

**INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE – EL – HARRACH (ALGER)**

These de doctorat d'état en sciences agronomiques

*Option : Sciences Alimentaires et Nutrition*

***Effets de traitements simples et combinés  
sur la biologie et la biochimie de la datte  
en cours de conservation.***

Présenté par

**KHALI Mustapha**

SELSELET-ATTOU G. Professeur U. Mostaganem Rapporteur

Soutenue le 29 Mai 2008

devant la commission de jury AMMOUCHE A. Professeur INA Président BELLAL M . Professeur  
INA Examineur BOUDEROUA K. Maître de Conférences U. Mostaganem Examineur



# Table des matières

REMERCIEMENTS . .	5
Résumé . .	7
Summary . .	9
: ص خ لم . .	11
<b>PARTIE I : LES INFESTANTS DE LA DATTE, FRUIT DU <i>Phoenix dactylifera</i> L. ET LES TECHNIQUES DE DESINSECTISATION. . .</b>	<b>12</b>
1.1 Introduction . .	12
1.2 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES . .	13
1.2.1 Composition biologique : Les infestants . .	13
1.2.2 Techniques de désinsectisation . .	16
1.3 MATERIEL ET METHODES . .	22
1.3.1 Matériel végétal . .	22
1.3.2 La thermisation . .	22
1.3.3 Réalisation des lots homogènes . .	23
1.3.4 Infestation artificielle des dattes . .	23
1.3.5 Constitution des lots expérimentaux . .	24
1.3.6 Critères de la qualité des dattes : . .	24
1.3.7 Traitement statistique : . .	24
1.4 RESULTATS ET DISCUSSION . .	25
1.4.1 Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur l'infestation (taux de survivants de larves et taux d'éclosion des œufs) . .	25
1.4.2 Validité du traitement . .	25
1.4.3 Effets des différents barèmes de thermisation appliqués . .	25
1.5 CONCLUSION . .	28
<b>PARTIE II : INFLUENCE DE LA THERMISATION SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE ET BIOCHIMIQUE DE LA DATTE, FRUIT DU <i>Phœnix dactylifera</i> L. . .</b>	<b>30</b>
2.1 Introduction . .	30
2.2 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES . .	31
2.2.1 Formation et maturation de la datte . .	31
2.2.2 Composition . .	35
2.2.3 Principales activités enzymatiques de la datte : . .	45
2.3 MATERIEL ET METHODES . .	51
2.3.1 Matériel végétal . .	51
2.3.2 La thermisation . .	52
2.3.3 Constitution des lots expérimentaux . .	52
2.3.4 Analyses physico-chimiques . .	52
2.3.5- Les analyses chimiques . .	52
2.4 RESULTATS ET DISCUSSION . .	58
2.4.1- Caractéristiques physico-chimiques de la datte Deglet Nour avant et après thermisation . .	58
2.4.2 - Composition chimique de la datte Deglet Nour avant et après thermisation . .	61

2.5 CONCLUSION . .	71
<b>PARTIE III : TECHNOLOGIE DE LA CONSERVATION DE LA DATTE, FRUIT DU <i>Phoenix dactylifera</i> L. . .</b>	<b>72</b>
3.1 Introduction . .	72
3.2 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES . .	73
3.2.1 Classification selon les critères de qualité des dattes . .	73
3.2.2 Letraitement de la datte en usine . .	77
3.2.3 Les principales altérations de la datte . .	78
3.2.4 Technologies post-récolte de conservation des dattes comme Alternatives à la fumigation. . .	81
3.3 MATERIEL ET METHODES . .	87
3.3.1 - Matériel végétal . .	87
3.3.2 - La thermisation . .	87
3.3.3- Réalisation des lots homogènes . .	87
3.3.4 L'emballage en film pour atmosphère modifiée . .	87
3.3.5- Stockage . .	88
3.3.6 Constitution des lots expérimentaux . .	88
3.3.7 Les analyses physicochimiques : . .	89
3.3.8 Détermination du taux d'infestation . .	89
3.3.9 - Les analyses chimiques . .	90
3.4 RESULTATS ET DISCUSSION . .	91
3.4.1 Influence de la thermisation et de l'emballage en polyéthylène pour atmosphères modifiées au cours du stockage. . .	91
CONCLUSION . .	135
CONCLUSION GENERALE . .	139
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . .	143
ANNEXES . .	163
Annexe I : Effets des barèmes de thermisation. . .	163
Annexe II : Effet de la thermisation sur la composition chimique de la datte. . .	163
Annexe III : Technologie de conservation de la datte. . .	164

---

## REMERCIEMENTS

Notre prophète Mohammed -que le salut soit sur lui- a dit « celui qui ne remercie les gens, ne peut remercier dieu ». A ce titre et au terme de cette étude, je tiens à remercier en premier lieu Monsieur SELSELET-ATTOU G., Professeur au département d'Agronomie de l'université de Mostaganem, de m'avoir #branché# avec les dattes, de ce qui n'était au début qu'une discussion, est devenu aujourd'hui par force de travail, de témérité et de conviction, une voie sérieuse et prometteuse dans la conservation des dattes. Je le remercie vivement pour ses orientations pertinentes et ses conseils précieux et enfin pour toute sa générosité et toutes les qualités humaines qu'il ma inculquées.

Ma profonde gratitude va à Monsieur AMMOUCHE Ali, Professeur à l'INA de m'avoir fait le grand honneur de présider le jury de soutenance.

J'adresse mes remerciements reconnaissants à Monsieur BELLAL Mouloud, Professeur à l'INA qui a été mon enseignant, et qui m'honore de sa présence et de l'examen de ce travail.

Monsieur BOUDEROUA Kaddour, Maître de Conférences au département d'Agronomie de l'université de Mostaganem, pour l'honneur de sa présence et de l'examen de ce travail.

Cette étude n'aