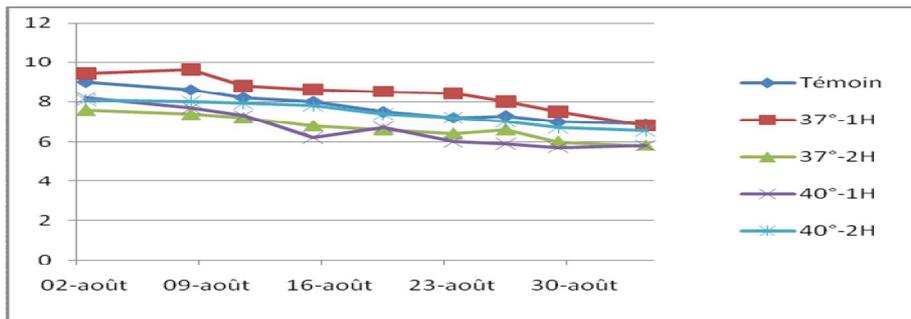


Figure 3: Evolution de l'acidité titrable de la pêche au cours de la conservation frigorifique. En examinant l'allure générale des courbes des différents traitements on remarque une diminution progressive de l'acidité titrable. On remarque que le trempage à 37°C pendant 1 heure donne le meilleur effet pendant la période de conservation.

Conclusion : Le trempage à 37°C pendant 1 heure donne le meilleur effet sur la conservation de la teneur en acides organiques des fruits pendant la période de conservation.

Teneur en sucres solubles Brix (%)

D'après la figure 4 on remarque que le niveau de sucre augmente progressivement en cours de conservation avec des paliers de diminution qu'on peut expliquer par l'utilisation de glucose par voie anaérobie pour la fermentation. Il n'y a pas d'effet notable des traitements thermiques des pêches sur l'évolution de leur IR.

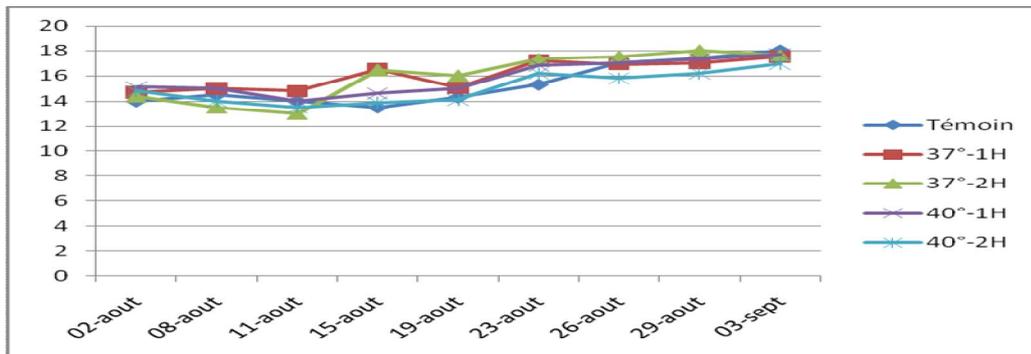


Figure 4: Evolution de la teneur en sucres totaux au cours de la conservation frigorifique des pêches.

Tableau Récapitulatif : Evolution des pêches au cours de la conservation frigorifique après un mois de conservation

Paramètres	Témoin	Fruit réchauffé
Pertes de poids(%)	15	10
Perte commercial (%)	18	13
Brix(%)	17	15,5
Acidité titrable (mEq\100ml)	7	6
pH	4	4,14
Fermeté (Kg\cm2)	2,85	2,3

Interprétation : L'analyse des résultats, montré que :

- Le réchauffage intermittent à permet de diminuer la déshydratation des fruits par une valeur de l'ordre de 5%, ainsi que, la dégradation de l'amidon en saccharose en donnant une évolution moins de 1,5% par apport les témoins.
- Le traitement n'a pas d'effet sur l'évolution de l'acidité et de la fermeté des fruits.

Tableau Récapitulatif : Evolution des pêches au cours de la conservation
Frigorifique après un mois de conservation

	Témoin	37°-1H	37°-2H	40°-1H	40°-2H
Perte de poids(%)	5	3	4	2.84	2,31
Perte commerc.(%)	7	1	2	3,5	0
Brix (%)	18	17 .5	17.6	17.7	16.96
Acidité (meq\100ml)	6.9	6.8	5.8	5.8	6.55
pH	4,09	4,11	4,28	4,23	4,26
Fermeté (Kg\cm²)	4	3,61	5	6,1	4,2

Interprétation :

- La perte de poids des fruits plus de 5% peut entrainer le développement d'un aspect ridé ce qui peut entrainer le rejet des expéditions et la réduction des revenus des producteurs (Johnson et al, 2002), ce qui est ne pas le cas pour nos échantillons vu que tous les traitements ont donné des valeurs inférieurs à 5%.
- Au niveau de la perte commerciale le trempage dans l'eau chaude demeure un traitement efficace contre le développement des maladies de conservation. En effet, la comparaison entre les pertes obtenu avec les traitements montre que le trempage des fruits à 40°C et pendant deux heures est le plus efficace .Par contre, au niveau du maintien de la fermeté des fruits le trempage à 40°C pendant une heure est mieux que les autres traitements.
- Le trempage dans l'eau chaude n'a pas un effet significatif sur l'évolution de l'acidité et de la teneur en sucres des fruits.

Conclusion :

Le présent travail a aboutit à la mise en évidence de l'importance du traitement post récolte sur la qualité des fruits de la variété Elegant Lady. Le trempage dans l'eau chaude permet de réduire la part de fruits atteints par les maladies de conservation au cours période de stockage. Le pourcentage de perte est également diminué pour les fruits de la variété étudié. L'étude a montré aussi que le trempage dans l'eau chaude convient mieux avec la variété Elegant Lady que le réchauffage intermittent .En plus, les fruits non traités et conservé dans la chambre froide de la société SADIRA résistent moins à la conservation. Ceci peut être expliqué par l'ouverture presque journalière de la chambre, ce qui modifie les conditions de stockage (température, humidité, ... etc.

3. Impact sur l'environnement :

Ce travail a permis de minimiser l'utilisation des fongicides qui ont une incidence négative sur l'environnement par l'utilisation des traitements techniques ainsi que la réduction des pertes d'une grande masse des écarts de triage de pêches non conformes.

4. Bibliographie

- Art&, F., Cano, A. and Fernindez-Trujillo, J. P. (1996) Pectolytic enzyme activity during intermittent warming storage of peaches. **J. Food Sci. 61, 311-313, 321.**
- Ben-Arie, R., Sonogo, L., Zeidman, M. and Lurie, S. (1989) Cell wall changes in ripening peaches. In Cell **Separation in Plant**, pp. 253-262. NATO AS1 Ser. H35.
- Bruhn, C. M. (1995) Consumer and retailer satisfaction with the quality and size of California peaches and nectarines. **J. Food Qual.** 18, 241-256.
- J. P. Fernhdez-Trujillo, 1997. Keeping quality of cold stored peaches using intermittent warming. *Journal of Food science.* 448-450.
- Shewfelt, R. L., Myers, S. C. and Resurrection, A. V. A. (19878). Effect of physiological maturity at harvest on peach quality during low temperature storage. **J. Food Qual.** 10,9-20.

Amélioration de la Conservation frigorifique des poiries (*Pyrus communis*)

ANNABI Rabeab, AOUNALLAH Karim et MEJRI Slah

1. Problématique et objectifs de la recherche

L'évolution de la consommation est un facteur qui motive actuellement les nombreux débats autour de la qualité des fruits. Le consommateur souhaite un produit de qualité car il est soucieux de sa santé et l'évolution de la consommation importe aussi, car elle reflète le changement des modes de vie et des circuits économiques. Il nous faut veiller à préserver cette qualité après le verger, dans les entrepôts frigorifiques, par des techniques naturelles élaborées. Ces pratiques devraient nous permettre d'obtenir une bonne sécurité au cours des transactions commerciales et une bonne évolution du produit dans les circuits de distributions.

Dans le présent travail, nous avons mis l'accent sur la conservation frigorifique du poirier (variété Alexandrine) pendant une longue durée. Ainsi, nous envisageons d'optimiser un traitement d'une efficacité significative et d'un coût relativement réduit qui pourrait être généralisé dans les entrepôts frigorifique.

De ce fait, nous avons choisi un fongicide « Chorus double » de Sygenta contenant 25% de Fludioxonil et 37,5% de Cyprodinil combiné à une solution de 4% de CaCl_2 et un emballage physiologique de type Xtend ayant une perméabilité sélective aux gaz ce qui permettrait le ralentissement de la maturation par l'appauvrissement du milieu en oxygène, le dégagement de gaz carbonique et la réduction de la transpiration. Le suivi de la qualité des fruits au cours de leur l'entreposage frigorifique est indispensable pour comparer les effets des différents traitements sur paramètres qualitatifs mesurés.

2. Méthodologie utilisée

2.1. Désinfection de la chambre froide :

Le nettoyage puis la désinfection du local est nécessaire avant le stockage des fruits. Le matériel de récolte et les fruits véhiculent des spores de champignons (*Penicillium*, *Botrytis*,...) qui restent fixées sur les parois ou en suspension dans l'air. La destruction de ces contaminants limite le risque de pourriture des fruits en cours de conservation.

Après ressuyage, une désinfection permet d'éliminer les spores de champignon.

2.2. Calibrage :

Les fruits sont sélectionnés selon leur calibre, poids, couleur pour obtenir des lots homogènes. Dans le présent travail, nous avons choisi le calibre Extra et le calibre I. Ce choix est expliqué par le fait que les fruits de gros calibre semblent plus sensibles aux maladies de conservation. (Siegrist, 2008)

Extra	Calibre I	Calibre II
65 mm	60mm	55mm

La différence de calibre entre les fruits d'un même colis limitée à 5 mm (± 1 mm) pour les fruits de catégorie Extra. La différence de diamètre peut atteindre 10mm pour les fruits de calibre I. Aucune limitation n'est exigée pour le calibre 2.

2.3. Traitement post récolte

Trois traitements de post récolte ont été choisis pour le calibre Extra et le calibre I .

- Traitement T1 par un trempage des fruits dans l'eau pendant 30 secondes
- Traitement T2 par un trempage des fruits dans une solution de 4% de CaCl₂ (Chlorure de Calcium) pendant 30 secondes.
- Traitement T3 est réalisée par le trempage des fruits dans un mélange constitué par un fongicide qui s'appelle chorus double avec une dose 120g/hl + 4% de CaCl₂ (Chlorure de Calcium) pendant 30 secondes.
 - Le choix du fongicide est basé sur les recherches scientifiques qui indiquent l'efficacité de fludioxonil (un des composantes de chorus double) dans la lutte contre des maladies de conservation. (Zaho et al, 2009)

Les traitements sont combinés avec l'utilisation de l'emballage physiologique type Xtend de la société Stepac (France).

2.4. Préparation des échantillons

Devant l'impossibilité de mesurer tout les fruits un par un il est nécessaire de procéder au prélèvement d'un échantillon de 10 fruits pour faire les mesures physico-chimiques.

2.4.1. Le marquage des fruits

Pour pouvoir revenir sur les modalités du traitement post récolte, en cas de phyto-toxicité sur fruit ou d'inefficacité des applications, il peut être utile d'enregistrer quelques paramètres lors des traitements : Numéro de l'échantillon ; Traitement de post récolte

2.4.2. Disposition des lots dans le local

La disposition des caisses dans le local frigorifique est effectuée avec soin. Chaque lame est équipée par un code pour distinguer entre les fruits des différents traitements.



Figure 1: Echantillon des caisses de poirier conserver dans la chambre froide de l'INAT.

2.5. Les conditions de la conservation frigorifique

2.5.1. Température d'entreposage

La chambre frigorifique est maintenue à des températures de 0 à 1°C durant toute la période de la conservation. Elle représente la température la plus basse qui entraîne les pertes en eau les plus faibles. Pour la chambre froide de l'INAT cette température est maintenue presque stable pendant toute la période de conservation.

2.5.2. Humidité relative

Elle se situe autour de 90 à 95 %. Elle est maintenue entre ces valeurs par l'utilisation des bacs d'eau renouvelable.

2.5.3. La ventilation

On utilise la ventilation pour homogénéiser la température et l'atmosphère.

2.6. Mesures et suivi de la conservation frigorifique

2.6.1. Les mesures non destructives

2.6.1.1. Mesure des pertes de poids

Par des pesées effectuées avant, au cours et après entreposage, nous avons mesuré les pertes de poids des différents échantillons de fruit. Cette mesure est réalisée par une balance analytique. La mesure de la perte de poids est réalisée chaque deux semaines.

2.6.1.2. Perte commerciale

Cette mesure est effectuée par un test visuel une fois chaque deux semaines.

2.6.2. Les mesures destructives

2.6.2.1. La fermeté

La fermeté est mesurée en kg/cm² à l'aide d'un pénétromètre équipé d'un embout cylindrique à l'extrémité légèrement convexe, d'un diamètre de 11 mm.

La fermeté est en relation directe avec la cohésion des cellules de la chair et l'épaisseur de leur membrane. Lorsque le ciment des proto-pectines qui les lie se dégrade en pectines solubles, la chair se ramollit et devient moins résistante à la pression.

3. Résultats obtenus : travail en cours

Pertes de poids (%)

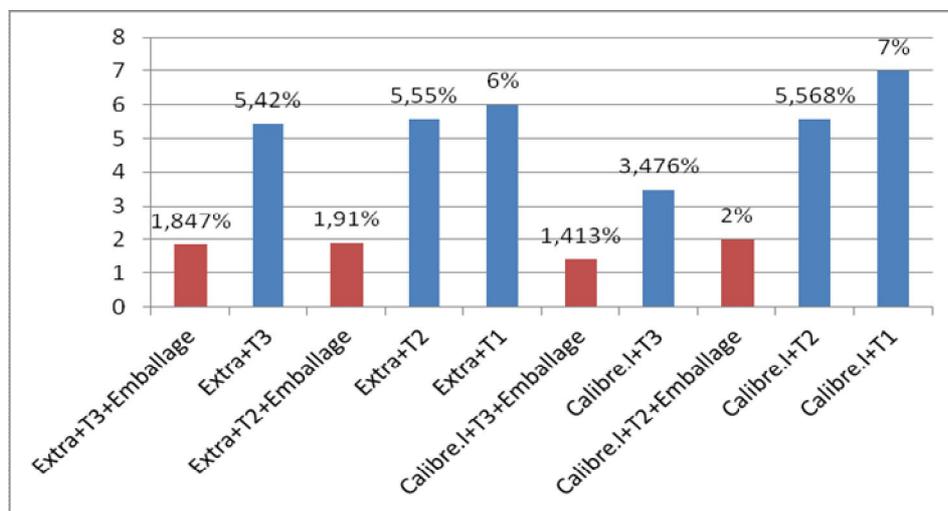


Figure 2: Comparaison de pourcentage de pertes de poids entre les différents traitements de calibre et post récolte chez la variété Alexandrine **après six mois de conservation.**

Légende:

Extra+T3+Emballage : Echantillon de calibre extra traité par fongicide, CaCl₂ et emballé

Extra+T3 : Echantillon traité par un fongicide et CaCl₂.

Extra+T2+Emballage : Echantillon de calibre extra traité avec CaCl₂ et emballé

Extra+T2 : Echantillon de calibre extra traité avec CaCl₂.

Cali. I : Echantillon de calibre I

- La perte de poids est due à une perte d'eau des fruits (Colin-Henrion, 2008). Le suivi de la perte de poids des deux calibres avec les différentes traitements et combinées avec l'emballage physiologique a montré que les échantillons emballés ayant une perte réduite qui ne dépasse pas **2%**, au contraire, le pourcentage est de l'ordre de **5,5%** pour les fruits traités et non emballés. En plus, on n'a pas remarqué une influence du calibre sur la perte de poids.

Conclusion : l'emballage combiné avec les deux traitements de post récolte (fongicide avec CaCl₂ et CaCl₂ seulement) demeure efficace sur la réduction de la déshydratation du poirier pour les deux calibre (Extra et calibre I).

Fermeté (Kg/cm²)

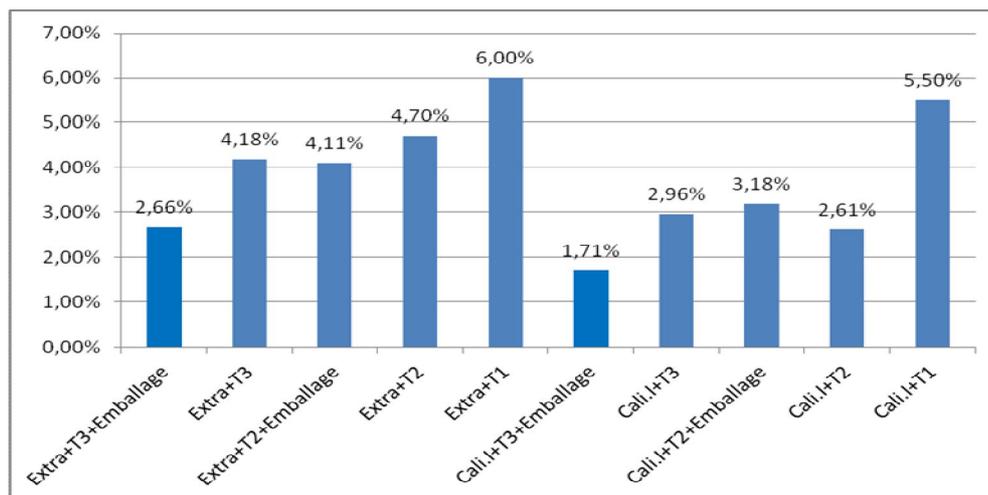


Figure 4: Comparaison de la fermeté entre les différents traitements de calibre et post récolte chez la variété Alexandrine **après six mois de conservation.**

L'analyse des résultats ont montré que :

- Le calibre Extra est plus sensible à la perte de fermeté que le calibre I.
- En plus, pour les deux calibres on remarque que l'emballage combiné avec le traitement T3 (fongicide et CaCl₂) est plus efficace qu'avec le traitement par T2 (CaCl₂ seulement) .
- Cette diminution peut être expliquée par le fait que le fruit se ramollit suite à une perte d'adhésion cellulaire (Colin-Henrion, 2008).

Pertes commerciales

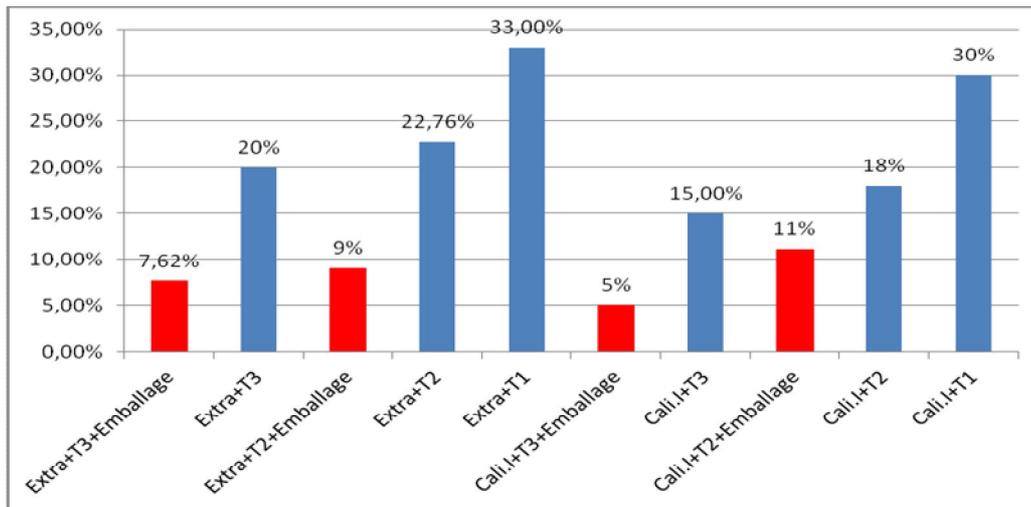


Figure 5 : Comparaison de pourcentage de pertes commercial entre les différents traitements de calibre de post récolte chez la variété Alexandrine après six mois de conservation.

- On constate que le traitement chimique de post récolte a amélioré la qualité sanitaire des fruits par rapport aux taux enregistrés sur les fruits non traités. L'application de l'emballage Xtend a amélioré de plus le taux de résistances chez les deux calibres avec les deux traitements en donnant des pertes qui ne dépassent pas 11%.
- En plus, le traitement des fruits de calibre I emballés et traités avec T3 (CaCl₂+fongicide) donne les meilleurs résultats avec 5% de pertes.
- On remarque aussi que le nombre totale des fruits attaqués par les maladies de conservation pour tous les traitements (calibres et post récolte) de la variété étudié est très élevé. Ceci peut être expliqué par le déplacement des fruits de la chambre froide à sidi otman vers l'INAT au mois de décembre ce qui a entraîné une augmentation de la température des fruits (à une température supérieure à 10 °C).



Figure 6 : Echantillon des fruits de calibre I traités par fongicide et CaCl₂ (T3) après six mois de conservation

Conclusion : Le présent travail a aboutit à la mise en évidence de l'importance du calibre et du traitement de post récolte et leurs effets sur la qualité des fruits pour la variété

Alexandrine. L'évolution et le maintien de la qualité des fruits en conservation sont très satisfaisants dans cet essai. L'application du traitement chimique de post récolte combiné avec l'emballage ont permis de réduire la part de fruits atteints par les maladies de conservation au cours période de stockage. **Le pourcentage de perte est également diminué de 20%** par rapport aux fruits non traités, pour les deux calibres.

4. Impact sur l'environnement

Ce projet a permis de minimiser la grande quantité des écarts de triage de poire perdu dans la nature. Les sacs en polyéthylène constituent un impact négatif qu'il faudra gérer.

5. Production scientifique

Mastère : Conservation frigorifique de poirier

Elaborée par : Mlle ANNABI RABEB

Date de soutenance : Octobre 2012.

6. Bibliographie

Bergougnoux F., Hutin C., Lespinasse Y., Masseron A., Mathieu V., Trillot M., 2002.

Le pommier. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris : pp.56-142

Colin-Henrion M., 2008. De la pomme à la pomme transformée : Impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel Caractérisation physique et sensorielle des produits transformés. Thèse de doctorat, école doctorale d'Angers, Angers : 272p

Lalatta P., 1997. Guide complet de la culture des pommes. Editions de Vecchi, Paris : 111p.

Mazollier A., 1997. Essai d'entreposage de pommes en atmosphère contrôlée. Revue suisse Viticulture. Arboriculture. Horticulture. Fiche 310

Siegrist. J-P., 2008. Entreposage frigorifique en AC d'échantillons de pommes en vergers valaisans .Revue suisse Viticulture. Arboriculture. Horticulture : 17 p.

Effets de cinq traitements de post récolte sur la conservation des pommes cv Golden Delicious

**BEN MESSAOUDA MOEZ , SAHLI ALI, MEJRI Slah
et AOUNALLAH Karim**

Résumé

L'objectif de ce travail est de réduire les pertes à l'entreposage des pommes d'automne engendrées par les maladies de conservation. A cet effet nous avons procédé à l'essai de cinq traitements. Un traitement à base de chlorure de calcium, un deuxième à base de pyriméthanil, un troisième à base de Fludioxonil + cyprodinil, un quatrième à base de pyriméthanil + chlorure de calcium et un cinquième à base de Fludioxonil + cyprodinil + chlorure de calcium. Les essais sont réalisés sur la variété la plus diffuse au niveau national et mondial qui est la Golden Delicious.

Les résultats obtenus sont positifs dans la mesure où le taux d'attaques cryptogamiques a pu être réduit de 68% et le bitter pit de 54% montrant tout l'intérêt d'un traitement de post récolte pour les pommes d'automne.

Problématique et objectifs :

L'entreposage frigorifique constitue pour les pommes d'automne une étape sensible dans le circuit de production et de distribution avant l'arrivée de la pomme au consommateur. Au cours de cette étape, une baisse en termes de qualité et de poids du fruit peut survenir. La préservation de la qualité des fruits obtenus, constitue un élément essentiel pour la commercialisation dans un marché de plus en plus concurrentiel. En effet l'apparition des tâches provoquées par les maladies de conservation à la fois d'origine cryptogamique et physiologique constitue une importante perte économique. En effet ces attaques obligent le producteur à jeter une partie des pommes stockées.

Ainsi, la minimisation des pertes en cours d'entreposage est primordiale, spécialement en Tunisie où les traitements de post récolte sont quasiment inexistantes pour la culture du pommier. Par ailleurs cette réduction de perte doit être réalisée avec des matières actives qui soient efficaces en post récolte sur les pommes et disponibles sur le marché tunisien. Par ailleurs ceci permettrait l'utilisation sans appréhension d'une matière active à laquelle l'agriculteur est coutumier.

L'objectif de cet essai est d'identifier un traitement d'une efficacité significative et d'un coût relativement réduit pouvant être généralisé dans les chambres.

Méthodologie

Les traitements de post récolte montrent généralement un effet sur la diminution des maladies d'ordre cryptogamique. En octobre 2009, un essai de Cinq traitements de post récolte a été réalisé sur la variété Golden Delicious. Cette étude concerne les effets de trois matières actives fongicides : Cyprodinil+Fludioxonil et Pyriméthanil en plus d'un traitement à base de chlorure de Calcium contre l'apparition de bitter pit.

A partir de ces trois produits, cinq traitements ont été préconisés en plus d'un traitement témoin consistant à un trempage dans l'eau :

- T0 : Témoin eau pure.
- T1 : Une solution de 4% de CaCl₂.
- T2 : une solution de Pyriméthanil. la solution de trempage est de 250ml/hl de Myhos.
- T3 : une solution de Fludioxonil et Cyprodinil. : la solution de trempage est de 120g/hl de Chorus double.

- T4 : traitement combiné : Une solution de 4% de CaCl₂ + Pyriméthanil (250ml/hl de Myhos).
- T5 : traitement combiné : Une solution de 4% de CaCl₂ + Fludioxonil et Cyprodinil (120g/hl de Chorus double).

Nous avons procédé au suivi de l'évolution du poids (perte de poids) et la détermination après cinq mois de conservation du nombre de fruits ayant subi une attaque cryptogamique, de Bitter Pit ou un flétrissement.

Résultats attendus.

Divers essais de trempage relativement récents en postrécolte ont donné des résultats positifs avec le Cyprodinil (Berton et al., 2007 et Sholber et al., 1999), le Fludioxonil (Errampalli et Cronko, 2004 ; Li et Xiao, 2008 ; Schirra et al., 2008) et le Pyriméthanil (Fritz et al., 1997 Sholberge et al., 2005 et Attrassi et al., 2007). En ce qui concerne le Chlorure de Calcium, en plus de son effet sur le contrôle du bitter Pit, Attrassi et al. (2007) montrent que l'association de fongicides avec le chlorure de calcium (4 %) permet de diminuer l'intensité des lésions causées par la pourriture des pommes en conservation.

La Figure 9 présente les photos des principales maladies cryptogamiques de post récolte affectant le pommier.

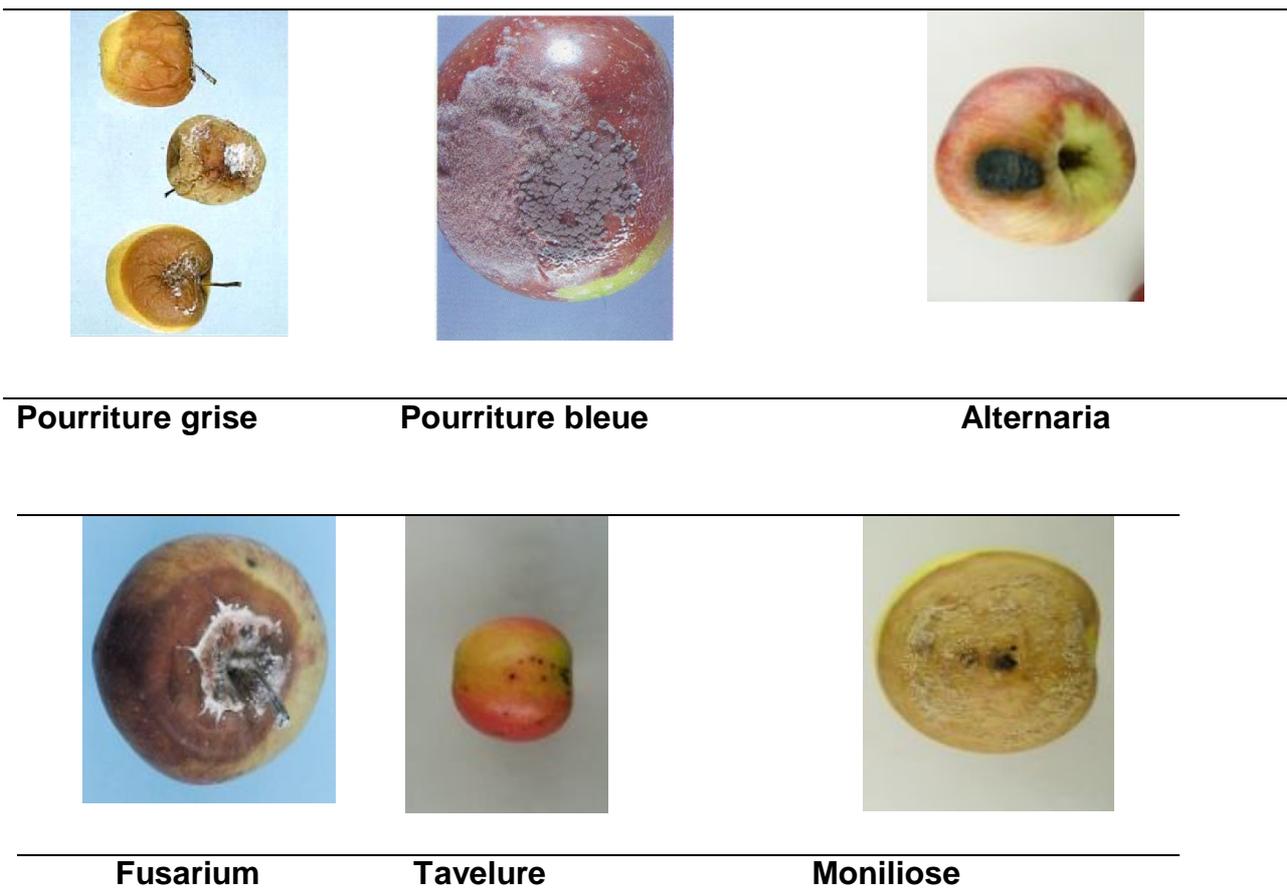


Figure 1 : Photos des principales maladies de conservation (Boudoux, 1992)

Résultats Obtenus

Perte en poids

Les pommes sont entreposées pendant 5 mois dans les conditions optimales de température (0-1°C) et d'humidité relative (90.95%HR) (Ezzahouani, 2009). Après la récolte, les fruits continuent leur respiration et leur transpiration. Cela a pour conséquence de réduire à la fois la masse des fruits (Maguire et *al.*, 2001) et leur fermeté (Johnston et *al.*, 2002).

Cette perte de qualité a des implications économiques pour les fruits destinés à des marchés lointains ou le stockage à long terme (Meberg et *al.*, 2000). La perte d'eau des fruits de plus de 5% peut entraîner le développement d'un aspect ridé, ce qui peut entraîner le rejet des expéditions, dévalue les prix et réduit les revenus des producteurs (Johnston et *al.*, 2002).

On a suivi au cours de l'entreposage l'évolution du poids selon les différents traitements afin d'identifier un éventuel effet des traitements d'irrigation sur la perte en poids.

La figure 2 montre l'évolution de la perte de poids en cours de conservation pour les six traitements.

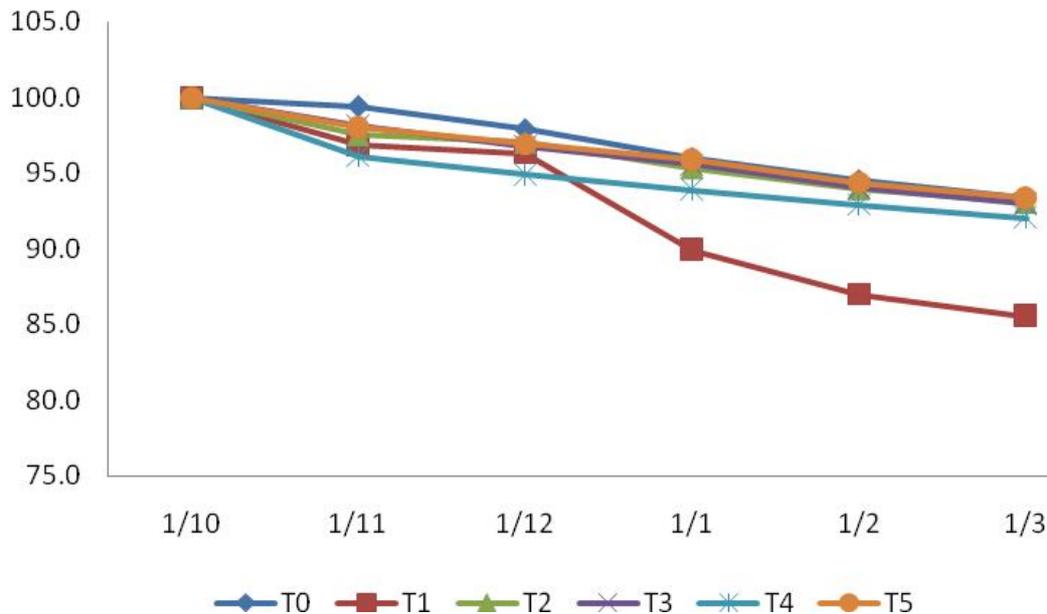


Figure 2. Evolution du poids relatif des pommes selon les traitements

Hormis le trempage dans la solution de CaCl_2 engendrant une perte de poids relativement importante après deux mois de conservation pouvant atteindre 15% de la masse initiale des fruits après cinq mois de conservation les quatre autres traitements montrent des évolutions similaires de la perte en poids atteignant 7 à 8% de la masse initiale des fruits après cinq mois de conservation.

Effet des traitements de post-récolte

La figure 3 montre le taux de réduction des fruits atteints par les attaques fongiques, le bitter pit et le flétrissement, démontrant l'aptitude des différents traitements à réduire la prolifération des champignons pathogènes ainsi que l'expression de maladies physiologiques dues notamment au manque de calcium dans le cas du bitter pit.

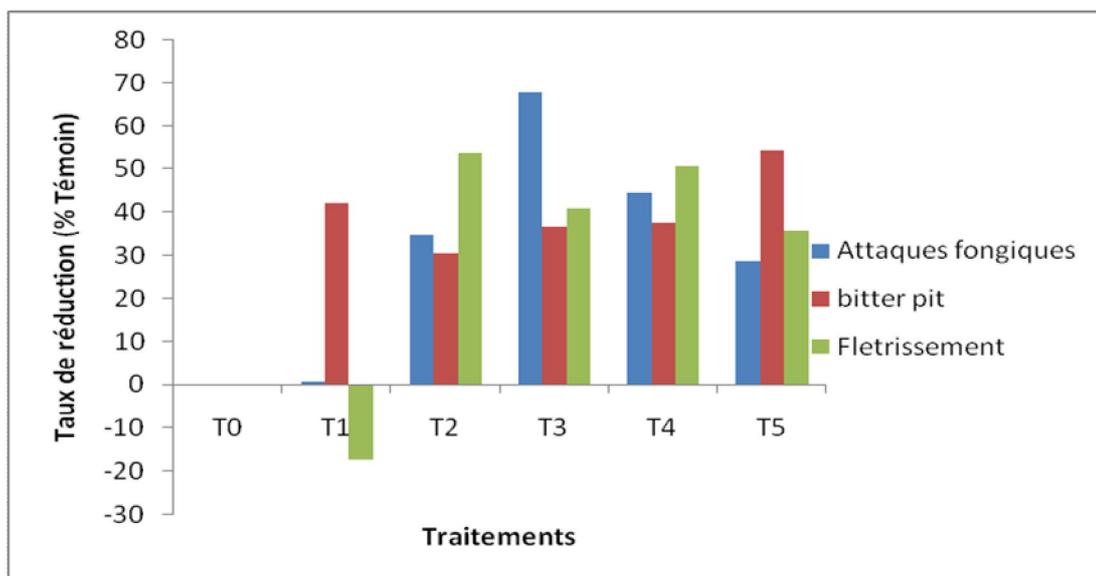


Figure 3. Effet des traitements de trempage sur le pourcentage de fruits pourris à 5 mois de conservation

On constate d'après la figure 3 que le traitement T1 a augmenté le flétrissement, ce qui explique la forte perte de poids relatif dans la figure.

En ce qui concerne l'efficacité des traitements physiologiques et cryptogamiques, la fig. 2 montre le taux de réduction, en nombre de pommes pourries, atteintes de Bitter pit et de flétrissement avec les différents traitements après cinq mois de conservation.

Nous constatons que dans les meilleurs résultats les attaques fongiques ont été réduites de 68% avec un traitement à base de pyriméthanyl et que le bitter pit dans le traitement à base de Fludioxonil, Cyprodinil et chlorure de calcium a été réduit de 54%.

Conditions d'utilisation des résultats

Les traitements le plus réussis comme le montre la figure 3 sont le T3, le T4 et le T5. L'opération de trempage en post récolte ne requiert pas de dépenses élevées ni de technicité. Par ailleurs il est même envisageable d'alterner annuellement les traitements T4 et T5 pour éviter toute résistance bactérienne. Ainsi peu onéreux, fiable et maniable ce procédé peut être facilement vulgarisé. Ce traitement en définitif peut être appliqué dans toutes les chambres froides par quelconque ouvrier respectant les règles de manipulation des produits phytosanitaires.

Impact sur l'environnement

Dans son Index phytosanitaire, l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA), classe le Fludioxonil, le Cyprodinil et le Pyriméthanyl sous l'appellation N (dangereux pour l'environnement). Toutefois ses matières actives sont homologuées en Tunisie et en Europe pour les traitements phytosanitaires.

Impact sur le consommateur

S'agissant de d'un traitement de post-récolte destiné à la conservation, la date de mise sur les marchés des pommes traitées doit impérativement prendre en considération le délai

d'emploi avant récolte des traitements. Celle-ci est de 14 jours pour le pyriméthanil et de 60 jours pour le Fludioxonil et le Cyprodinil.

Difficultés rencontrées :

- Au niveau des moyens de déplacement,
- Au niveau de la réalisation dans des entrepôts frigorifiques de taille industrielle,
- Au niveau des moyens analytiques (analyse des teneurs en minéraux des pommes).
- Au niveau de l'adaptation du protocole expérimental au moyens disponibles.

Production scientifique :

Mastère : Effets de cinq traitements de post récolte sur la conservation des pommes cv Golden Delicious

Elaboré par : BEN MESSAOUDA Moez **Soutenu** : Juin 2011.

Bibliographie

- Attrassi, K, R Benkirane, Battassi et A. Douira., 2007 ; Effet de l'association de certains fongicides avec le chlorure de calcium sur le développement d'un complexe fongique responsable de la pourriture des pommes en conservation Phytprotection, vol. 88, n° 1, 2007, p. 17-26.
- Berton, O., L. May-de-moi, H. Aparecida A. Dos Santos., 2007. CYPRODINIL, PYRIMETHANIL, PROPINEB and TRIFLOXYSTROBIN on apple scab control., Scientia Agraria, v.8, n.2, p.173-178.
- Bondoux, P., 1992. Maladies de conservation des fruits à pépins pommes et poires. INRA éditions.
- Errampalli, D et N.R. Brubacher., 2004. Control of blue mold caused by *Penicillium expansum* on apples 'Empire' with fludioxonil and cyprodinil. Can. J. Plant Pathol. 26, 70–75.
- Ezzahouani. A., 2010. Conservation des pommes dans les entrepôts frigorifique Agriculture du Maghreb n°42 Mars 2010.
- Fritz, R., C. Colas et V. Leroux., 1997. Inhibition of methionine biosynthesis in *Botrytis cinerea* by the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil. Pestic. Sci. 49, 40–46.
- Lennox, C.L et R.A. Spotts., 2004. Timing of preharvest infection of pear fruit by *Botrytis cinerea* and the relationship to postharvest decay. Plant Dis. 88, 468–473.
- Li, H.X et C.L.Xiao., 2008. Baseline sensitivity to fludioxonil and pyrimethanil in *Penicillium expansum* populations from apple in Washington State. Postharvest Biol. Technol. 47, 239–245.
- Maguire, K.M, N.H.Banks et L.U.Opara., 2001. Factors affecting weight loss of apples. Horticultural Reviews 25:197-234.
- Maguire, K.M., A.Lang, N.H. Banks. A. Hall. D.Hopcroft et R.Bennett., 1999. Relationship between water vapor permeance of apple and micro-cracking of cuticle. Postharvest Biology and Technology 17:89.96.
- Meberg, K.R., K.Haffner, et J.Rosenfeld. 2000. Storage and shelf.life if apples grown in Norway. I. Effects of controlled atmosphere storage on 'Aroma'. Gartenbauwissenschaft 65:9-16.
- Schirra, M., S. D'Aquino, M. Mulas, R. A. MMelis et al., 2008. Efficacy of hear treatments with water and fludioxonil for postharvest control of blue and gray molds on inoculated pears and fludioxonil residues in fruit. J. Food Protect. 71, 967–972.

- Sholberg, P. L et K. E. Bedford., 1999. Use of cyprodinil for control of *Botrytis cinerea* on apples. *Phytopathology* 89:S72.
- Sholberg, P. L, K. Bedford, et S. Stokes., 2005. Sensitivity of *Penicillium* spp. and *Botrytis cinerea* to pyrimethanil and its control of blue and grey mold of stored apples. *Crop Prot.* 24, 127–134.

Effet du mode de conditionnement et des conditions de conservation sur l'évolution de la qualité des dattes Deglet Nour au cours du stockage

BACCOUCHE Amira SAAIDIA Bouali

1. Problématique et objectifs :

Les Deglet Nour conditionnées sont l'article d'exportation le plus important pour la Tunisie. Selon les normes internationales, ce sont des dattes qui ont été traitées pour être industriellement réhydratées ou séchées. Pour cette catégorie de dattes «conditionnées», les exportateurs tunisiens se retrouvent face à une concurrence serrée et risquent de perdre leur avantage comparatif et leur part du marché surtout à l'extérieur de l'Europe du sud. Cette concurrence exige de nos dattes d'être plus compétitives à l'exportation.

Il est donc impératif pour les conditionneurs de dattes de choisir le type de traitement adéquat qui permet de conserver la qualité des dattes le plus longtemps possible surtout lorsque celles-ci sont stockées pendant une certaine période avant d'être expédiées. En effet, les unités de conditionnement ont recours à un stockage plus ou moins long des dattes vu que la période de récolte dure environ trois mois alors que son écoulement s'effectue tout au long de l'année.

Comme tout autre produit agricole, les dattes risquent de subir une dégradation de leur qualité initiale pendant le stockage. Outre le prétraitement post-récolte appliqué, cette dégradation dépend de deux autres principaux facteurs, à savoir, la consistance des dattes (molle, sèche,...etc.) et les conditions de conservation (température, hygrométrie, durée).

L'objectif de ce travail est de suivre l'évolution de la qualité des dattes au cours de l'entreposage frigorifique tout en comparant les effets des facteurs pouvant l'influencer.

La dépréciation de la qualité peut se traduire par divers indicateurs: le brunissement de la couleur, le dessèchement ou la réhumidification, la fermentation, etc...

2. Méthodologie utilisé :

Le protocole général de l'étude comporte deux phases :

❖ Première phase : Traitement et conditionnement des dattes :

Un lot de dattes de la variété Deglet Nour ayant déjà subi l'opération de désinsectisation par le bromure de méthyle, a été triée en groupes homogènes en fonction du degré de maturité. Parmi ces groupes, deux lots ont été sélectionnés : un lot de dattes molles (appelée couramment : « Chebaba ») et un autre de dattes demi-sèches.

Les deux lots ont été lavés et conditionnés selon le protocole expérimental suivant :

• Dattes molles

- Mode de conditionnement 1 : les dattes sont séchées et non glucosées
- Mode de conditionnement 2 : les dattes sont séchées, glucosées puis re-séchées
- Mode de conditionnement 3 : les dattes sont séchées puis glucosées

• Dattes demi sèches:

- Mode de conditionnement 1 : les dattes sont séchées et non glucosées
- Mode de conditionnement 2 : les dattes sont glucosées puis séchées
- Mode de conditionnement 3 : les dattes sont glucosées et non séchées

- La solution d'enrobage est à 35°Brix ; elle est constituée d'eau, de sirop de glucose et du sorbate de potassium (E 202)
- Le barème du séchage des dattes molles : 8h à 40°C + 6h à 50°C +8 h à 60°C
- Le barème du séchage pour les dattes demi sèches : 2h à 60°C
- Le barème d'hydratation pour les dattes demi sèches : 3h30 min à 60°C

Les dattes conditionnées ont été emballées dans des boites en carton ondulée alors que les dattes naturelles ont été conservées dans des caisses en plastique.

Ce protocole a permis d'obtenir 4 lots pour chaque type de dattes (3 lots de dattes conditionnées et un lot de dattes naturelles servant de témoin). Chacun de ces lots a été subdivisé en 3 parties, qui ont été par la suite stockées à 3 températures différentes :

- à 2°C (dans une chambre frigorifique) ; à 15°C et à température ambiante.

L'humidité relative de l'air de stockage est fixée à 65 % à la température de 2°C alors qu'elle est ambiante au deux autres températures.

On a obtenu ainsi 24 lots de dattes.

❖ **Deuxième phase : Suivi de la qualité des dattes au cours du stockage :**

Afin de déterminer les caractéristiques initiales des dattes, les différents lots de dattes ont subi les analyses suivantes avant leur stockage (t_0) :

- Des analyses physico-chimiques : teneur en eau, aw, pH, et couleur
- Des analyses microbiologiques : germes totaux ; levures et moisissures

Par la suite et tout au long des six mois de stockage, les mêmes analyses (sauf aw et le dosage de l'activité invertase) ont été effectuées à des intervalles réguliers de temps :

- 1 mois pour la teneur en eau, le pH et les analyses microbiologiques
- 2 mois pour la couleur

3. Résultats obtenu

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des dattes à t_0

Paramètre mesuré	Dattes molles				Dattes demi sèches			
	T ⁺	M1 ⁺⁺	M2 ⁺⁺	M3 ⁺⁺	T ⁺	M1 ⁺⁺	M2 ⁺⁺	M3 ⁺⁺
Teneur en eau (% de matière fraîche)	18,39	14,27	14,39	14,81	17,5	17,37	17,62	17,96
a _w	0,755	0,668	0,676	0,691	0,715	0,731	0,76	0,778
pH	6,5	6,5	6,53	6,52	6,7	6,71	6,74	6,72
Sucres réducteurs	20,8	24,39	24,58	24,72	18,8	18,65	18,88	18,96
Couleur								
L	36,61	33,11	33,52	34,71	36,33	30,72	32,62	38,5
a	8,15	8,24	8,11	8,2	6,86	8,28	8,45	6,92
b	13,34	10,81	9,45	10,75	11,71	8,79	9,35	10,96
Germes totaux (10 ⁴ germes/g de dattes)	120	45	26	36	20	14,5	12	16
Levures et moisissures (10 ⁴ germes/g de dattes)	9	<1	0,1	0,1	2,2	<1	0,2	0,1

Interprétation

▪ **Teneur en eau et a_w** : La différence au niveau de la teneur en eau entre les deux lots de dattes naturelles est expliquée par la différence au niveau du degré de maturité des fruits.

On note que le séchage, effectué dans les trois modes de conditionnement, a réduit la teneur en eau et l'a_w des dattes molles. La solution d'enrobage appliquée en dernier lieu dans le troisième mode, aurait donc conféré une certaine quantité d'eau à la pulpe.

De l'autre côté, l'hydratation des dattes demi sèches a entraîné une augmentation de la teneur en eau et de a_w, dues à l'absorption de la vapeur d'eau par les dattes (Barreveld, 1993). Cette augmentation est observée dans le troisième mode où seule l'hydratation a été appliquée, mais aussi dans le deuxième malgré l'application du séchage suite à l'hydratation

▪ **Qualité microbiologique** :

Sur le plan microbiologique, les différents modes de conditionnement ont entraîné, pour les dattes molles, une nette réduction de la flore contaminante, surtout les levures et les moisissures.

Dans le cas des dattes demi-sèches, on note également une diminution du nombre de levures et moisissures et des germes totaux pour les trois modes de conditionnement.

▪ **pH et teneur en sucres** :

Les différents modes de conditionnement n'ont pratiquement pas modifié le pH des différents lots de dattes. En effet, la comparaison des dattes molles naturelles aux dattes

molles conditionnées montre une augmentation de la teneur en sucres réducteurs. Dans le cas des dattes demi sèches, on note une augmentation du taux des sucres réducteurs pour le troisième mode.

▪ **Couleur :**

Pour les dattes molles, les valeurs de L et de b ont diminué pour les trois modes de conditionnement, quant au paramètre a, il est pratiquement stable. Cette modification de la couleur est due à des réactions de brunissement qui ont eu lieu au cours du séchage.

Dans le cas des dattes demi sèches, les paramètres L et b ont diminué pour le premier et le deuxième mode. Cette diminution est encore expliquée par les réactions de brunissement ayant lieu au cours du séchage et de l'hydratation. Alors que pour le troisième mode, on note une augmentation de L et une diminution de b. La première est due à l'effet de l'hydratation et du glucosage qui confèrent aux dattes une certaine brillance alors que la deuxième est due à des réactions de brunissement favorisées par la température d'hydratation (60°C).

❖ **Evolution de la qualité des dattes au cours du stockage :**

● **Evolution de la teneur en eau :**

A 2°C, les différents lots de dattes ont subi une déshydratation. Alors qu'à 15°C et à 25°C, la teneur en eau des dattes présente une évolution irrégulière au cours du temps.

L'absorption ou la perte de l'eau par les dattes au cours du stockage sont régies par un équilibre du système dattes – milieu environnant. Cet équilibre est conditionné par la température et l'hygrométrie du milieu de stockage. En effet, l'hygrométrie de l'air de stockage est plus basse que celle de la pulpe à 2°C alors qu'elle est fluctuante à 15°C et à température ambiante à cause de la fluctuation de la température.

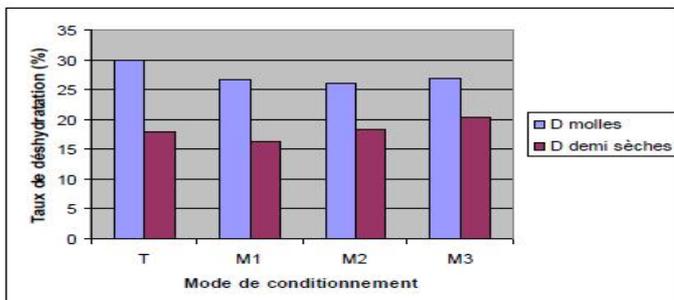


Figure 1 : Variation du taux de déshydratation des dattes molles et demi sèches en fonction du mode de conditionnement à 2°C

● **Evolution de la qualité microbiologique**

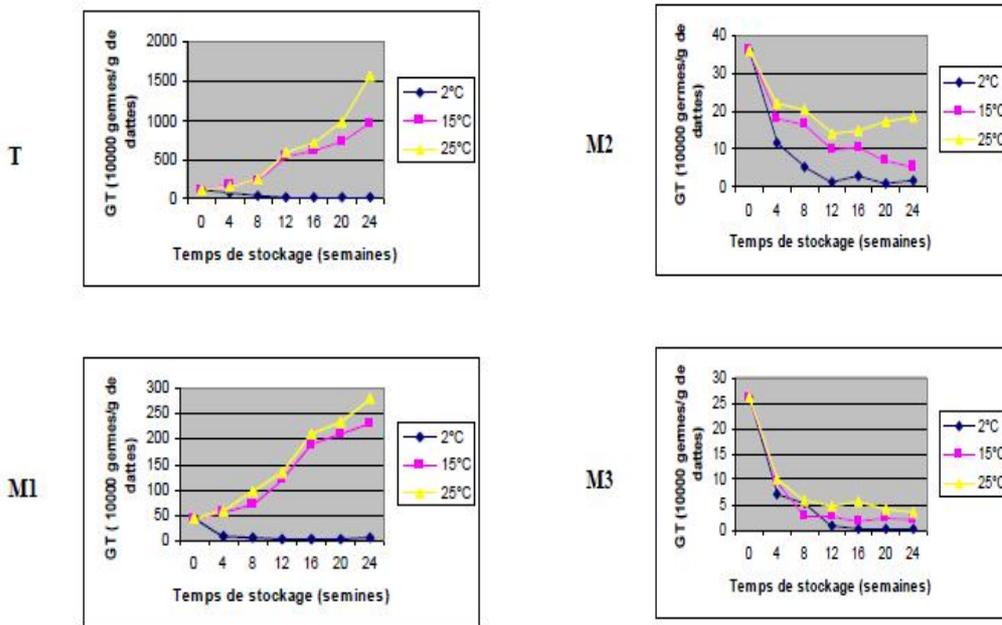


Figure 2 : Evolution du nombre de germes totaux au cours du stockage des dattes molles

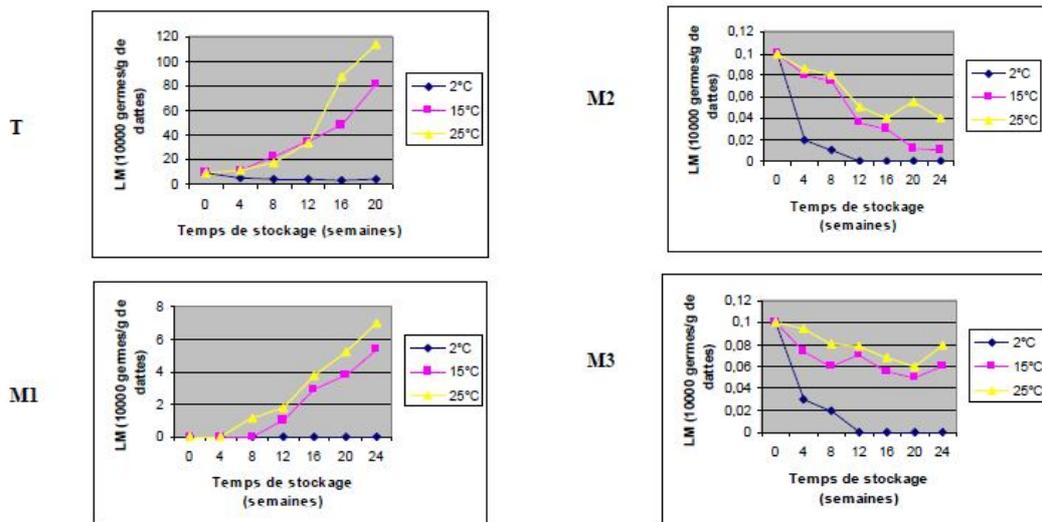


Figure 3 : Evolution du nombre de levures et moisissures au cours du stockage des dattes molles

Interprétation

Les figures 2 et 3 montrent que pour les dattes naturelles (molles et demi sèches) et conditionnées sans glucosage (mode1), le nombre de germes totaux a augmenté à 15°C et à température ambiante, alors qu'à 2°C, il a été nettement réduit. On note le même comportement pour les levures et les moisissures

Dans le cas des dattes molles, on remarque qu'en présence du glucosage (mode 2 et 3), le nombre de levures et des moisissures et celui des germes totaux ont diminué aux différentes températures. Cette diminution peut être attribuée à l'enrobage des dattes par le sirop de glucose qui les préserve contre l'altération microbienne.

Evolution du pH

On note qu'à 2°C, la diminution du pH est plus accentuée chez les dattes molles naturelles que chez les dattes molles conditionnées. Ceci peut être attribué à la teneur initiale en eau élevée des dattes naturelles favorisant les réactions d'altération de la qualité du fruit au cours du stockage. La chute du pH à 25°C est plus prononcée pour le premier mode de conditionnement que pour les deux autres dans le cas des dattes molles. Ceci peut être expliqué par le fait que le degré d'altération microbologique soit plus grand pour ce mode. De même, on note que le troisième mode de conditionnement présente une diminution du pH plus accentuée que celle des deux autres modes dans le cas des dattes demi sèches.

Evolution de la couleur

On remarque une chute des paramètres « L » et « b » pour les dattes naturelles et conditionnées, aux différentes températures. L'amplitude de cette chute est faible à 2°C et augmente à 15 et à 25°C. En effet les basses températures (2°C) ralentissent la vitesse des réactions de brunissement non enzymatique et inhibent le métabolisme de la polyphénoloxylase, l'enzyme responsable du brunissement enzymatique. Le mode de conditionnement influence significativement l'évolution de la couleur des dattes au cours du stockage.

Conclusion :

Le suivi de l'évolution de la qualité des dattes Deglet Nour au cours du stockage a permis de dégager les conclusions suivantes :

- Le degré d'altération de la qualité des dattes est largement influencé par la température du stockage. En effet, la température de réfrigération (2°C) a inhibé les métabolismes microbien et enzymatique et a donc permis de maintenir une bonne qualité des fruits.
- Par contre, les températures élevées, accompagnées d'une hygrométrie fluctuante de l'air de stockage, ont accéléré les processus de dégradation y compris la réaction d'inversion des sucres, le ramollissement de la pulpe, le brunissement de la couleur, le développement des microorganismes et la production d'acides.
- L'altération de la qualité des dattes est plus accentuée à 25°C qu'à 15°C.
- Le mode de conditionnement a un effet considérable sur la qualité des fruits. En fait, nos résultats ont montré que le séchage provoque l'assombrissement de la couleur et une modification indésirable de la saveur. En revanche, il diminue la disponibilité de l'eau aux processus d'altération et permet donc de préserver la qualité des fruits au cours du stockage.
- L'application du glucosage permet d'atténuer les phénomènes de brunissement et de dessiccation et d'améliorer la qualité microbologique des dattes.
- D'autre part, l'ordre d'application du glucosage dans le cas des dattes molles, n'avait pas affecté significativement l'évolution des différentes variables mesurées à l'exception de la perte en eau. En fait on a trouvé que le mode 2 présente un taux de déshydratation moins prononcé que celui du mode 3.

- Du côté des dattes demi sèches, le séchage seul (mode 1) et la combinaison du séchage et du glucosage (mode2) ont donné une évolution similaire de la couleur et de la teneur en sucres réducteurs. Par contre, le mode 2 a donné un taux de déshydratation plus élevé et une qualité microbiologique meilleure que ceux du mode 1.
- L'application du glucosage sans séchage dans le mode 3 n'a pas permis de maîtriser la qualité des fruits. La teneur en eau et l'aw initiales élevées pour ce mode ont été à l'origine de la dégradation accentuée de la qualité des dattes au cours du stockage.
- Enfin, on a constaté que le degré de maturité des dattes à la récolte influence l'évolution de la qualité des lots naturels au cours du stockage. En effet, les dattes demi sèches qui ont achevé leur maturité peuvent être mieux conservées que les dattes molles qui sont encore non mûres.
- Cette étude pourrait être complétée par le choix d'autres facteurs pouvant influencer la qualité des dattes. A titre d'exemple, on pourrait faire varier le brix de la solution d'enrobage ou bien essayer d'autres barèmes de séchage.

3. Production scientifique :

Mastère : Effet du mode de conditionnement et des conditions de conservation sur l'évolution de la qualité des dattes Deglet Nour au cours du stockage
Elaboré par : Baccouche Amira **Soutenu : Décembre 2008.**

4. Référence bibliographique :

- Kader A.A., Mitcham E.J., Crisosto C., 2007. Fruits et noix séchés. Recommandations pour maintenir la qualité après récolte. Postharvest technology research information center.
- Kanner J, Elmaleh H, Reuveni O, Ben Gera I, 1978. Invertase (β -fructofuranosidase) activity in three date cultivars. Journal of agricultural and food chemistry, vol. 26, Issue 5: 1238-1243.
- Karabournioti S., Zeravalaki P., 2001. Les effets du chauffage sur le HMF et l'invertase des miels. Apiacta, 36 (4) : 178-181.
- Kechaou N., Bagane M., Maalej M, kapseu C., 1996 Approche empirique de la cinétique du séchage des dattes. Sciences des aliments, volume 16, n°6 : 593-606.
- Kulkarni S.G., Vijayanand P., Aksha M., Reena P., Ramana K.V.R., 2008. Effect of dehydration on the quality and storage stability of immature dates (*Phoenix dactylifera*). Available on line at www.sciencedirect.com
- Lasram M., 1990. Les systèmes agricoles oasiens dans le sud de la Tunisie. Options méditerranéennes, Sér. A, n°11 : 21-27
- Laville E., 1994. La protection des fruits tropicaux après récolte. Technique et Documentation Lavoisier, Paris : 190 p.
- Marouf B.A., zeki L., 1982. Invertase from date fruits. Journal of agricultural and food chemistry, vol. 30, Issue 5: 990-993.
- Marshall M.R, Kim J., Wei C., 2000. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. F.A.O.

- Morton J., 1987. Date. *In* : Fruits of warm climates, Miami : pp. 5-11.
- Multon M., 1982. Les aliments à humidité intermédiaire. Colloque APRIA. Technique et Documentation Lavoisier, Paris : 77 p.

- Munier P., 1973. Le palmier-dattier. GP Maisonneuve et Larose, Paris, 217 p.
- Rhouma A, 1996. Le palmier dattier en Tunisie : un secteur en pleine expansion. Options méditerranéennes, Sér. A, n°28 : 85-104.
- Rhouma A., 1987. Les variétés de palmier dattier en Tunisie. Annales de l'institut national de la recherche agronomique de Tunisie. Numéro spécial, 44 p.
- Roux J.L., 1994. Conserver les aliments: Comparaison des méthodes et des technologies. Techniques et Documentation, Lavoisier. Paris, 705 p.
- Rygg G.L., 1975. Date development, handling and packing in the United States. Agriculture Handbook No. 482. US government printing office, Washington: 56p
- Shenasi M., Aidoo K.E., Candlish A.A.G., 2002. Microflora of date fruits and production of aflatoxins at various stages of maturation. International journal of food microbiology 79: 113-119.
- True L., Boettcher A., 1983. Growing and processing dates. The university of Arizona, publication 8330.
- Zare Z., Sohrabpour M., Fazeli T.Z., Kohan K.G., 2002. Evaluation of invertase (β -fructofuranosidase) activity in irradiated Mazafaty dates during storage. Radiation physics and chemistry. Volume 65, Issue 3

Optimisation de Procédés de Désinsectisation des Dattes par Micro-ondes

BESSI Haythem et MEJRI Slah

1. Problématique et objectifs de la recherche :

La datte représente l'une des principales ressources d'exportation pour des pays comme l'Irak, l'Iran, l'Algérie et la Tunisie. La Tunisie produit des variétés de qualité supérieure dont la plus connue est la "Deglet Nour". Sur les 170 mille tonnes dattes "Deglet Nour" produites en moyenne dans le monde, la Tunisie, en produit 50 mille tonnes. Ainsi, la présente étude a pour objectif d'optimiser les procédés de désinsectisation des dattes par micro-ondes dont atteindre 100 % mortalité des larves et préserver la qualité organoleptique des dattes .

2. Méthodologie :

Dans ce travail :

En premier lieu nous allons évaluer l'effet de 3 puissances

Spécifiques à différentes durées du traitement sur les oeufs et les larves adultes d'*Ectomyelois ceratoniae* afin d'obtenir 100% de mortalité.

En deuxième lieu, l'optimisation de la qualité du produit à l'aide d'un plan d'expérience (plan composite) dans un domaine d'étude correspond à 100% de mortalité de larves 5ème stade et la validation de l'optimum.

En dernier lieu, c'est l'identification de la levure spécifique à la datte et vérifier l'efficacité de l'optimum cherché au plan composite sur la levure identifiée.

➤ Equipement expérimental :

Les essais de traitement des dattes ont été effectués sur un pilote de micro-ondes de laboratoire permettant de travailler sur des petits échantillons et disposant de deux cavités interchangeables de type monomode progressif et stéréo mode de conception MES **MICROONDES ENERGIES SYSTEMES** (Figure 1).

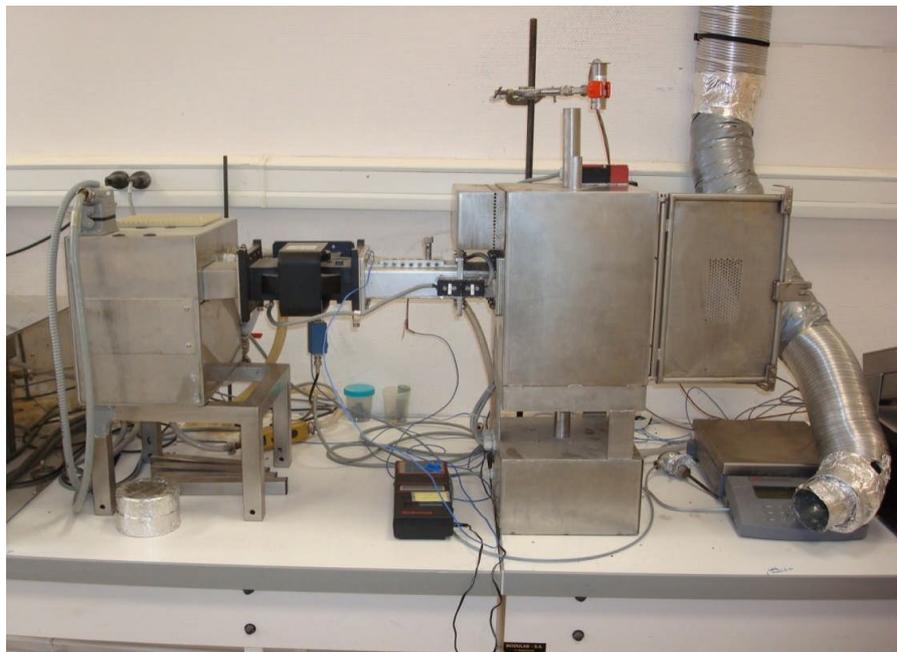


Figure 1: Vue d'ensemble du pilote de chauffage micro-onde

➤ **Matériel végétal**



Figure 2: Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal a été collecté dans les oasis de Nefzaoua du gouvernorat de Kébili. Les échantillons ont été récoltés à la fin de la campagne 2007-2008, au stade Tamar. On a utilisé environ 40 kilogrammes de dattes variété **Deglet Nour** qui ont été transportées au laboratoire d'essai à l'IPLB et stockées à 4°C avant qu'elles soient traitées.

➤ **Matériel entomologique**

• **Elevage individuel sur dattes**

La datte constitue un milieu de croissance très favorable pour le développement des larves d'*E.ceratoniae*. Chaque larve est élevée individuellement dans un tube à hémolyse contenant un fragment de datte pour y accomplir son développement. La température est fixée à 27 °C, l'humidité relative est de 70 % et la photopériode est de 16 heures de lumières et 8 heures d'obscurité.

• **Matériel utilisé**

Au niveau de notre étude, on a utilisé les oeufs fertiles dont la couleur vire au rose afin d'évaluer leurs mortalité après traitement. Concernant les larves, on a utilisé le dernier stade

larvaire 5ème stades, la larve qui contient moins d'eau et par conséquent le stade le plus résistant au traitement micro-ondes. Cette phase est obtenue après incubation des oeufs fertiles pendant 20 à 23 jours sous des conditions d'élevage optimales.

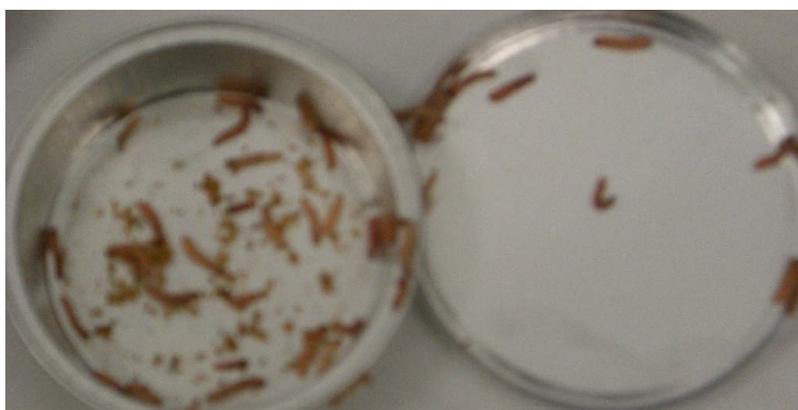


Figure 3: Souches 5ème stade d'*Ectomyelois ceratoniae*

- **Préparation des échantillons :**

Les étapes de préparations des échantillons se sont déroulées comme suit :

Bien trier du lot de datte en fonction de la qualité et de la teneur en eau des dattes.

Partager les dattes en 2 lots :

Lot1 : Dattes demi molles (Teneur en eau $\approx 26\%$)

Lot 2 : Dattes sèches (Teneur en eau $\leq 20\%$)

Chaque échantillon contient 20 pièces de dattes du lot 1 ,bien choisies, pesant 180 ± 2 grammes , placées dans une barquette sous forme de filets afin de faciliter la pénétration des ondes à l'intérieur du produit.

Disposer les 20 dattes du lot1 en monocouche, vu la différence entre la perte diélectrique des dattes de la couche supérieure à celle de la couche inférieure, et on aura de plus une hétérogénéité de chauffage entre les couches bien qu'elles soient de même teneur en eau.

- **Infestation in Vitro des dattes**

Infester artificiellement 20 pièces de dattes individuellement par des larves de 5ème Stade d'*Ectomyelois ceratoniae* (à l'intérieur de chaque datte, on fait introduire une larve de 5ème Stade).

Infester l'échantillon des dattes par 35 oeufs, placées au dessous des pièces dattes (en contact à la surface inférieure des dattes) .

- **Suivi de la qualité des dattes**

Préparer des échantillons de datte de bonne qualité, saine de toute contamination bactérienne et toute altération chimique anormales.

- **Traitement aux micro-ondes**

Après la préparation des échantillons de dattes, on procède aux traitements micro-ondes, selon le protocole suivant :

- ✓ Mettre la barquette contenant les dattes à l'intérieur de micro-ondes.
- ✓ Régler le barème (Puissance, Temps) relatif à chaque traitement.
- ✓ Fermer « la porte » de l'appareil micro-onde et commencer l'irradiation.
- ✓ Suivre à l'ordinateur l'évolution de la température à coeur des dattes où on a fixé 2 sondes fibres optiques, ainsi que l'évolution de la température à la surface de l'échantillon

3.Résultats obtenus

- **Etude de l'évolution de la température des dattes sèches et demi-molles au cours de traitement**

A l'échelle industrielle, on ne peut jamais avoir la destruction totale des larves pour des lots de dattes ayant des teneurs en eau différents, ce qui oblige l'utilisateur des micro-ondes à effectuer un triage des lots de dattes avant la désinsectisation.

Dans la suite du projet, on a utilisé seulement des dattes appartenant au lot1(dattes demi-molles) pour s'assurer de l'homogénéité de chauffage.

- **Analyses entomologique**

- **Détermination de la mortalité naturelle**

La mortalité naturelle est estimée à 16.19 %, étant donné que 88 oeufs sur 105 oeufs ont été éclos après incubation. Par contre la mortalité des larves est de l'ordre de 0%, vu que toutes les larves de 5ème stade incubées ont continué leurs cycle évolutif, en se transformant en nymphes au cours de l'incubation.

- **Détermination du Taux de mortalité d'E.C après Traitement micro-ondes**

- **Détermination du Taux de mortalité des oeufs d'E.C**

Concernant les puissances spécifique utilisés 1W/g ; 1.25W/g et 1.5W/g , on a obtenu 100 %

de mortalité dans oeufs d'E.C dans les conditions suivantes :

- 1W/g pour une durée de traitement micro-ondes 200 secondes ou 3 minutes et 20 secondes.
- 1.25W/g pour une durée de d'irradiation 153 secondes ou 2 minutes et 33 secondes.
- *1.5W/g pour une durée de traitement 131 secondes ou 2 minutes et 11 secondes.

- ✓ On conclut que les oeufs présente une résistance thermique considérable ,comparant à d'autres espèces d'insecte appartenant à la même famille (Pyralidea),or selon (Reynes,1994) la destruction des oeufs de pyrale de maïs est à 60°C. On peut conclure la rapidité du traitement micro-ondes pour la destruction des oeufs comparant à d'autres traitements thermique, le cas d'Air chaud.

- **Détermination du Taux de mortalité des Larves âgées d'E.C**

La destruction totale des larves âgées pour les 3 puissances 1W/g ; 1.25W/g et 1.5W/g est obtenu pour des durées de traitement respectivement 230 ; 165 et 140 secondes.

On remarque aussi la désinsectisation totale des dattes est obtenu entre 2 température plus ou

moins élevées, comprise entre 75 et 80°C, relatives aux 3 puissances spécifiques.

- ✓ Cette souche d'insecte présente une résistance thermique au traitement micro-ondes,

comparée à d'autres insectes c'est le cas de *Plodia interpunctella* (destruction à 65°C) qui appartient à la même famille que *Ectomyelois ceratoniae* (Johnson,2002),ceci est expliqué par la résistance de cet insecte au climat désertique des cultures palmiers dattiers

- **Objectif de détermination du taux de mortalité des larves âgées**

L'objectif de déterminer le taux de mortalité des insectes du 5ème stade larvaire, relatif à trois

puissances spécifiques, c'est d'avoir un plan d'étude (intervalle) correspond à 100% de mortalité de ce 5ème stade le plus résistant afin d'optimiser à l'aide d'un plan d'expérience les paramètres de qualité du produit à cet intervalle.

- **Evaluation de la qualité**

- **Caractérisation morphologique des dattes**

On constate qu'il y a une différence au niveau du poids , des dattes provenant de la région Kébili (9.05 g) à celle de Tozeur (10.17g), ce qui impose au utilisateur à changer le barème (puissance spécifique, temps) en fonction d'origine du lot de dattes à traiter par micro-ondes.

- **Caractérisation physico-chimique de dattes traitées par micro-ondes**

Teneur en Matière sèche :

On constate que le traitement micro-ondes influe d'une façon considérable, sur le taux de matière sèche du produit traité, ceci dû l'effet de séchage du traitement micro-ondes sur les produits alimentaires.

Détermination du HMF :

On remarque que pour tous les traitements effectués, l'absence de la molécule HMF(0mg/kg),qui est considéré comme un facteur de détérioration de qualité du produits par

changement de couleurs ou l'effet cancérigène .Ceci présente un point positif pour la technique micro-ondes comparant au chauffage conventionnel ou air chaud, or d'après (Murkovic et Pichler, 2006) , il a trouvé la molécule HMF dans des dattes séchées est estimé à1000 mg/kg.

- Le traitement micro-ondes n'a pas d'effet sur la dégradation des sucres réducteurs autrement pas de réaction de caramélisation, et par suite une avantage de plus pour cette technique.

- **Validation de l'optimum**

On a constaté que la validation de l'optimum a bien satisfait les conditions voulues :

- ✓ 100 % taux de mortalité du 5ème stade larvaire après traitement micro-ondes.
- ✓ Préservation des paramètres de couleurs L*, a* et b*.
- ✓ Une légère diminution de matière sèche et du pH comparant au matériel végétal.
- ✓ Une augmentation de Saccharose.
- ✓ Une dégradation du paramètre Texture de 55.33 à 34 mm qui engendre un durcissement.
- ✓ Absence de molécule HMF, qui présente un critère de qualité.

Conclusion :

Le couple (Puissance, Temps) : (1.12 W/g ; 203 secondes) de l'optimum répond aux exigences de l'industriel par une efficacité de destruction 100% de larves adultes et préserve la majorité de paramètres de qualité, sauf la texture du produit qui peut être résolu par un système de brouillard, qui peut éviter la perte en eau qui engendrera à son tour la cristallisation des sucres .

La présente étude a pour objectif d'optimiser les procédés de désinsectisation des dattes par

micro-ondes. Elle a permis de dégager les principaux résultats suivants :

- Le matériel végétal traité doit être à une humidité homogène, ce qui exige un triage du lot en fonction de l'humidité avant chaque traitement micro-ondes. Par suite la désinsectisation des dattes sèches ou demi-molles n'ont pas le même barème de traitement. En ce qui concerne les résultats de la partie entomologie dont la détermination des barèmes de désinsectisation totale des oeufs et des larves adultes d'*Ectomyelois ceratoniae* sont comme suit :
- ✓ La destruction totale des oeufs d'*E.ceratoniae* est atteinte lorsque les échantillons des

dattes sont irradiées par micro-ondes pour des durées de traitement 200 ; 153 et 131 secondes relatives aux puissances spécifiques respectivement 1W/g ; 1.25W/g et 1.5W/g.

- ✓ La 100 % de mortalité de larves âgées est obtenue, pour des durées de traitement respectivement 230 ; 165 et 140 secondes relatives aux puissances spécifiques respectivement 1W/g ; 1.25W/g et 1.5W/g .

A l'aide de la Galerie Candida Api, on a pu identifier une souche de levure spécifique aux dattes qui est ***Candida Tropicalis***.

L'évaluation de la qualité a été faite à l'aide d'un plan d'expérience (plan composite) qui a donné comme couple optimum (Puissance spécifique, Temps) : (1.12 W/g ; 202 secondes) et

à une Température est de l'ordre de ≈ 78.2365 °C.

La validation de cet optimum du plan composite et par comparaison au matériel végétal. (avant traitement) . Les micro-ondes ont permis de conclure comme suit :

- ✓ La désinsectisation totale des échantillons traités.
- ✓ L'application de l'optimum n'influe pas sur les paramètres de couleurs L* ; a* et b* .
- ✓ Une légère modification de pH, de 6.315 à 5.88.
- ✓ Une perte en eau due à l'effet de séchage des micro-ondes de 26.238 à 24.974%.
- ✓ Absence de molécule HMF
- ✓ Dégradation du paramètre texture de 55.33 à 34 mm. Il serait utile de créer un système de brouillard pour empêcher la perte en eau et ensuite la cristallisation du

sucré, responsable à l'aspect dur des dattes après traitement.

- ✓ Efficacité de ce traitement par la destruction de la levure *Candida Tropicalis*.

4. Production scientifique

Mastère : Optimisation de Procédés de Désinsectisation des Dattes par Microondes
Elaboré par : **Haithem BESSI Soutenu : Juillet 2008**

5. Bibliographie

1. **ABDERRAHMANE C., 1997** . Elevage de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller 1881) et effet des doses substérilisantes d'irradiation sur les nymphes et la compétitivité des adultes. Diplôme d'Etude Approfondies d'Ecologie Animale Faculté des Sciences de Tunis. 75p.
2. **ABDERRAHMANE C., DHOUBI MH., et MAHJOUB A., 2002** . Effet de l'irradiation sur certains paramètres éco physiologiques et sur la stérilité héritée des adultes de la pyrale des dattes irradiés à différentes doses de rayonnement gamma, Revue de l'I.N.A.T. Vol.17n°1.
3. **AHMED I.S.A ., 1995** . The composition and properties of date proteins. Food Chemistry (GBR),V .53 ,N°4.441-446p.
4. **Ait-Ameur, L., Trystram, G. et Birlouez-Aragon, I., 2006**. Accumulation of 5-Hydroxymethyl-2-furfural in cookies during the baking process: validation of an extraction method. *Food Chem.*, 98, 790-796p.
5. **AL-HAKKAK Z. S., 1983**. Toxical studies with a hole diet of phosphine fumigated dry dates in the fig moth *Ephesia cauteua* (Walker). J. Biological Sciences Research,14 (2) : 109 – 117. Biol. Res. Centr. Bagdad, Iraq.
6. **BALACHOWSKY A.S., 1951** . La lutte contre les insectes : Principes, Méthodes et Applications. Ed. Payot. Paris, 380p.
7. **BALACHOWSKY A.S., 1972** . Entomologie appliquée à l'agriculture Tome II : Lépidoptères. Ed. Payot. Paris. Vol. 2 : 1199-1205.
8. **BEN SALAH M., HELLALI R., 1990** . Evaluation des descripteurs phénopomologiques de palmier dattier . Institut des régions arides. Mednine, revue n°15, 81-95 p.
9. **BOND E.J., 1990** . La fumigation en tant que traitement insecticide, FAO, production végétale et production des plantes.372p.
10. **BOUABIDI H ., REYNES M., ROUISSI M. B., 1966** . Critères de caractérisation de quelques cultivars de palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera L.*) du sud tunisien. Ann. De l'INRAT, 69,73-87.
11. **BARREVEILD WH., 1993** . Date palm products, FAO Agricultural bulletin, 101.p 1-216.
12. **BARREIRO J. A., 1997** . Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. J. Food Engineer .,3, p 359-371.
13. **CANCE S., WIDDOWSON M. C., 1993** . Chemical composition of foods. Food research, 204, 144-152.
14. **CHIRIFE J., 1994** .Specific solute effects with special reference to Staphylococcus aureus. J. Food Engineering,22, 409-419.

15. **DELMOTTE M ., 1991** .variations of the dielectric properties of epoxy resins during microwave curing. Eur. Polym.J. Vol.27, N° 4/5, 371-376 p .
16. **DHOUBI MH., 1982** .Bioécologie d' *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptère : Pyralidae). Ann. INRAT , 55 (4) ; 48p.
17. **DHOUBI MH., 1989** .Biologie et écologie d' *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptère : Pyralidae) dans deux biotopes différents et recherche de méthodes alternatives de lutte. Doctorat d'état en Science Université de Pierre et Marie Curie, Paris VI : 198p.
18. **DHOUBI MH., 1991** .Les principaux ravageurs du palmier dattier et de la datte en Tunisie ;document Institut National Agronomique de Tunisie et Groupement interprofessionnel des fruits : 64p.
19. **DJERBI M., 1994** .Précis de phéniciculture, 108-109, FAO, Tunis.
20. **DOWSON V.H.W ., 1973** .Composition et maturation. Récolte et conditionnement des dattes. Collection FAO, cahier 72 :16 – 51.
21. **FAO , 1993** .Rapport de synthèse sur la filière de dattes en Tunisie.
22. **FAO , 2007** .Rapport de synthèse sur la filière de dattes en Tunisie.
23. **FAO / OMS ., 1996** .Résidus de pesticides dans les denrées alimentaires, programme mixte FAO / OMS sur les normes alimentaires, Commission du *codex alimentarius*.
24. **FATTAH ., M.T., 1927** .Chemical studies of dates. Date Grow. Inst. Rep. 4, 10-12p.
25. **GOTHILF S., 1969** .The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptère : Pyralidae) in Israel, II. Effect of food, temperature and humidity on development Isra. J. Entomol. IV : 107-116.
26. **GOTHILF S., 1970** . The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptère : Pyralidae) in Israel. III Phenology in various host. Isra. J. Entomol. V: 161-175.
27. **GIF ., 2007** .Groupement interprofessionnel des fruits, Rapport campagne de dattes 2007-2008.
28. **GIF ., 1999** .Groupement interprofessionnel des fruits, Rapport campagne de dattes 1998-1999.
29. **HALLMAN J et ZHANG H., 1997** .Inhibition of fruit fly. Development by Pulsed Electric Field. The Florida Entomologist. Vol. 80, n°2 , 239-248p.
30. **JERRAYA A., VINSON G., 1980** .Contribution à l'étude de l'entomofaune du pistachier. Observations biologiques et écologiques sur *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptère : Pyralidae) . Ann. De l'Institut. National. De la Recherche Agronomique. De Tunisie, 53(1) : 1-42p.
31. **KROH, L. W., (1994)** Caramelisation in food and beverages. *Food Chem.*, 51, 373-379.
32. **LAGUERRE J.C. TAUZIN V GRENIER E. ., 2000** . Hot air and microwave drying of onions : A comparative study. *Drying Technology*, 17 (7 & 8), 1471 – 1480.
33. **LEDL, F. (1987)** Analytik flüchtiger zuckerabbauprodukte. *Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem.*,41, 83-87.

34. **MAFART P ., 1991.** Les micro-ondes. In : Génie Industriel Alimentaire. Tome 1.Les procédés physiques de conservation.Technique et Documentation Lavoisier,Paris, 71-81p.
35. **MAIER VP., SCHILLER F.H., 1959 .** Progress of chemical studies of Deglet-Noor. Date Grow.Inst.Rep., 36, 8-10.
36. **MAILLARD, L. C., 1912.** Action des acides aminés sur les sucres : formation des mélanoidines par voie méthodique. *C. R. Acad. Sci.*, 154, 66-68.
37. **MUNIER P., 1973 .**La datte, in palmier dattier, Ed. Maisonneuve et Larose, Paris,France, 16.209, 141-151.
38. **NELSON S.O et LAWRENCE K.C ., 1992.** Sensing moisture content in dates by RF impedance measurements.Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 35.p591-596.
39. **REYNES M., BOUABIDI H., PIOMBO G et RUSTRUCCI, A. M ., 1994.** Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région du djérid en Tunisie. *Fruits*, 49(4), 289-298.
40. **RUSSEV, M. et KROH, L ., 1993 .** Zur nichtenzymatischen bräunung in dessertxeinmodellen. *Proceedings*, 322.
41. **RYGG G.L., 1975 .** Date Development, Handling and Packing in the United States. USS Dept. of Agr., Agr. Handbook Nb 482.
42. **RYGG G.L., 1948 .**Acidity in relation to quality in the date fruit. Date Grower's Institute,vol.25. p32.
43. **SHAFIK M. et HILMY A. L., 1939.** A mud brick oven for drying dates and controlling *Ephestia bufi*. *Soc. Fouad. 1. Ent .*, 22. 223-263p.
44. **THUERY J., 1989 .**Les micro-ondes et leurs effets sur la matière .Tec. Lavoisier. 292-325p.
45. **WANG S., BIRLA S.L , TANG J., 2005 .** Postharvest treatment to control codling moth in fresh apples using water assisted radio frequency heating. *Journal of postharvest biology and technology*. p89-96.
46. **WANG S., TANG J ., JOHNSON J.A ., 2002 .** Process protocols based on radio frequency energy to control field to control field and storage pests in in-shell walnuts. *Journal of postharvest biology and technology*.p265-273.

2. Evolution de la qualité des prunes (*Prunus salicina*)

MABROUK Hatem et MEJRI Slah

1 et 2 : Problématique et questions posées :

Les variétés de prunier japonais (*Prunus salicina*) ont été introduites en Tunisie depuis plus d'une vingtaine d'années. Aucune publication scientifique sur leur adaptation aux conditions climatiques locales n'a été produite. Les variétés les plus connues de cette espèce de prunier plantées en Tunisie sont Black Diamond, Fortune, Angeleno, Sun Gold et d'autres encore. Ces variétés ont en général une bonne aptitude à la conservation qui peut aller jusqu'à 3 à 4 mois en fonction de l'état de maturité du fruit au moment de son entreposage frigorifique. Ici encore, il n'y a pas d'information disponible sur le sujet.

Pour toutes ces raisons, il nous a paru indispensable de mener une action de recherche sur ce sujet. Le but étant de définir des normes de qualité pour les fruits ainsi que d'évaluer la durée de conservation maximale de ces variétés de prunier japonais.

3. Résultats obtenus:

Cette étude a permis de définir des normes de qualité requise pour 2 variétés de prunier japonais : Black Diamond et Fortune. Un taux de sucre de l'ordre de 15%, une acidité inférieure à 1% (exprimée en acide malique) résultant en un rapport sucre sur acide supérieure à 15 et enfin une fermeté du fruit entre 10 et 15 N sont des valeurs acceptables pour avoir un fruit de qualité après entreposage.

L'étude a également permis de modéliser l'évolution de la fermeté du fruit pendant sa conservation au froid sous des conditions typiques des entrepôts frigorifiques tunisiens. Le modèle a montré que les fruits de ces deux variétés perdaient environ 0.23 N de fermeté par jour de conservation. Partant de cela et connaissant la fermeté du fruit à son entrée à la chambre frigorifique, il est possible de prédire sa durée de conservation maximale.

4. Condition d'utilisation des résultats

Les variétés mentionnées.

5. Impact des résultats par rapport aux techniques connues

Amélioration de la durée de conservation des fruits

Amélioration de la qualité des fruits à la fin de l'entreposage frigorifique.

6. Destinataires potentiels de la FFR

Agriculteurs et industriels agroalimentaires.

7. Production scientifique

- Mabrouk H. and Mejri S. (2011) Monitoring fruit quality during ripening and cold storage of two Japanese plum varieties cultivated in Tunisia. Journal of Applied Horticulture, vol. 13, n°2, 115-118.

8. Mots clefs

Japanese plum, *Prunus salicina* L., maturity, fruit quality, cold storage, Tunisia.

Rapport Final d'un Projet de Recherche

PRF-IRESA

Thématique :

**Entreposage frigorifique des Fruits :
Contrôle de la qualité des fruits stockés
pendant une longue période.**

Partie 3

**Actions de recherche :
Traitements post récolte
et effet sur la qualité et les taux de
perte de fruits en cours de la
conservation frigorifique**

Traitements post-récolte de l'orange Maltaise : potentiel antimicrobien de six produits contre *Penicillium spp.*

FARHAT Imen et CHERIF Mohamed

Résumé :

De nombreux travaux menés au cours des deux dernières décennies ont démontré que des sels, utilisés en industries agro-alimentaires ou pharmaceutiques, ont un potentiel intéressant pour le contrôle des maladies végétales.

L'utilisation de sels s'avérant une approche intéressante pour lutter contre la pourriture bleue et verte en post récolte des oranges. Le but de ce travail est d'évaluer le potentiel antimicrobien de 6 sels à des concentrations différentes pour lutter contre la pourriture bleue et verte des oranges Maltaise demi sanguine en post récolte.

Appliqués sur les oranges, seuls le chlorure de calcium à 2 et à 4 % et le bicarbonate de potassium à 2%, ont permis de réduire la sévérité de la maladie de façon préventive.

Dans une moindre mesure, le Na_2CO_3 à 4% pourrait également s'avérer intéressant.

A côté de ces essais, un suivi de la campagne d'exportation des oranges Maltaise demi sanguine ainsi qu'une enquête auprès des agriculteurs ont montré l'importance de l'entretien des vergers d'agrumes et notamment l'importance de soigner l'opération de cueillette pour réduire au maximum les dégâts physiques qui sont à la tête des autres altérations de post récolte déclassant ainsi les fruits lors du dernier tri dans la chaîne de conditionnement des oranges et représentant des foyers et des sources d'infection des deux champignons étudiés.

Problématique et objectifs :

Lors d'une enquête réalisée auprès des stations de conditionnement des agrumes, avant d'entamer le travail, les entreposeurs ont avoué que suite à des essais non réussis pour conserver les oranges Maltaise, les citrons et le pamplemousse, ils se sont limités à la variété Valencia late dont le stockage est le plus réussi même si cette orange n'est pas aussi appréciée que les autres. Par ailleurs, la production de la clémentine, particulièrement appréciée par le consommateur tunisien, est absorbée par le marché local et n'est pas assez importante pour envisager son entreposage dans les frigos contrairement à l'orange Maltaise qui détient à elle seule près de la moitié de la production. Toutefois, la Maltaise est, dans certains cas, introduite au frigo pour une durée de 2 à 3 semaines et ce en attendant son exportation vers les marchés extérieurs notamment la France. Néanmoins, il a été prouvé lors de certains travaux de recherche que cette période peut être allongée et s'étendre jusqu'à deux mois sans que la qualité organoleptique du fruit ne soit altérée (Bacha, 2004).

L'objectif de ce travail est, donc, d'identifier les principales causes de développement des pourritures de post récolte qui réduisent la durée de conservation de la Maltaise et d'évaluer le potentiel antimicrobien de six sels dans la lutte contre *Penicillium spp.*

Méthodologie utilisée :

- ✓ Suivi de la campagne d'exportation des oranges Maltaise demi-sanguine dans quatre stations de conditionnement et ce afin de discerner les anomalies que

- présentent les fruits et qui entravent leur exportation dans les marchés européens et augmentent les chances d'attaque par les pénicilliums;
- ✓ Réalisation d'une enquête auprès des agriculteurs dont les fruits ont été diagnostiqués durant nos visites aux stations de conditionnement et ce pour pouvoir comparer les conclusions établies par la suite du calcul des pourcentages des anomalies mentionnées dans la fiche de suivi de la campagne d'exportation de l'orange Maltaise;
 - ✓ Evaluation de l'effet de solutions salines à différentes concentrations dans la lutte contre *P. digitatum* et *P. italicum* lors d'un essai de conservation d'oranges Maltaise demi-sanguine à l'air ambiant
 - ✓ Evaluation de l'effet de ces sels *in vivo* et *in vitro*.

Résultats obtenus :

Le suivi de la campagne d'exportation des oranges Maltaise demi-sanguine a permis le dénombrement des anomalies observées sur les fruits et dont les causes sont diverses et variables selon les conditions climatiques de la campagne, les zones de production, les traitements réalisés et les pratiques culturales.

Parmi les problèmes observés sur les fruits, certains ne déclassent pas les fruits lors de la dernière phase de tri de la chaîne de conditionnement tandis que d'autres déclassent les oranges mais leur présence n'affecte pas les fruits adjacents et d'autres peuvent affecter les fruits voisins pouvant ainsi générer de grands dégâts.

Ces anomalies sont principalement dues à des :

* Causes d'ordre physique :

Elles conditionnent un pourcentage élevé des écarts. Les multiples manipulations durant les cueillettes sont généralement à l'origine de ces anomalies.

✓ **Les blessures** : elles sont causées par les outils de travail, notamment les pinces employées pour la cueillette, les caisses de ramassage cassées ou trop remplies, les ongles mal coupés des cueilleurs, les chocs subits par les fruits lors du chargement et du transport ou bien aux aléas climatiques tel que la grêle ; ces blessures sont les principales causes de la prolifération de la pourriture bleue et verte.

✓ **Le pédoncule** : la présence du pédoncule est une caractéristique de qualité ; son absence constitue une anomalie et peut être à l'origine de la pénétration de champignons notamment *P. italicum*. Cependant, lorsque le pédoncule est long, il peut être une source de blessures des fruits avoisinants.

✓ **Les marbrures** : le vent est cité comme la principale cause des marbrures. En effet, le vent pourrait provoquer des frottements entre les fruits dès la nouaison sur les rameaux causant ainsi une subérification de la partie superficielle de la peau, les vents chargés de sable peuvent causer des dégâts semblables.

✓ **Les tâches d'oléocélose** : suite à des dommages physiques, sur fruits turgescents, les glandes oléifères, se rampent et libèrent les huiles essentielles qu'elles contiennent, à la surface du fruit ce qui cause la nécrose et la destruction des cellules épidermiques saines avoisinantes. La partie atteinte s'affaisse légèrement, arrête de se colorer et brunit plus tard. L'oléocélose est susceptible de se produire si le fruit a été récolté par temps froid et humide, ou dans des parcelles récemment irriguées ou ayant reçu des pluies).

✓ **Le petit calibre** : le diamètre des fruits est inférieur à celui demandé par les pays importateurs, il est dû à la forte charge des arbres qui se traduit par une compétition entre fruits empêchant leur calibre d'évoluer, surtout en cas d'insuffisance hydrique et d'une gestion technique non optimisée du verger.

* Causes d'ordre phytosanitaire :

Le manque d'observations soutenues au niveau du verger et de traitements phytosanitaires adéquats peut entraîner l'apparition de ravageurs ou de maladies qui causent des dégâts considérables sur les arbres et les fruits.

✓ **Les ravageurs**, les cochenilles (avec le pou de Californie), les acariens et la cératite forment le groupe des ennemis les plus dangereux pour les agrumes.

✓ **Les maladies**, celles dues aux champignons sont les plus fréquentes et se manifestent par des pourritures : on peut citer notamment la pourriture bleue due au *Penicillium italicum* et la pourriture verte due au *Penicillium digitatum*. Ces maladies de post-récolte peuvent engendrer des pertes considérables durant le stockage dans les stations de conditionnement et l'entreposage frigorifique puisqu'elles attaquent les fruits blessés d'où la nécessité de soigner les opérations de récolte.

Par ailleurs, la fumagine (*Capnodium citri*), un champignon externe au mycélium d'un noir charbonneux et recouvrant les organes attaqués d'un feutrage noir comme de la suie, se développe généralement sur les sécrétions sucrées des pucerons et des cochenilles. Ce champignon adhère fortement au fruit ce qui rend son élimination très difficile lors du lavage et le déclasse parfois lors de l'opération de triage.

Ces causes ainsi définies, et à la suite de mes observations sur les différentes avaries, il y a lieu de retenir ce qui suit :

L'oléocélose était le facteur le plus déclassant des fruits au niveau des chaînes de conditionnement de la Maltaise et sa présence pourrait également affecter la conservation de ces oranges.

De même, la grêle a causé d'innombrables dégâts à côté des blessures, et la chute des fruits ainsi que l'absence du pédoncule ont été étroitement corrélées.

Par ailleurs, le petit calibre des fruits a été, lors de cette campagne, un facteur limitant à l'exportation de nos oranges suite à la saison automnale qui a été plutôt sèche.

Néanmoins, le reste des anomalies ont eu pour origine le manque d'entretien des vergers d'agrumes (taille non effectuée par exemple) et de l'opération de récolte.

Dans le cas des pourritures qui étaient essentiellement dues aux deux espèces de *Penicillium*, le pourcentage d'attaque a atteint un maximum de 5 % lors de la troisième semaine. Néanmoins, les quatre stations de conditionnement, présentant des caractéristiques architecturales différentes, ont toutes des aires de travail fusionnées qui facilitent la dissémination des spores et leur transmission par les courants d'air contrairement au Maroc où l'aire du versement peut être isolée du reste des autres aires à l'aide d'une bâche de séparation ou l'aire d'emballage peut être séparée à l'aide d'un mur du reste des autres aires (Hamidi, 2006).

A la lumière des résultats précédemment présentées, il est crucial de songer à un meilleur encadrement des agriculteurs tout au long de l'année et notamment lors de la cueillette des oranges. En effet, la lutte contre les pourritures à *Penicillium* peut se faire indirectement avant la récolte en contrôlant les insectes qui peuvent occasionner des blessures permettant la pénétration de ces champignons ou leur servir de moyen de transmission (Brown et Eckert, 1988). De même, d'autres mesures, pour réduire les contaminations à la récolte, peuvent être pratiquées. Ces pratiques peuvent se traduire par la désinfection des caisses de ramassage (Fourtassi, 1998). Par ailleurs, Les spores de *P. digitatum* et de *P. italicum* sont présentes dans l'air et au niveau du sol dans les vergers (Eckert, 1990), donc la cueillette doit être faite avec beaucoup de soin afin d'éviter toute sorte de blessures qui peuvent constituer des sites d'infection pour les spores de *Penicillium spp.* (Tuset et al., 1981 cités par Loussert, 1989). Pour cela les cueilleurs doivent utiliser des pinces de cueillette spéciales. Ces outils permettent de récolter les fruits avec leur pédoncule qui doit

être coupé sans risque de blessures (Loussert, 1989). De surcroît, l'incidence de l'infection durant et après récolte peut être réduite en récoltant par temps sec et en éliminant les fruits chutés ou blessés (Fourtassi, 1998).

Le but de l'enquête étant d'avoir une idée sur le déroulement de l'opération de cueillette, nous avons demandé aux agriculteurs visités si les ouvriers de cueillette étaient occasionnels ou permanents ; et mis à part deux agriculteurs tous les autres emploient des ouvriers occasionnels. Néanmoins, la notion d'ouvriers occasionnels varie d'un agriculteur à un autre où certains embauchent les mêmes ouvriers chaque année et d'autres emploient des cueilleurs qu'ils trouvent dans un lieu de rencontre qu'ils appellent « mouguef ». Ces ouvriers sont rapides, ne manipulent ni les fruits ni les arbres avec délicatesse et veulent, généralement, être payés à la tâche. Toutefois, la rapidité de ces cueilleurs peut augmenter les écarts et les blessures, ce qui peut engendrer, par la suite, des pertes importantes qui dépassent de loin le gain en frais de récolte.

De surcroît, l'emploi de pince de cueillette est une notion lointaine dans nos orangers car les agriculteurs estiment qu'ils sont chers et qu'en plus leur emploi retarde l'ouvrier et préfèrent en occurrence les sécateurs de la taille qui causent beaucoup de blessures aux fruits.

A partir des réponses des agriculteurs, nous avons été confrontés à l'ignorance de ces derniers et avons pu comprendre le taux élevé de dégâts dans les stations de conditionnement. En effet, nos agriculteurs soucieux de tirer le maximum de profit se soucient peu du devenir de leurs fruits ou de leurs vergers par l'emploi de tant de mauvaises pratiques culturales et ne pensent qu'à liquider leurs oranges aux stations de conditionnement qui doivent après subir les conséquences. D'ailleurs, la plupart des caisses qui arrivent aux frigos, et surtout à la fin de la campagne, sont généralement garnies de beaux fruits à gros calibre mais le dessous laisse à désirer.

De ce fait, il est temps de se rendre compte que ces agriculteurs devraient subir un encadrement plus rigoureux par des vulgarisateurs qui se déplacent au champ au cours de l'année et pendant la cueillette qui suppose une main d'œuvre qualifiée et de multiples manipulations adéquates qui si elles sont mal exécutées, des dégâts considérables peuvent s'en suivre. En effet, toute blessure constitue un point de pénétration pour les champignons parasites dont les spores évolueraient dans l'atmosphère de la chambre et entraîneraient la pourriture des fruits. Par conséquent, la valeur de la récolte obtenue après beaucoup d'efforts pourrait être gravement compromise par une opération de cueillette mal exécutée, d'où l'importance capitale à donner à l'encadrement technique de cette opération pour valoriser au mieux la production (Fourtassi, 1998).

Concernant l'utilisation des sels pour contrôler le développement des pourritures, l'essai préventif a subi 3 répétitions pour avoir une idée sur l'effet du produit à différents stades de maturité des oranges et pour déterminer les périodes adéquates de stockage de la Maltaise de Tunisie.

D'après l'analyse statistique, nous avons constaté que le stade de maturation des fruits est hautement significatif au seuil de 1%. En effet, la moyenne de pourcentage d'attaque par le pénicillium augmentait avec le temps de cueillette des oranges passant de 1.90 % au premier essai à 7.7 % lors du second essai pour atteindre 10.32 % au dernier essai.

De même, l'évolution de la maladie au cours des semaines a été régit par le stade de maturation des fruits où nous avons remarqué que l'évolution du champignon dans le temps était plus lente au cours du premier essai par rapport au deuxième et au troisième essai.

En effet, on a constaté durant la première semaine du premier essai, le pourcentage d'apparition du pénicillium était de 1.025 % contre 1.59 % lors du deuxième essai et 4.61 % lors du troisième essai.

Au cours de la deuxième semaine, l'évolution du champignon durant le premier essai fut à

peine perceptible passant de 1.025 à 1.53 % soit une augmentation de 0.505 %, alors qu'elle est passée de 1.59 à 6.87 % pendant le deuxième essai et de 4.61 à 9.61 % au troisième essai ; soit une augmentation de 5.28 et de 5 % respectivement.

De là, on peut dire que la conservation des oranges pendant le mois de Février qui a déjà été prouvée intéressante pour la conservation de la qualité organoleptique de l'orange Maltaise demi sanguine (Bacha, 2004), serait également intéressante quant au développement des pourritures, surtout que la susceptibilité des agrumes aux pourritures augmente avec la maturité physiologique de ces derniers (Angioni *et al.*, 1998).

Concernant l'efficacité des sels, le K_2CO_3 2% a donné les meilleurs résultats, ce sel est suivi des deux traitements avec le $CaCl_2$ puis le $NaHCO_3$ 4% et le Na_2CO_3 4%.

A partir de ces résultats, on peut déduire que le K_2CO_3 2% représenterait une excellente alternative pour lutter contre les pourritures bleue et verte des oranges Maltaises.

Cette efficacité pourrait être renforcée si on utilise ce sel avant et après la récolte. En effet, appliqué sur les oranges Valencia late, le bicarbonate de potassium a montré de meilleurs résultats que quand il a été appliqué juste après la récolte (Rouissi, 2008).

Au cours de l'essai *in vivo*, nous avons essayé de déterminer le pouvoir de ces sels suite à une inoculation des oranges avec la pourriture verte. Ainsi, les résultats obtenus au bout d'une semaine d'incubation à 20°C ont révélé que le traitement chimique n'a pas permis le développement du *P. digitatum* ; alors qu'il a pu évoluer avec tous les autres traitements. Néanmoins, tous les sels hormis le $NaHCO_3$ 2% ont pu retarder l'élongation du mycélium par rapport au témoin à l'eau.

Dans le cas de l'essai *in vitro* sur *P. digitatum*, les résultats obtenus ont montré que le bicarbonate de sodium et le chlorure de Calcium à 4 % ont donné des résultats similaires au traitement chimique. Par ailleurs, tous les sels ont réduit le développement du mycélium par rapport au témoin à l'eau.

Dans le cas de *P. italicum*, le développement des colonies était plus prononcé par rapport à celui de *P. digitatum* même si les traitements inhibèrent la prolifération du champignon par rapport au témoin à l'eau. Toutefois, le K_2CO_3 2% a maintenu son efficacité.

Les résultats ainsi trouvés devraient être confirmés par d'autres essais essayant de déceler le mode d'action de chaque sel dans la lutte contre les pourritures de *Penicillium*.

Impact sur l'environnement et retombées économiques :

Les résultats de nombreux travaux utilisant divers composés antimicrobiens pour lutter contre les agents pathogènes des plantes suggèrent que les sels organiques et inorganiques peuvent constituer une alternative intéressante pour contrôler les maladies des fruits entreposés. De plus, la bio-compatibilité des sels, leur faible coût et le fait qu'ils possèdent un large spectre antimicrobien, les rendent intéressants en vue d'une utilisation pour lutter contre les maladies végétales. Ils sont, par ailleurs, simples d'utilisation et requièrent relativement peu d'exigence de la part des instances de réglementation en vue de leur acceptation comme agents antimicrobiens.

Ces sels peuvent être utilisés seuls (Smilanick *et al.*, 1999) associés à la lutte physique (Palou *et al.*, 2001b) ou même à la lutte biologique (Ippolito *et al.*, 2005).

Cependant, l'emploi excessif des sels pourrait augmenter le problème de salinité de la nappe phréatique notamment dans la région du Cap-Bon.

Bibliographie :

- **Bacha F., 2004.** Contribution à la maîtrise de l'entreposage des agrumes. Projet de fin d'études, Chott Mariem. Tunisie. 87p.
- **Brown G.E., et Eckert J.W., 1988.** Compendium of Citrus Diseases. American Phytopathological Society, St paul. USA, 65 pp.

- **Eckert J.W., 1990.** Impact of fungicide resistance on citrus fruit decay control. In: Green, M.B., LeBaron, H.M., Moberg, W.K. (Eds.). Managing Resistance to Agrochemicals. American Chemical Society Symposium Series 421, pp. 286–302.
- **Fourtassi, 1998.** Récolte des agrumes pour déverdissement et conditionnement et importance des écarts de triage.
- **Hamidi O., 2006.** Etude de sensibilité des isolats de *Penicillium digitatum* au thiabendazole et à l'imazalil utilisés en post-récolte des agrumes. Mémoire de Mastère, Agadir. Maroc. 138p.
- **Ippolito A., Schena L., Pentimone I., and Nigro F., 2005.** Control of postharvest rots of sweet cherries by pre- and postharvest applications of *Aureobasidium pullulans* in combination with calcium chloride or sodium bicarbonate. Postharvest biology and technology, 36(3): 245–252.
- **Loussert R., 1989.** Les agrumes Tome 2 : Productions Techniques Agricoles Méditerranéennes. Edition Scientifiques universitaires Beyrouth-Liban 157 p.
- **Palou L., Smilanick J.L., Crisosto C.H. and Mansour M., 2001a.** Effect of gaseous ozone exposure on the development of green and blue molds on cold stored citrus fruit. Plant disease, 85: 632-638.
- **Palou L., Smilanick J.L., Usall J. and Vinas I. 2001b.** Control of postharvest Blue and Green molds of Oranges by hot water, Sodium carbonate, and Sodium bicarbonate. Plant disease, 85: 371-376.
- **Smilanick J.L., Margosan D.A., Mlikota F., Usall J. and Michael I.F., 1999.** Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. Plant disease, 83: 139-145.

Risques phytosanitaires lors du conditionnement des agrumes et essais de lutte contre les pourritures à *Penicillium* sur "Valencia late"

KHLIJ Anis et CHERIF Mohamed

1. Résumé :

Malgré les développements technologiques au niveau du conditionnement et de la conservation les pertes dues aux maladies de post-récolte restent toujours considérables. Une étude de la population épiphytique, des champignons présents dans l'atmosphère et sur la surface des fruits de « Valencia late » des différentes stations de conditionnement, a révélé une variation de la densité et de la population du *Penicillium* spp. soit dans le compartiment du déchargement ou bien celui de l'emballage. Le *Penicillium* a été le genre le plus dominant avec une prévalence de *P. digitatum*. Sur fruits, dans 5 stations parmi 9, après conditionnement la suppression du *Penicillium* a été totale.

Des souches de *Penicillium* isolées de l'atmosphère et sur fruit, 14% ont montrées une résistance au Bénomyl et au Thiabendazole. En revanche aucun isolat n'a été résistant à l'Imazalil. *In vitro*, il s'est avéré que l'utilisation de l'eau chaude toute seule ou en présence des sels à 52°C, le pourcentage d'inhibition de la germination des conidies de *P. digitatum* et *P. italicum* est très élevé et arrive à 100% dans la majorité des traitements. Alors qu'*in vivo*, les solutions salines chaudes (Na_2CO_3 et CaCl_2) se sont montrées plus efficaces comme moyen curatif.

8. Problématique et objectifs :

La conservation des agrumes connaît beaucoup de problèmes à savoir la dépréciation de la qualité des agrumes par l'attaque de champignons, la déperdition de la qualité des fruits (teneur en jus), le changement de la qualité organoleptique, et raccourcissement de la durée de conservation. Comme objectifs de notre travail, et dans le but d'identifier les points critiques de contamination au cours des pratiques post-récolte des agrumes, et plus spécifiquement sur la chaîne de travail des stations de conditionnement, une enquête a été faite auprès des ces stations. Ensuite, on a essayé de faire deux types d'études ; une qui consiste à l'étude de la population dans l'air des spores de champignons dans les différents compartiments des stations, et l'autre qui s'intéresse à l'étude de la population épiphytique sur fruits d'agrumes tout au long de la chaîne de travail de conditionnement. *Penicillium* spp. étant le champignon qui cause plus que 80% des pertes en post-récolte, une étude plus approfondie sur les espèces appartenant à ce genre a été faite dans le but de voir leur croissance et l'efficacité des fongicides utilisés dans les entrepôts de conservation. Enfin, afin d'étudier des stratégies de lutte contre les pourritures à *Penicillium* des agrumes dans les stations de conditionnement et de conservation, des essais ont été faites *in vitro* et *in vivo* avec des traitements à base de sels, de solutions salines réchauffées, et avec trempage dans de l'eau chaude.

9. Méthodologie utilisée :

Une enquête auprès de 13 stations de conditionnement et/ou de stockage des agrumes, réparties entre les gouvernorats de Ben Arous et de Nabeul, a été menée dans le but d'étudier les pratiques de conditionnement et d'entreposage des oranges « Valencia late ».

Une étude de la population des champignons qui se trouvent dans l'atmosphère des stations visitées et de la microflore sur la surface des fruits a été faite sur la chaîne de travail de chaque station. D'autre part, un test de résistance à trois fongicides

(Thiabendazole, Bénomyl, et Imazalil) a été réalisé selon la méthode de Wang *et al.* (1986) sur 36 isolats de *Penicillium*.

Comme moyen de lutte contre la pourriture verte et bleue des agrumes, on a testé l'effet des sels (CaCl_2 , K_2CO_3 , et Na_2CO_3) et l'eau chaude (à une température de 52°C pendant 3 min), seuls ou en combinaison, en milieu contrôlé (*in vitro*) et *in vivo* par inoculation des fruits de Valencia late.

10. Résultats attendus :

Une meilleure aptitude à la conservation des fruits d'agrumes et réduction des pertes de produits dans les stations fruitières.

11. Résultats obtenus :

a. Acquis vulgarisables

Un grand nombre de micro-organismes pathogènes et saprophytes a été isolé à partir de l'atmosphère des différentes stations de conditionnement. Avec un pourcentage de 58%, le *Penicillium* spp. est le plus répandu. Cette charge provient essentiellement de l'inoculum présent sur la surface des fruits provenant des vergers, qui est probablement responsable de l'élévation de la densité du *Penicillium* spp. dans l'atmosphère (Spotts and Crevantes, 1986). L'étape déchargement constitue un point critique surtout si les fruits viennent entreposés pour plus qu'un jour, et qu'il y ai des blessures causés au cours de la cueillette ou le remorquage.

Considérant que, la source primaire de l'inoculum tout au long de ligne de travail est les fruits pourris qui restent abandonnés par terre ou dans des zones morts peu accessibles à des éventuels désinfections ordinaires, le niveau d'hygiène et de propreté de l'espace de travail se montre primordial pour avoir à la fin un produit de qualité. En effet, il ya une relation étroite entre la densité du pathogène et l'incidence de la maladie qui est considérée comme la clé pour comprendre et prédire les infections (Paulitz, 2000).

L'étude de la microflore sur la surface des fruits de la variété « Valencia late » dans les différentes stations de conditionnement, a révélé que *Cladosporium* est le plus fréquent suivi du *Penicillium* avec un pourcentage qui varie en fonction de l'étape de conditionnement. Seulement dans 5 stations parmi 9, la suppression du *Penicillium* après conditionnement a été totale; l'*Alternaria* dans 7/9 ; par contre, le *Cladosporium* a été supprimer dans une seule station, et le *Fusarium* dans 2 stations.

D'autre part, 14% des souches de *Penicillium* ont montré une résistance au Bénomyl et au Thiabendazole (tous les deux de la famille des benzimidazoles), par contre aucune forme de résistance à l'Imazalil n'a été observée. Les fongicides de la famille des Benzimidazoles sont des fongicides uni-sites. Contrairement aux fongicides multi-sites, ils possédant un seul site d'action, favorisent le développement de résistance.

Ce problème de résistance trouvé, nous incitent à mieux élaborer des stratégies contre ce phénomène. Les stratégies anti-résistances sont: la limitation des fongicides «à risque», parallèlement, il faut alterner les familles de fongicides ne présentant pas entre elles de résistance croisée positive. Les associations de matières actives sont également considérées comme des stratégies anti-résistance. Dans certains cas, des problèmes résident dans la résistance des champignons à certaines molécules chimiques traditionnellement utilisées. De ce fait, la lutte biologique devient de plus en plus favorisée en phytopathologie pour contrôler les maladies fongiques, en minimisant les impacts des produits chimiques sur l'environnement et sur la santé humaine.

b. Résultats intermédiaires nécessitant des recherches complémentaires

Comme autres moyens de lutte alternative contre les pourritures à *Penicillium*, nous avons testés les sels, les solutions salines chaudes et l'eau chaude. *In vitro*, il s'est avéré que l'eau chaude toute seule ou en présence des sels à 52°C, le pouvoir germinatif des conidies de *P. digitatum* et *P. italicum* est très faible voir même nulle dans la majorité des traitements. *In vivo*, les solutions salines chaudes (Na₂CO₃ et CaCl₂) se sont montrés plus efficaces comme moyen curatif en réduisant le diamètre des lésions dans le cas d'une infection récente des deux espèces de *Penicillium*, dans notre cas 24h mais qui peut être dans la pratique au moment de la récolte suite à des blessures.

Le trempage dans de l'eau chaude à 52°C a donné des résultats sur plusieurs variétés d'agrumes (Barkai-Golan et Phillips, 1991 ; Couey, 1989 ; Lurie, 1998). Par contre, les températures au-dessus de 54°C sont à éviter parce qu'ils provoquent la décoloration de la peau (Rodov *et al.*, 1995 ; Ben-yehoshua *et al.*, 2000 ; Lanza *et al.*, 2000).

12. Impact sur l'environnement et retombées économiques

Les sels organiques et inorganiques ont été largement utilisés dans l'industrie alimentaire pour la conservation des aliments. L'activité antimicrobienne des sels peut s'exercer à la fois via l'altération des conditions de croissance (pH, pression osmotique, potentiel d'oxydoréduction, etc.), et via des interactions moléculaires directes (formation de complexes avec des molécules biologiquement importantes par exemple) ou indirectes de leurs ions avec des composantes du microorganisme cible (obstruction de canaux membranaires par exemple). Ils demeurent des moyens de lutte alternative contre les pourritures sans aucun impact sur l'environnement et avec des bénéfices économiques considérables.

13. Difficultés rencontrées : RAS

14. Production scientifique : Thèse PFE, Mastère, Publication, Communication, Poster : En Cours.

15. Bibliographie :

- Barkai-Golan, R. and D.J. Phillips. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Dis.* 75:1085-1089.
- Ben-Yehoshua S, Peretz J, Rodov V, Nafussi B. 2000. Postharvest application of hot water treatment in citrus fruits: From laboratory to the packing-. *Acta Hort.*, 518: 19-28.
- Couey, H.M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience.* 24:198-201.
- Lanza GE, di Martino Aleppo, Strano MC, Reforgiato Recupero G. 2000. Evaluation of hot water treatments to control postharvest green mold in organic lemon fruit, pp. 1167-1168. In: *Proc. Intl. Soc. Citricult XI Congr.*, Orlando, 3-7 Loughheed EC, Murr DP, Berard L (1978). Low pressure storage for horticultural crops. *HortScience*, 13: 21-27.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharv. Biol. Technol.* 14:257-269.
- Paulitz, T. C. 2000. Population dynamics of biocontrol agents and pathogens in soils and rhizospheres. *Eur. J. Plant Pathol.* 106:401-413.
- Rodov, V., S. Ben-Yehoshua, R. Albagli and D.Q. Fang. 1995. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. *Postharv. Biol. Technol.* 5:119-127.
- Spotts, R.A. and Cervantes, L.A. 1986. Populations, pathogenicity, and benomyl resistance of *Botrytis* spp., *Penicillium* spp., and *Mucorpiriformis* in packing houses. *Plant Disease* 70: 106-108.

Rapport Final d'un Projet de Recherche

PRF-IRESA

Thématique :

**Entreposage frigorifique des Fruits :
Contrôle de la qualité des fruits stockés
pendant une longue période.**

Partie 3

**Actions de recherche :
Valorisation des écarts de triage
et des sous produits des
stations fruitières**

Optimisation d'un milieu de culture à base de sirop de dattes pour la production de biopesticides bactériens

EJEMNI Monia et MEJRI Slah

1. Problématique et Objectifs

En plus des nouvelles exigences des consommateurs et le durcissement des normes de qualité et de sécurité sanitaire des fruits, la diversification des méthodes de conservation de conditionnement et de transformation de ces produits ont conduit à une augmentation des taux de sous produits comme les écarts de triage et les fruits non-conformes en général. Ces masses de sou-produits constituent des manques à gagner important pour les professionnels qui sont obligés de trouver des débouchés ou des de nouvelles voies de valorisation permettant ainsi d'améliorer leurs revenus.

Pour la valorisation des sous produits des stations de conditionnement des dattes, dattes, nous avons opté pour une valorisation biotechnologique : la production d'une nouvelle bactérie du genre *Bacillus* ayant un effet biopesticide déjà vérifié. Dans ce travail de recherche appliquée, nous envisageons d'optimiser un milieu de culture pour la production de biopesticide bactérien à base de sirop de dattes qui serait moins coûteux et très convenable pour une production optimale de ce biopesticide qui permettrait de surmonter les limites et les contraintes liées à la lutte chimique.

Le choix d'un milieu de culture à base de sirop de datte a été dictée par la richesse de ce substrat en sucre et en sels minéraux, ce qui en fait un milieu tout indiqué pour la production de biomasse biopesticide à base de la souche de *Bacillus* active. Ce choix crucial permettrait de résoudre les problèmes de valorisation des variétés de dattes à intérêt commercial négligeable et des dattes provenant des écarts de triage. Afin d'optimiser ce milieu de culture par l'ajout de compléments et de nutriments nécessaires, nous avons utilisé la méthode des plans d'expérience pour déterminer la meilleure formulation du milieu de culture sur la base des paramètres standards d'évaluation des performances desc bioprocédés : les rendements, les productivités, les paramètre cinétique de la souche de *Bacillus*.

2. Protocole expérimental

2.1. Sélection et isolement des souches

La production de biopesticide à partir d'une bactérie du genre *Bacillus* nécessite l'isolement de souches efficaces contre certaines maladies de plantes. Dans notre étude, deux souches appartenant au genre *Bacillus* nous ont été gracieusement fournies par l'Institut de l'Olivier de Sfax.

2.2. Identification des souches

Les souches ont été identifiées en testant certaines caractéristiques générales telles que les caractères morphologiques sur milieu gélosé, la forme des cellules sous microscope, le type respiratoire, la capacité de sporulation, la résistance à certains antibiotiques et l'assimilation de certains sucres (Galerie API...).

2.3. Optimisation du milieu de culture

Pour la production des biopesticides microbiens, nous avons décidé de travailler sur un milieu de culture à base de sirop de dattes obtenus à partir des sous produits des unités de conditionnement des dattes (écarts de triage et dattes non commerciabes). L'optimisation d'un tel milieu necessite de déterminer la nature et les concentrations optimales des divers

nutriments qu'il va falloir apporter au sirop de dattes afin de le rendre propice pour une production optimale des bactéries.

2.4. Production de biopesticides en bioréacteur pilote de 5 litres

Le milieu optimisé grâce aux cultures de laboratoire en erlenmeyer a fait l'objet de quelques essais de production pilote de biomasse bactérienne dans un fermenteur de 5 litres. Au cours de ces essais de fermentation nous avons déterminé les paramètres cinétiques et suivi les performances de ce procédé biotechnologique (production, rendement, productivité).

La préculture est cultivée dans un erlenmeyer de 1 l contenant 200 ml de milieu optimisé dans un incubateur agitateur à 200 tours/minute et à 30°C pendant 12 h. La préculture est ensuite inoculée au bioréacteur contenant 2 l du milieu de culture à un taux de 10 %.

La fermentation a été effectuée dans un fermenteur de 5 l, type Labfors / Infors HT.



Figure 1: Fermenteur du laboratoire

Le milieu est stérilisé à 121°C pendant 30 minutes. Le pH a été ajusté avec HCl et NaOH avant inoculation. Les conditions de culture en batch sont les suivantes : 2l de volume, 30±0.2°C, 600 tours/minute et 2 VVM pour le taux d'aération. La concentration d'oxygène dissous a été maintenue à 50% de la saturation.

L'agent antimousse a été ajouté automatiquement quand il est nécessaire. L'échantillonnage a été effectué toutes les heures. Chaque échantillon a été filtré immédiatement et il a été stocké à -18°C pour les analyses ultérieures.

Dans notre travail, le glucose a été remplacé par le sirop de dattes qui est une source de sucres à faible coût. Le sirop de dattes est riche en calcium, en manganèse et en fer d'où on ne va pas les ajouter en milieu. Dans notre cas nous avons un milieu composé de facteurs de concentrations constantes (KH_2PO_4 2g/l, K_2HPO_4 1g/l, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5g/l) et de trois facteurs à varier:

- Concentration du sirop de dattes [10, 30g/l]

- Concentration d'extrait de levures [0, 5g/l]
- Concentration de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ [0, 3g/l]

La concentration de ces facteurs a été variée selon un plan composite centré comme le montre le tableau 1:

Tableau 1: Valeurs codés et expérimentales des facteurs

Variables codés	- α	-1	0	+1	+ α
Sirop de dattes X_S g/l	7,85	10	20	30	32,15
Extrait de levure X_{EL} g/l	0	0	2,5	5	5,53
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ X_N g/l	0	0	1,5	3	3,32

Avec $\alpha = 1,215$ pour trois facteurs dans un plan orthogonal

Résultats obtenues

2.1. Identification des souches isolées

L'analyse morphologique macroscopique et microscopique et les analyses biochimiques des souches isolées montrent leur appartenance à l'espèce de *Bacillus subtilis*.

2.2. Activité antifongique de deux souches de *Bacillus*

Nous avons testés les champignons phytopathogènes les plus répandus dans la nature tels que : *Penicillium italicum*, *Botrytis cineria*, *Alternaria alternaria*, *Aspergillus niger* et *Fusarium* (gracieusement fournie par le laboratoire de Phytopathologie de l'INAT) ont donné les résultats résumés en tableau 12:

Tableau 3: Taux d'inhibition des champignons par les deux souches de *Bacillus* en % (mm/mm)

Bactérie	SB1	SB2
Champignon		
<i>Aspergillus niger</i>	70	70
<i>Alternaria alternaria</i>	76	52
<i>Penicillium italicum</i>	75	50
<i>Botrytis cinéria</i>	50	50
<i>Fusarium</i>	62	60

D'après le tableau 3, les deux souches montrent des pourcentages d'inhibition pour ces différents champignons. Ces résultats nous permettraient de conclure que ces bactéries ont une activité antifongique importante. Ainsi, il est intéressant d'étudier la cinétique et les conditions de croissance de ces bactéries.

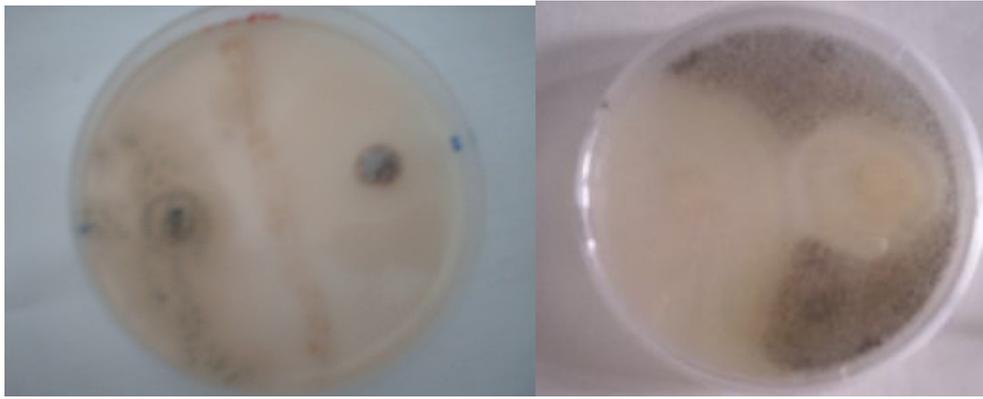


Figure 2: Activité des souches de *Bacillus* sur les champignons

3.3. Préparation du sirop de dattes

L'extraction de matières solubles de dattes dans l'eau a été opérée à chaud. Cette extraction a été poursuivie jusqu'à un brix de 28% car à partir de ce brix, il y a équilibre entre les sucres du sirop et ceux restant encore dans les dattes. Par conséquent, la continuation d'extraction sera une perte d'énergie et il n'y aura plus de rentabilité dans l'extraction.

Après filtration, le jus obtenu est concentré par ébullition jusqu'à un brix de 74%.

2.3. Analyse de la composition de sirop de dattes :

Avant d'utiliser le sirop de dattes comme une base pour la préparation d'un milieu de culture, il est indispensable de connaître sa composition en éléments nécessaires pour la croissance des bactéries (sucres, sels minéraux et protéines). L'analyse de la composition de sirop de dattes obtenu a donné les résultats résumés en tableau 4:

Tableau 4: Composition du sirop de dattes .

	Sirop de dattes analysées	Sirop de dattes molles (Anonyme1, 2004)	Dattes dénoyautés (Jraidi, 1989)
Brix	74%	76%	-
Sucres totaux	69,63 %	72,34%	78,41%
Saccharose	37,24%	3,14%	42,75%
Sucres invertis	32,39%	69,2%	33,4%
Glucose	16,70%	-	-
Fructose	15,69%	-	-
Protéines	2,5%	1,11%	2,78%
Matières sèches	74,431%	76,3%	88%
Cendre	2,417%	1,8%	2,15%

2.4. Optimisation des conditions de croissance des bactéries

L'optimisation des conditions de croissance de deux souches a donné les résultats suivantes :

- pH optimal est pH= 7
- Température optimale est 30°C
- Concentration optimale en glucose est 20g/l
- Concentration optimale en extrait de levure est 3g/l

Il reste à vérifier l'effet de l'interaction entre les différentes concentrations en sucre, en extrait de levure et en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (source d'azote).

2.5. Optimisation du milieu de culture au niveau du fermenteur

Les cultures au niveau fermenteur ont donné les résultats suivants :

Tableau 5: Les paramètres de fermentation

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
* μ_{\max} (h ⁻¹)	0,07	0,11	1,4	0,45	0,0	0	1,22	0,35	0,6	0,48	0,46	0	0,47	0,5	0,45
* P_{\max} (g/l/h)	0	0	1,15	0,43	0	0	0,92	0,43	0,67	0,6	0,45	0	0,59	0,52	0,41

* μ_{\max} : vitesse spécifique de croissance ; * P_{\max} : Productivité

L'analyse statistique a montré que la concentration de sirop de dattes et celle d'extrait de levure sont les deux facteurs les plus influents sur la plupart des réponses considérées. L'optimisation par le solveur nous a permis d'aboutir à des concentrations qui diminuent l'influence de ces deux facteurs.

Les concentrations optimales selon le solveur sont 30,59 g/l de sirop de dattes, 4,38 g/l d'extrait de levure et 11,51 g/l de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

2.6. Electrophorèse des protéines produites :

D'après l'agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de santé du Canada (2007), *Bacillus subtilis* produit une protéine antibiotique de 63 kilodaltons dont l'activité a été démontrée contre les bactéries Gram positif et les champignons, mais pour laquelle aucune toxicité chez les mammifères n'a été relevée.

Une électrophorèse sur un gel SDS page du produit de fermentation, montre une bande dont le poids moléculaire est situé entre 52 et 76 kilodalton. Le résultat confirme la présence de la bande de la protéine active de 63 kilodalton dans le produit de fermentation (figure 3):

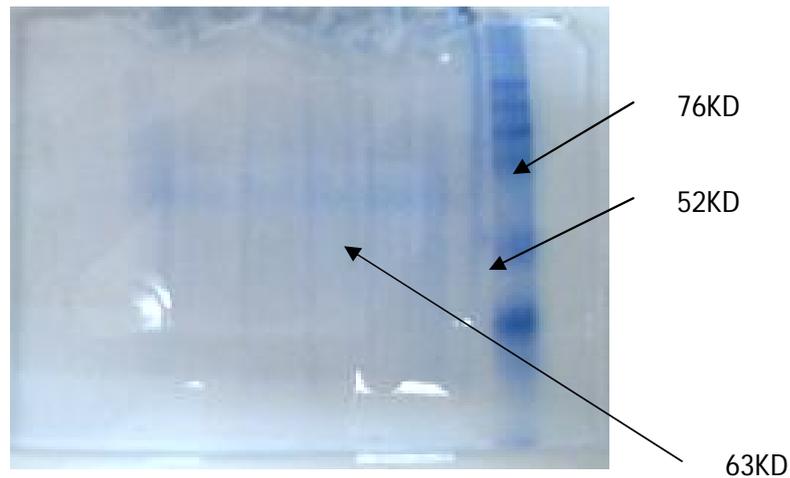


Figure 3: Figure d'un gel d'électrophorèse

2.7. Concentration minimale inhibitrice de surnageant pour les champignons

Un milieu de culture PDA a étéensemencé par un champignon *Aspergillus niger* à concentration de $5,15 \cdot 10^4$ UFC/ml par étalement. Puis, nous avons mis des disques contenant 50 μ l de produit de fermentation *Bacillus subtilis* ayant une concentration en protéine de 6,2mg /ml. Une inhibition par le produit de fermentation à partir de la concentration de 62 μ g/10 μ l de la croissance des champignons a été observée (figure 4):

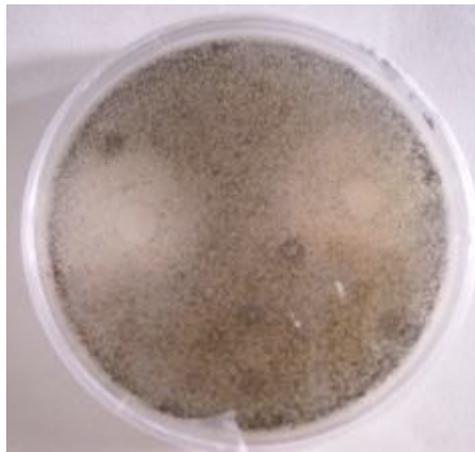


Figure 4: Inhibition par les métabolites de fermentation

3. Impact sur l'environnement

Ce projet a un double effet sur l'environnement :

- Valoriser des sous produits : la grande masse des écarts de triage de dattes perdu chaque campagne
- Produire des biopesticides « *Bacillus subtilis* » pour minimiser l'utilisation des insecticides chimiques néfastes pour l'environnement.

4. Production scientifique

- Jemni M., Maaroufi A. et Mejri S., 2009. Optimisation d'un milieu de culture à base de sirop de dattes pour la production d'un bio pesticide bactérien. Revue des Régions Arides- Numéro spécial- 24 (2/2010). Actes du 3^{ème} Meeting International « Aridoculture et Culture Oasiennes : Gestion et Valorisation des

Ressources et Applications Biotechnologiques dans les Agrosystèmes Arides et Sahariens » Jerba (Tunisie) 15-16-17/12/2009. Tome 1. 261 – 267.

- Jemni M., Maaroufi A. et Mejri S., 2009. Caractérisation et optimisation des conditions de croissance d'un biopesticide bactérien. Revue des Régions Arides- Numéro spécial- 24 (2/2010). Actes du 3^{ième} Meeting International « Aridoculture et Culture Oasiennes : Gestion et Valorisation des Ressources et Applications Biotechnologiques dans les Agrosystèmes Arides et Sahariens » Jerba (Tunisie) 15-16-17/12/2009. Tome 3. 1367 - 1370.

5. Bibliographie

- Abdelfattah C.A., 1995. Industrie de confiserie à partir des écarts de triage de dattes (documents en arabe). Journal de l'agriculture. N°50 : 34 - 37.
- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de santé Canada, 2007. *Bacillus subtilis* souche MBI 600. Valable sur internet :< URL: <http://www.pmr-arla.gc.ca/francais/pdf/prdd/prd2007-05-f.pdf>>
- Djerbi M., 1989. Récolte des dattes. p102 - 117. In. Précis de phéniculture. FAO, Tunisie.
- Environmental protection Agency, 1997. *Bacillus subtilis* final risk Assessment. Biotechnology proGram under Toxic substances control Act (TSCA). United States. Available from internet: :< URL: <http://www.epa.gov/oppt/biotech/pubs/fra/fra009.htm>>.
- Engasser J.M., 1993. Modélisation des procédés de fermentation, p.281 – 308. In. Scriban R. (coordinateur). Biotechnologie. Tec et Doc. Lavoisier, Paris.
- Espiard E., 2002. Introduction à la transformation industrielle des fruits. Edition Lavoisier. Tec et Doc, Paris. 39- 155.
- Euzéby J.P., 2003. [en ligne]. Nutrition et croissance des bactéries (procaryotes). Abrégé de bactériologie générale et médicale. Valable sur Internet :<URL: <http://www.bacterio.cict.fr.htm>>.
- Fretaul M., 1988. La lutte biologique. INRA Versailles PV 40-01.88. Paris.
- Guiraud J.P., 1998. Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris : 94 – 305.
- Guiraud J.P., 2003. Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris : 13 – 65.
- Goupy J., 2006. les plans d'expériences. Revue Modulad, n°34. 74-116. valable sur Internet:<URL: <http://www-rocq.inria.fr/axis/modulad/archives/numero-34/Goupy-34.pdf>>.
- Gomez I., Pardo-Lopez L., Munoz-Garay L., Fernandez L.E., Perez C.V., Sanchez J., Soberon M. and Bravo A., 2007. Role of receptor interaction in the mode of action of insecticidal cry and cytotoxins produced by *Bacillus thuringiensis*. Peptides. 28 (1): 169 – 173.
- Ghribi D., Zouari N., Trabelsi H. and Jaoua S., 2007. Improvement of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin production by overcome of carbon catabolite repression through adequate control of aeration. Enzyme and microbial technology. 40 (4) : 614 – 622.
- Guez J.S., Chenikher S., Cassar J.Ph. and Jacques P., 2007. Setting up and modeling of over flowing fed- batch cultures of *Bacillus subtilis* for the production and continuous removal of lipopeptides. Journal of biotechnology. 131 (1): 67- 75.
- Harley J-P. and Prescott LM., 1996. Laboratory exercises in microbiology. 3rd edition. WCB/MG Graw Hill. 484 pp.
- Jraïdi Z., 1989. Principaux constituants et valeur énergétique des de dattes. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. 62. Note de recherche n°2. INRAT. 4-9.

- Konsoula Z. and Liakopoulo-Kyriakides M., 2007. Coproduction of α -amylase and β -galactosidase by *Bacillus subtilis* in complex organic substrates. *Bioresource technology*. 98 (1): 150 – 157.
- Leveau J.Y. et Bouix M., 1993. Bioingénierie, p. 211- 235. In. Scriban R. (coordinateur). *Biotechnologie*. Tec et Doc. Lavoisier, Paris.
- Ling Lin F., Rong X., Wei Fen L., Jiang Bing S., Ping L. and Chun Xia H., 2007. Protein secretion pathways in *Bacillus subtilis*: Implication for optimization of heterologous protein secretion. *Biotechnology Advances*. 25 (1) : 1 – 12.
- Marchal N., Bourdon J.L. et Richard Cl., 1991. Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. 4^{ième} ed. Doin éditeurs, Paris : 487p.
- Mahjoub A. et Jraïdi Z, 1992. Elaboration d'une boisson gazeuse et d'une confiture aromatisée à partir de deux variétés de dattes. *Revue de l'INAT*. 7, (2). 35 – 43.
- Mohamed Ibrahim A. et Khlif M.N.H., 1997. Le palmier dattier : culture, surveillance et production dans les pays arabe (document en arabe). Elmaaref Alexandrie : 625-658.
- NFV 05- 113, 1972. Minéralisation des matières organiques par incinération. Produits dérivés des fruits et légumes. 2^{ième} ed. Lavoisier Tec et Doc. Paris : 97 – 100.
- NFV 05- 105, 1974. Détermination du résidu sec total. Produits dérivés des fruits et légumes. 2^{ième} ed. Lavoisier Tec et Doc. Paris : 65 – 70.

- NFV 08- 010 : 1996. Règles générales pour la préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique. *Microbiologie des aliments*. Norme française : 67 -75.
- NF ISO 7218 : 1996. Règles générales pour les examens microbiologie des aliments. Norme Française : 11 -63.
- Nicklin J., Graeme- Cook K., Paget T. et Killilgton R., 2000. L'essentiel en microbiologie. Berti ed : 81-86.
- Priest F.G., Goodfellow M., Shut L.A. and Berkeley R.C.W., 1987. *Bacillus amyloliquefaciens* sp. *International Journal Systematic Bacteriol*, 37 : 66-71.
- Pol D., 1996. Travaux pratiques de biologie des levures. Guide de laboratoire. Ellipse, Paris : 38 -39.
- Pharmacopée européenne, 2001.3^{ième} ed. publiée selon la convention relative à l'élaboration d'une pharmacopée européenne (série des traités européens, n°50). conseil de l'Europe, France. 1770pp.
- Prescott L.M., Harley J.P. et Klein D.A., 2003. *Microbiologie*. 5^{ième} ed. Bruxelles : Boeck université. p 96 - 134.
- Perry J.J., Staley J.P. et Lory S., 2004. *Microbiologie cours et questions de révision*. Dunod, Paris : 103 – 165.
- Rao Y.K., Tsay K.J., Wu W.S. and Tzeng Y.M., 2007. Medium optimisation of carbon and nitrogen sources for the production of spores from *Bacillus amyloliquefaciens* B 128 using response surface methodology. *Process Biochemistry*. 42 (4): 535- 541.
- Senez J.C., 1968. *Microbiologie générale*. Doin. Deren et Cie, Paris : 206.
- Sneath P.A., Mair N.S., Sharpe M.E. and Holt J.G., 1986. *Berguey's manuel of systematic bacteriology*. Vol 2. Williams et Wilkins, Paris, 1104 – 1139.
- Sanchis V., Chaufaux J. et Lereclus D., 1995. Utilisation de *Bacillus thuringiensis* en protection des cultures et résistance des insectes. *Cahiers Agricultures* ; 4 : 405 – 416.

- Sadfi N., Cherif M., Fliss I., Boudabbous A. and Antoun H., 2001. Evaluation of bacterial isolates from salty soils and *Bacillus thuringiensis* strains for the biocontrol of fusarium dry rot of potato tubers. *Journal of pathology*. 83 (2) : 101 - 118.
- Vézina L. et Lacroix M., 2005. Diagnostic de la brûlure bactérienne causée par *Erwinia amylovora* : utilisation des galeries API 20E. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation Québec. Document de l'Internet :<URL : [http://www.agrireseau.qc.ca/lab/documents/ API202005- 10-28.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/lab/documents/API202005-10-28.pdf)>.
- XPV 08-102, 1998. Règles générales pour le comptage des colonies et pour l'expression des résultats. Cas des dénombrements sur milieu solide. *Microbiologie des aliments. Normalisation française* : 401- 438.
- Yun-Ping Zhu, Li-Jun Ying, Yong-Qiang Cheng, Kohji Yamaki, Yutaka Mori, Yi-Cheng Su and Li-Te Li, 2008. Effects of sources of carbon and nitrogen on production of α -glucosidase inhibitor by a newly isolated strain of *Bacillus subtilis* B2. *Food Chemistry* 109: 737 - 742.
- Zhou J.W., Chang Y.F., Xu Z.H., Yu Z.N. and Chen S.W., 2007. Production of thuringiensin by fed-batch culture of *Bacillus thuringiensis*. Subsp. darmstadiensis 032 with an improved pH-control glucose feeding strategy. *Process Biochemistry*. 42 (1) : 52 – 56.

OPTIMISATION D'UN NOUVEAU MILIEU DE CULTURE A BASE DE SOUS PRODUITS DE DATTES POUR LA PRODUCTION DE SOUCHE PROBIOTIQUE « *Bifidobacterium longum* »

DHOUBI Imène et MEJRI Slah

1 .Problématique et objectifs

L'intérêt actuel accordé à la promotion de certains produits alimentaires à effets santé partout dans le monde et les progrès considérables de la connaissance de la microflore intestinale ont donné, au cours de ces dernières années, une véritable impulsion au secteur des aliments contenant des probiotiques « supplément alimentaire microbien vivant qui affecte de façon bénéfique la santé l'hôte en améliorant l'équilibre de sa flore intestinale ». Les microorganismes probiotiques sélectionnés en alimentation humaine sont représentés essentiellement par les bactéries lactiques, particulièrement celles appartenant au genre *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*. De nombreuses études ont confirmé leurs nombreuses incidences positives sur la santé des consommateurs et leur bien être.

La production de préparations probiotiques se base sur un bioprocédé utilisant des milieux de culture complexes et coûteux. Le sirop de dattes, riches en glucides simples et en minéraux, obtenu à partir des sous produits des stations de conditionnement et de conservation des dattes, peut-il constituer un milieu de remplacement à la fois performant et bon marché ?

L'objectif de cette étude est dans son titre : « optimisation d'un nouveau milieu de culture à base de sous produits de dattes pour la production de souches probiotiques "*Bifidobacterium longum* " ».

2. Questions posées

L'utilisation des écarts de triage des dattes est-elle convenable comme substrat de base d'un milieu pour la production de probiotiques ?

Comment améliorer la formulation d'un milieu de culture à base de sirop de dattes pour que le bioprocédé ait des indicateurs de performances optimales ?

3. Méthodologie utilisée :

Pour la réalisation de cette étude, nous avons adopté le cheminement suivant :

- Isoler et identifier des souches candidates à une utilisation probiotique (bifidobactéries,...) à partir des échantillons fécaux de petits enfants.
- Formuler et optimiser un milieu de culture à base **des écarts de triage de dattes** pour la production en masse de ces bactéries probiotiques dans un fermenteur de laboratoire.
- Etudier les cinétiques de la production en biomasse de la souche de *B. longum*.

4. Résultats obtenus

1. Isolement de souches de bifidobactéries à potentiel probiotique

L'identification préliminaire par l'aspect morphologique a montré que les souches de Bifidobactéries isolées forment de petites colonies, catalase et oxydase négatives. Ce qui vérifie qu'elles sont des bactéries anaérobies strictes. Ces bactéries sont gram (+), de formes bifides ce qui est conforme aux conclusions de nombreux auteurs (Scardovi, 1986 ; Beerens 1990 ; Smart et al, 1993). Selon Gavini et al.,(1990) , les souches de bifidobactéries sont nitrates et réductases négatives , ne forment pas d'indole, ne possèdent pas une activité uréasique. Ce qui est en corrélation avec nos souches isolées.

L'identification secondaire par le profil de fermentation des sucres nous a conduit à répartir les bifidobacteries isolées de la matière fécale de bébé en deux espèces différentes : *B. longum* et *B. breve*. Ces résultats sont en accord avec ceux de Ballongne (1993) qui indique que *B. longum*, *B. breve* et *B. infantis* représentent les espèces majeurs de bifidobacteries constituant la flore fécale d'un bébé sain et allaité au sein.

Tableau 1 : Comparaison et récapitulation des principales caractéristiques des souches de *Lactobacillus acidophilus*, de *B. breve* et de *B. longum* isolées

Caractéristiques	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>B. breve</i>	<i>B. longum</i>
Morphologie de la colonie	Petites colonies, blanches à crèmes, semi- bombées	Petites colonies, blanches à crèmes, bombées	Petites colonies, blanches à crèmes, bombées
Morphologie de la cellule	Bacilles réguliers	Bacilles irréguliers	Bacilles irréguliers
Formation de spores	-	-	-
Catalase	-	-	-
Oxydase	-	-	-
NH ₃ à partir de l'arginine	-	-	-
Liquéfaction de la gélatine	-	-	-
Production de l'indole	-	-	-
Production de gaz à partir de glucose	-	-	-
Arabinose	-	-	+
Cellobiose	-	±	-
Fructose	-	+	+
Galactose	+	+	+
Glucose	+	+	+
Maltose	+	-	+
Lactose	+	+	+
Inuline	-	-	-
Mannose	-	+	+
Melézitose	-	-	+
Melibiose	-	+	+
Raffinose	+	+	+
D-Ribose	-	+	+
Sorbitol	-	-	-
Salicine	-	+	-
Trehalose	+	±	-
Xylose	-	+	+

2. L'évaluation de l'aptitude du sirop de dattes à constituer un milieu de culture favorable à la production de biomasse de bifidobactéries.

2.1. Analyses physicochimiques de la composition de sirop de dattes

Tableau 2: Composition du sirop de dattes préparé

Composés	Teneur en %
Teneur en eau	25,48 %
Matière sèche totale	74,53 %
Cendres	2,41 %
Sucres réducteurs	32,39 %
Protéines	1,2 %
Saccharose	37,24 %
Fructose	15,69 %
Glucose	16,7 %

On peut ainsi conclure que le sirop de dattes est un concentré riche en sucres. Ces derniers représentent à peu près les trois quarts de la composition globale de datte dont une grande partie est constituée de saccharose qui peut être inversé en glucose et fructose et une autre partie (27%) de sucres réducteurs (fructose et glucose). Ce sirop représente donc une bonne source de carbone pour les microorganismes à intérêt industriel mais à condition d'être complété avec une source d'azote.

2.2. Culture en batch de *B. longum* dans le milieu MRS (milieu synthétique)

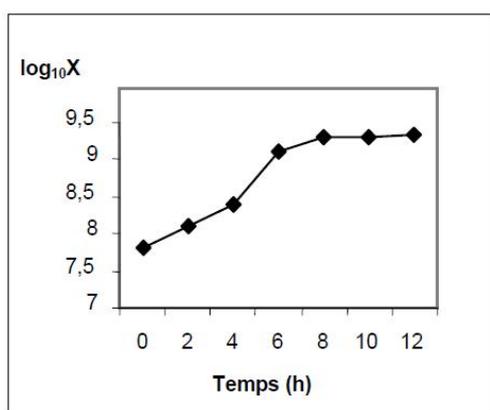


Figure 1 : Cinétique de croissance acétate et de *B. longum* dans MRS glucose dans MRS

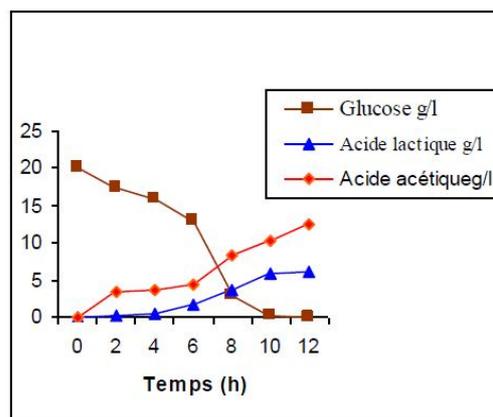


Figure 2 : production du lactate, consommation de glucose dans MRS

Le milieu MRS est un milieu synthétique complexe (Man et al, 1960), qui est le plus fréquemment utilisé pour la culture des souches exigeantes, surtout les lactobacilles, et les bifidobactéries. Ce milieu est assez pauvre en sucre (2% poids/poids) et en plus il est coûteux, ainsi nous avons pensé à chercher un milieu moins coûteux et qui pourrait nous garantir une croissance de *bifidobacterium*..

2.3. Culture en batch de *B. longum* sur le sirop de dattes

Vu sa richesse en sucre et en éléments minéraux, nous avons essayé d'utiliser le sirop de dattes supplémenté avec deux sources d'azote (le tryptone et l'extrait de levure) comme un milieu de culture pour les bifidobactéries.

Tableau 3 : Récapitulation des principales caractéristiques spécifiques

de souche de *B. longum* au cours des essais de fermentations

	Biomasse maximale UFC×10 ⁸	Temps de dédoublement (h)	Production maximale d'acide lactique (g /l)	Production maximale d'acide acétique (g /l)	Acide acétique/acide lactique	Rendement biomasse/sucres totaux 10 ⁷ UFC /g sucres totaux
MRS	32	0,5	7,4	10,2	1.37	44
Sirop de datte						
Essai 1	7,07	2, 31	1,79	2,33	1,3	3,1
Essai 2	5,75	5,77	0,5	0,62	1,24	1, 3
Essai 3	1,34	9,9	0, 3	0, 36	1,2	0,38
Essai 4	1,75	23,1	0,19	0,22	1,2	0,13
Essai 5	9,8	2,03	3,6	4,78	1,3	4,68
Essai 6	0	0	0	-	-	-
Essai 7	7,2	2,77	1,27	1,66	1,3	2,83
Essai 8	4,02	7,7	0,4	0,48	1,2	0,87
Essai 9	6,76	4, 33	1,21	1,5	1,24	1,67

D'après les résultats trouvés, on a remarqué que les caractéristiques spécifiques de croissance de *B. longum* (μ_{\max} , temps de dédoublement, productions d'acide lactique et acétique et rendement de biomasse par rapport aux sucres totaux) sur le milieu à base de sirop de dattes s'écartent de celles observées sur le milieu synthétique (MRS). Cette différence est expliquée par la composition un peu complexe du milieu au sirop par rapport au MRS, puisque il contient le saccharose, le fructose et en plus le glucose.

2.3.1. L'optimisation d'un milieu de culture à base de dattes pour la multiplication d'une souche de *B. longum*.

L'application du plan d'expérience pour l'optimisation du milieu du culture a permis d'étudier l'influence de variation de concentration de sirop de dattes, la concentration du tryptone et celle de l'extrait de levures, dans le milieu de culture, sur la vitesse spécifique de croissance maximale de *B. longum*. En fait, une augmentation de concentration de milieu en tryptone et en extrait de levure améliore la vitesse spécifique maximale de croissance des bactéries *B. longum* tandis que les concentrations élevées en sirop influence négativement sur cette vitesse. L'étude expérimentale via un plan d'expérience factoriel complet à trois facteurs de la fermentation de *B. longum* sur un milieu à base de dattes nous a révélé qu'une concentration optimale de milieu de culture représenté comme suit :

- * **[Sirop de datte]= 30 g/l ;**
- * **[Tryptone] = 20 g/l ;**
- * **[Extrait de levures] = 10 g/l ;**
- * **[K₂HPO₄] =2 g/l,**
- * **[MgSO₄, 7H₂O] =0, 2 g/l**
- * **[MnSO₄, 4 H₂O] = 0,05g/l),**

À une température de 37°C et à un pH= 6,5, contribue comme indiqué au tableau 4, aux valeurs maximales de biomasse, de vitesse spécifique maximale de croissance, de production d'acide lactique et acétique et du rendement biomasse / substrat.

Tableau 4 : Caractéristiques spécifiques optimales de croissance *B. longum* sur le sirop de dattes

<i>B. longum</i>	
μ_{max}	0.34 h ⁻¹
Temps de dédoublement (td)	2,03 h
Xmax	9,8 *10 ⁸ UFC/ml
Production maximale d'acide acétique	4,78 g/l
Production maximale d'acide lactique	3,6 g/l
Rendement biomasse/substrat	4,68 *10 ⁷ UFC /g sucre totaux

Conclusion

De point de vue économique la culture de *B. longum* sur un milieu à base de déchets de datte est intéressante :

- ce milieu est moins coûteux que les milieux synthétiques et le temps de fermentation est plus court.
- Ce milieu de culture représente une voie alternative pour la valorisation des déchets de datte et des écarts de triage et minimise ainsi les pertes économiques.

Production scientifique réalisée :

★ Mémoire de projet de mastère INAT 2009:

Présenté pour l'obtention du mastère en Génie du Procédés et de Bioprocédés Alimentaires Réalisée par : Dhouibi Imen - Année universitaire **2008/2009**

★ « Optimisation d'un nouveau milieu de culture a base de sous produits de dattes pour la production de souche probiotique "*Bifidobacterium longum*" »

- Article scientifique :

« Optimisation d'un nouveau milieu de culture a base de sous produits de dattes pour la production de souche probiotique "*Bifidobacterium longum*" » **(En cours de rédaction)**

Bibliographie :

Ballongue, J., 1993. Bifidobacteria and probiotic action in lactic acid bacteria.Eds. Salminen S. et Von Wright A., Dekker M., New York, 357-432.

Beerens, H., 1990. An elective and selective isolation medium for *Bifidobacterium spp.* *Lett. Appl. Microbiol.*11, 155-157.

Scardovi, V., 1986. Genus *Bifidobacterium*: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 9th édition. Volume 2 Williams SP Wilkins, Baltimore, États-Unis.

Scardovi, V. 1986. Genus *Bifidobacterium*.In: Sneath PHA, Mair NS, Sharpe ME, Holt JG, Eds Bergey's Manual of systematic Bacteriology 2:1418-1434. Williams et Wilkins, Baltimore.

Mot clés

Optimisation, déchets de dattes, bactéries probiotiques, *Bifidobacterium*

Valorisation des Figues de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) à basse valeur commerciale par la production de vinaigre biologique de figue de barbarie .

BOUAZIZI Souhir et MEJRI Slah

1. Problématique et objectif

Le figuier de barbarie *Opuntia ficus-indica* introduite et domestiquée en Tunisie à partir du 17ème siècle. En Tunisie, cette espèce couvre une superficie de l'ordre de 200 000 ha.

La consommation à l'état frais de ce fruit est saisonnière. Dans certains pays (Italie, Mexique, Chili.), les fruits provenant des écarts de triage et variétés non commercialisables à l'état frais sont conditionnés industriellement et stabilisés par différentes méthodes (froid, séchage, chaleur) ou transformés en jus, miel, boissons alcoolisées, colorant alimentaire et autres produits dérivés. En Tunisie, les rares unités de transformation sont loin d'absorber les fruits de faibles valeurs commerciales.

Comment améliorer l'écoulement de cette marchandise. De nouvelles voies de valorisation par la diversification des dérivées industrialisées sont-elles techniquement possibles et économiquement rentables ?

Notre projet intitulé « optimisation de la production du vinaigre à partir de la pulpe de la figue de barbarie » représente une voie alternative pour la transformation de ce fruit pour assurer sa commercialisation en améliorant son apport nutritionnel et organoleptique.

2. Méthodologie d'étude

Afin de réaliser l'objectif de cette étude, ce travail est partagé en trois parties :

- Dans la première partie, une série d'analyses physico-chimiques sur le jus brut de la figue de barbarie est effectuée afin de caractériser le goût avant le processus de fermentation.
- La deuxième partie a été consacrée à l'isolement et l'identification des souches bactériennes responsables de la fermentation alcoolique et acétique à partir des échantillons des goûts d'une vinaigrerie traditionnelle et des essais de fermentations spontanées au laboratoire.
- La troisième partie traite la caractérisation physico-chimique et technologique de l'effet des trois facteurs étudiés (traitement thermique, additifs, concentration en levure) sur la productivité en éthanol et leurs incidences sur la production en acide acétique et sur la qualité biochimique et organoleptique du produit fini.

3. Résultats obtenus

3.1 Caractérisation physico-chimique du jus brut de la figue de barbarie

Tableau 1 : Composition du jus brut de la figue de barbarie de la région du Kasserine

Paramètre	Teneurs en (g/L)
Humidité	889,7
Matière sèche	110,3
Cendre	2,6
Protéines	5,9
glucose	28,43
Fructose	21,2

Comme il apparait dans ce tableau les sucres réducteurs (glucose et fructose) constituent la majorité de la fraction soluble des figues de barbarie étudiées. Ces fruits constituent ainsi une source de carbone et d'énergie facilement assimilables par les microorganismes utilisés dans les bioprocédés tels que les fermentations alcooliques et acétiques (vinaigre).

3.2. Isolement et identification des souches bactériennes responsables de la fermentation alcoolique et acétique.

A partir des échantillons de produits fermentés prélevés dans une vinaigrerie traditionnelle et des essais de fermentation spontanées réalisés au niveau de notre laboratoire nous avons pu isoler quatre souches de levures (S1,S2, S3, S4) .

Les tests de caractérisation métaboliques et d'identification microbiologique ont permis de conclure qu'une seule souche peut être considérée comme levure *Saccharomyces cerevisiae*.

La capacité de production d'éthanol de ces souches est représentée dans la figure1.

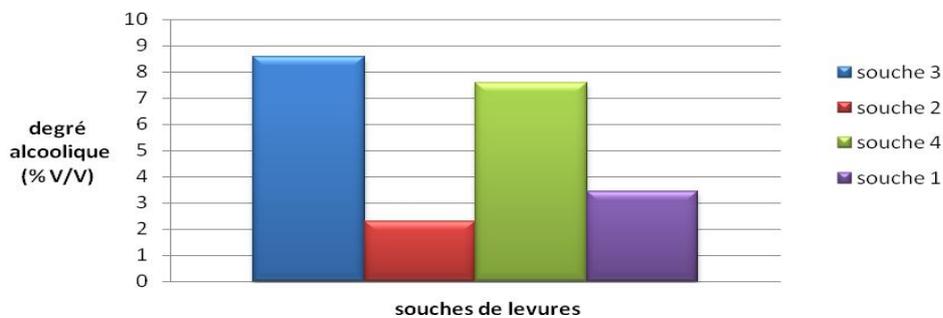


Figure 1 : teneur en éthanol à la fin de fermentation alcoolique

Les résultats montrent la performance de la souche 3 et la souche 2 avec un taux d'alcool de 8,1 % et 7,6% respectivement.

Concernant les bactéries acétiques responsables de la fermentation acétique l'isolement et les tests de caractérisation métabolique nous a permet d'identifier cinq souches bactériennes.

L'étude de la production de l'acide acétique de ces souches est représenté dans la figure suivante (figure 2)

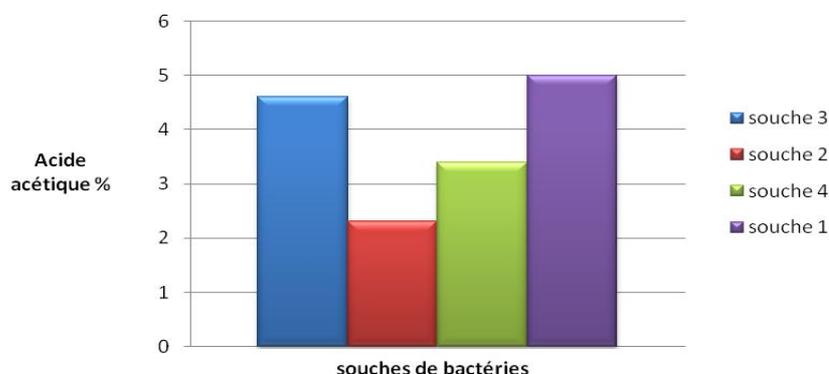


Figure 2 : teneur en acide acétique à la fin de fermentation acétique

A partir des résultats on a remarqué que les souches S3 et S1 sont les souches les plus performantes

3.4. Optimisation de la production du vinaigre de figue de barbarie

3.4.1. Optimisation de la fermentation alcoolique

Un essai préliminaire sur le jus de figue de barbarie brut a un échelle pilote au niveau du laboratoire sans aucune modification nous a permis d'obtenir un taux **d'alcool de 9%**.

Les essais d'optimisation du milieu de culture (le jus de figue de barbarie) sont en cours de réalisation (soutenance du mastère prévues en septembre 2012).

3.4.2. Optimisation de la fermentation acétique

L'optimisation de la fermentation acétique sera entamée après avoir validé la fermentation alcoolique

4. Production scientifique prévue durant le projet

- Mémoire de projet de mastère (En cours)

Présenté pour l'obtention du mastère en Génie des Procédés et de Bioprocédés Alimentaires Réalisée par : Bouazizi souhir - **Soutenance : septembre 2012**

« Optimisation de la production du vinaigre à base de sous produits de figue de barbarie »

Publication des résultats : **décembre 2012.**

-

Mot clés

Optimisation, levure, bactérie acétique, vinaigre, figue de barbarie, jus

Conservation FRIGORIFIQUES de POIRE (*Pyrus communis*) Conditionnés sous atmosphère modifiée (MAP)

ANNABI Rabeab, SAOUD Mehdi et MEJRI Slah

1. Problématique et objectifs :

Avec les nouvelles normes de calibrage, d'énormes volumes de fruits issus des écarts de triage et des petits calibres de certains fruits sont dégagés dans les stations fruitières, . D'autres part, l'évolution des niveaux de vie, le développement de la restauration collective ont rendu nécessaire la mise au point de nouvelles techniques transformation et de conservation des fruits afin de les rendre prêt à l'emploi.

L'atmosphère modifiée (MAP) a déjà été employé avec succès pour la conservation de certaines denrées alimentaires. Qu'en est-il des fruits ? L'atmosphère modifiée serait-elle la méthode de conservation la plus efficace et la mieux adaptée à ces denrées ? .Autant de questions auxquelles nous tenterons d'apporter des éléments de réponse.

Le but de notre travail est d'améliorer la conservation des poires découpées, utilisées comme modèle pour les salades de fruits, Il s'agit de déterminer l'effet du conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP) sur la qualité des poires découpées et conservées par réfrigération.

2. Méthodologie

- Il s'agit en premier lieu de mettre en évidence le rôle du conditionnement sous atmosphère modifiée dans la préservation de la qualité physico-chimique, microbiologique et sensorielle des morceaux de poire..
- Ensuite, l'effet de l'addition des additifs (acide ascorbiques, acide citrique, CaCl_2 et huile essentiel) sur l'évolution des paramètres de qualité (couleur, fermeté, Brix, acidité...) sera étudié.

Protocole expérimental :

- Désinfecter les fruits après triage dans une solution de 200µl/L de NaCl pendant 2 minutes
- Rincer les fruits avec l'eau distillée stérile suivi d'un égouttage
- Découper les fruits sur six morceaux identiques à l'aide des couteaux stériles

- Tremper dans une solution de 3% acide citrique, 2% acide ascorbique (J. Moreno and al, 2010) et 1% de CaCl₂ (Oms-Oliu, G and al, 2008) avec ou non de 0,02% v/v (Wong et al, 1994) d'huile essentielle de bergamote pure.
- Placer les échantillons dans des barquettes et les introduire dans un appareil approprié de type MULTIVAC pour le conditionnement sous atmosphère modifié.
- Stocker les échantillons à 4°C.

Les traitements avant conservation

Traitement de post récolte

T0 : Témoin sans additifs et conservé sous air

T1 : un traitement est réalisé par la conservation sous atmosphère modifié avec le mélange gazeux suivant :2,5%O₂-7% CO₂-90,5%N₂ (Powrie,W.D and al, 1991)

T2 : un traitement par la conservation sous atmosphère modifié avec le mélange :3%O₂-5%CO₂-92%N₂ (Moleyar,V and al, 1994).

T1 A : un traitement est réalisée en combinaisons la mélange 1 avec le trempage des fruits prédécoupées pendant 3 minutes dans une solution contenant 3% acide ascorbique,2% Acide ascorbique et 1% CaCl₂.

T1 B : un traitement est réalisée en combinaisons le mélange 1 avec le trempage des fruits prédécoupées pendant 3 minutes dans une solution contenant 3% acide ascorbique,2% Acide ascorbique , 1% CaCl₂ 0,02%V/V huile essentielle de bergamote pure.

T2 A : un traitement est réalisée en combinaisons la mélange 2 avec le trempage des fruits prédécoupées pendant 3 minutes dans une solution contenant 3% acide ascorbique,2% Acide ascorbique et 1% CaCl₂.

T2 B : un traitement est réalisée en combinaisons la mélange 2 avec le trempage des fruits prédécoupées pendant 3 minutes dans une solution contenant 3% acide ascorbique,2% Acide ascorbique , 1% CaCl₂ et 0,02%V/V huile essentielle de bergamote pure.

3. Résultats obtenus :

1. Teneur en sucre (IR)

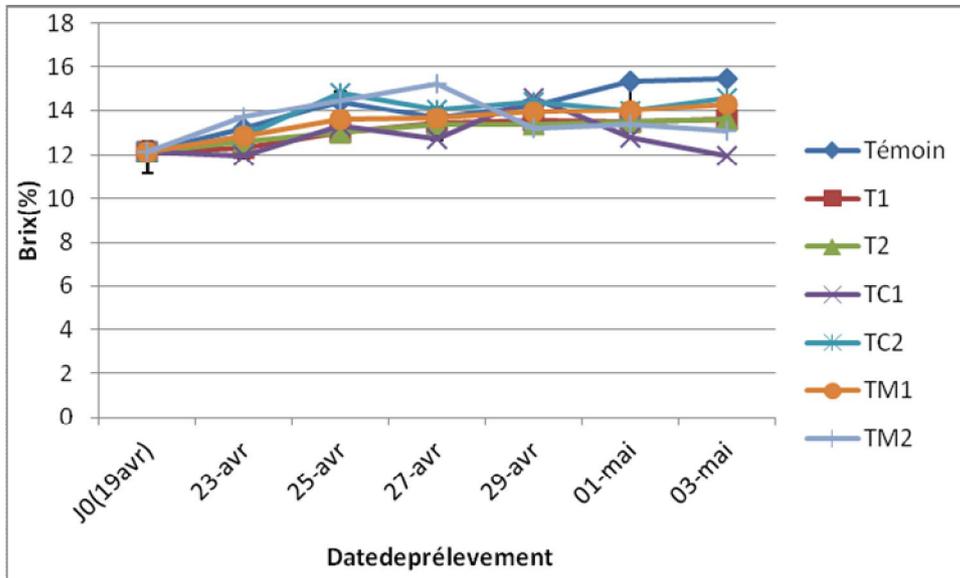


Figure 1 : Evolution de la teneur en sucres au cours de la conservation des poires découpées

L'indice réfractométrique (IR) représente le pourcentage des sucres solubles dans le jus. Il est utilisé comme indice de la maturité car son évolution reflète le stade de développement du fruit. L'analyse de l'allure des courbes de différents traitements montre que l'IR augmente au cours de temps de conservation. Cette évolution est presque similaire pour les différents traitements. En plus, on remarque qu'après 10 jours de conservation l'IR diminue sauf pour le traitement TM2, cela est due peut être à une fermentation partielle des sucres (Bergougnoux et al, 2002). Après 11 jours de conservation on remarque que les l'IR des témoins augmente légèrement pour atteindre des valeurs maximales vers le 3 Mai tandis que l'IR du lot TC1 diminue par rapport aux autres lots qui ont une évolution presque identique.

2. pH

La variation des valeurs du pH des fruits au cours du temps est représentée dans la figure 2. L'évolution du pH montre une stabilité des valeurs entre (4,7 et 5,1) au début et à la fin de la période de conservation pour les différents traitements et les témoins.

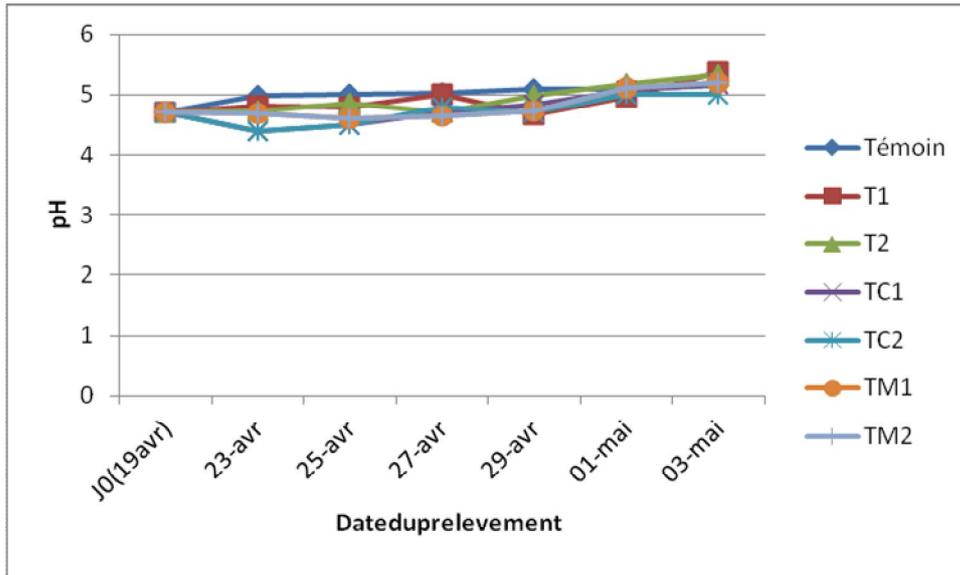


Figure 2 : Evolution du pH des poires découpées Pendant 14 jours de conservation

En examinant l'allure générale des courbes des différents traitements et des témoins on remarque une augmentation progressive du pH qui va atteindre une valeur maximale vers le 14 jours de conservation .En plus, on ne remarque pas une différence de l'évolution du pH entre les différentes lots.

3. Acidité titrable (AT)

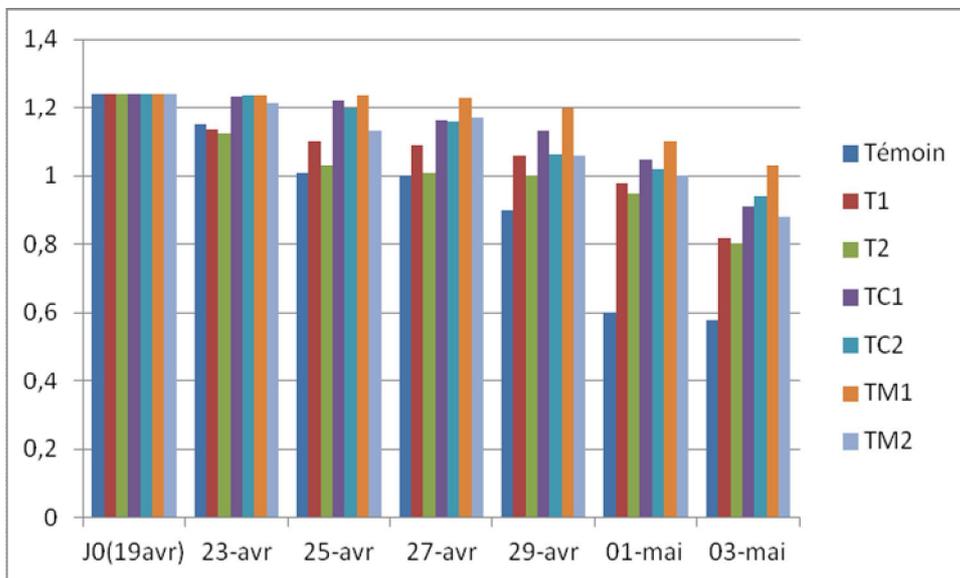


Figure 3 : Evolution de l'acidité titrable (AT) de la poire découpée au cours de la conservation

En examinant l'allure générale des courbes des différents traitements on remarque une diminution progressive de l'acidité titrable qui va atteindre des valeurs minimales vers le 14

jours de conservation. La diminution de l'acidité peut être due d'une part à la production d'énergie et d'autre part à la fermentation alcoolique (Echeverria *et al*, 1989).

La comparaison des valeurs de pourcentage d'acide organiques entre les différents traitements nous permettent de dégager les résultats suivants :

- Après 10 de conservation on remarque que les lots traités par l'atmosphère modifiée seule ou combiné avec les additifs ont des teneurs en acides organiques plus que les témoins. Ce ci montre l'effet positif de l'atmosphère modifié sur la conservation de la teneur en acides organiques des fruits. En plus, l'ajout des additifs améliore en plus l'acidité.

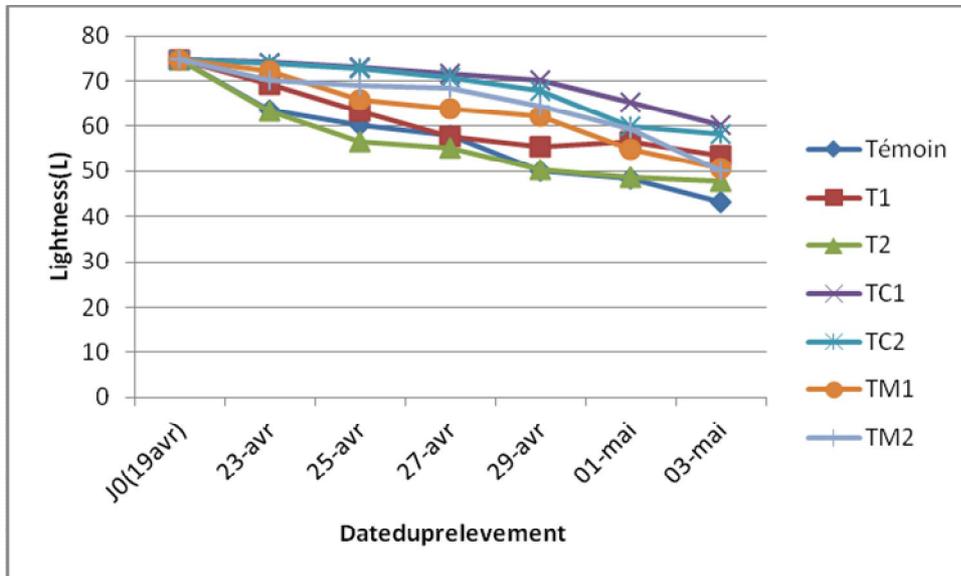
-Le traitement TM1 (2,5 O₂ ;7%CO₂ ;90,5N₂ et Acide ascorbique ;acide citrique ;chlorure de Calcium et huile essentielle de bergamote) donne les meilleurs résultats par apport aux autres traitements et surtout par apport aux lots traités par TC1 qui se différent uniquement par la présence d'huile essentielle de bergamote ceci montre l'effet conservateur de cette substance active.

4. La couleur

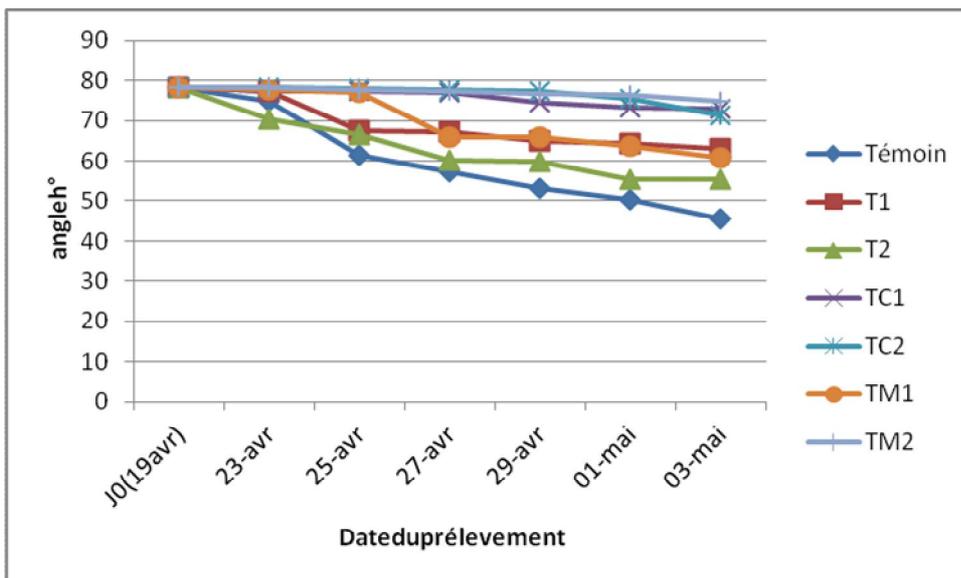
La couleur des fruits est une critère la plus importante dans le choix du consommateur (Clydesdale,1993).La brunissement des fruits découpés réduire la qualité des fruits (Sewfelt,1994).La brunissement des fruits découpés est le facteur limitant de leurs consommation et de commercialisation (Solvia-Fortunty et Martin-Belloso,2003).la brunissement est la conséquence de la réaction de la polyphenol oxidase (PPO) et de la peroxydase (POD) qui transforme les plyphenols on quinones (Zhu,Zhou,Zhu et Guo,2009).Les résultats montre que la couleur diminue avec le temps de conservation. La diminution de luminosité est le résultat de brunissement enzymatique. Les valeurs initiaux de la couleur sont faibles <80 vu que le fruit est pris dans la phase de fin de maturation (19 avril) c'set à dire après six mois de conservation. D'après l'allure des courbes de L(a) et h°(b), l'atmosphère modifiée améliore mieux la couleur des fruits s'il est combiné avec des additifs. En plus, l'ajout d'huile essentielle de bergamote n'a pas un grand effet sur la conservation de la clarté du fruit vu que les traitements TC1 et TC2 et TM2 donne presque les mêmes résultats mais par contre le mélange 2 combiné avec l'huile essentielle (TM2) donne des résultats mieux que le mélange TM1.Ceci est peut être expliqué par l'effet antioxydants de l'acide ascorbique et acidifiant de l'acide citrique qui permetent de freiner l'activité des enzymes responsable de l'oxidation des polyphenol (PPO) et (POD). Nos résultats sont conforme avec celle effectué par Cocci,Rocculi,Romani et Rosa qui affirment

que la combinaison entre l'acide ascorbique ;l'acide citrique et Chlorure de Calcium permet de maintenir la couleur des fruits découpés.

(a)



(b)



Avec: angle $h^\circ = \arctangent(b/a)$

Figure 4 : Evolution de la couleur L (a) et h° (b) des poires découpées après 14 jours de conservation

Impact sur l'environnement

-Minimiser les écarts de triage de poires perdues.

-Valoriser les sous produits du poire en particulier et des fruits en général par leur transformation en salade ou fruits découpés .

Production scientifique

Mastère : Conservation frigorifique des fruits conditionnés sous atmosphère modifiée (MAP)

Elaboré par : **Mlle ANNABI RABEB**

Date de soutenance : septembre 2012

Projet de fin d'étude : Mehdi SAOUD

Date de soutenance : Juin 2012

Bibliographie

- Clydesdale, F, M. (1993).color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(1), 83-101.
- Coureau C., Mathieu-Hurtiger V., Vaysse P., Westercamp P., 2004. Bulletin d'informations pratiques sur l'entreposage et le conditionnement des fruits. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris : 4p
- Echeverria., E.et Valich, J., 1989. Enzymes of sugar and acid metabolism in stored Valencia oranges. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 114, 445-449
- Gorny,JR.,Hess-Pierce,B.,Kader,A.A.,1999.Quality changes in fresh cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservative. *Postharvest Biol.Technol.*24, 271-278.
- Kays, S. J. (1999).Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology*, 15233-247.
- Martinez.M.V. Whitaker,.J.R.,1995.The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci.Technol*, 6,195-200.
- Miller, G. L., 1959. Use of DNS acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chem.* 31, 426-428.
- Molyer V., Narasimham, P.(1994).Modified atmosphere packaging of vegetables : an appraisal. *Journal of Food Science and tehcnology*,31(4),267-278.
- Moreeno,J.,R.Simpson,M.Sayas,I.Segura,O.Aldana,S.Almonacid.Influence of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmotic dehydration Kinetics and microstructure of pears (cv.Packham's Triumph).*Journal of Food Engineering*
- Murata, M., Tsurutani, M, Tomita, M., and Honma ,S.(1995).Relationship between apple ripening and browning changes in polyphenol content and phenoloxidase, *Journal of Agricultural Food and Chemistry*,43,1115-1121.

- Powrie, W.D., and Skura, B.J. (1991). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. In B. Ooraikul, M. E. Stiles, and E. Harwood (Eds.), Modified atmosphere packaging of food (pp.169-245), New York, USA.
- Smith, J.P., and Ramaswamy, H.S. (1996). Packaging of fruits and vegetables. In L., Smoggy (pp.379-427). Lancaster, PA : Technomic Publishing Co.
- Soliva-Fortuny, R., et Martin Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits : a review. Trends in Food Sciences and technology, 14, 341-353.
- Oms-Oliu, G., Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O., 2008. Antioxidant content of fresh-cut pears stored in high-O₂ active package compare with conventional low-O₂ active and passive modified atmosphere packaging. J. Agric. Food Chem. 56, 932–940.
- Wong, D., Tillin, S.J., Hudson, J.S., Pavlath, A.E., 1994b. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. J. Agric. Food Chem. 42, 2278–2285
- Whitaker, J.R., 1995. Polyphenoloxylase. In: Wong D.W.S. (Ed), Food Enzymes, Structure and Mechanism. Chapman and Hall, New York, pp.271-307.
- Zhu, L-Q. Zhou, J., Zhu, S-H et Guo, L-H. (2009). Inhibition of browning on the surface of peach wedges by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid. Food Chemistry, 114, 174-177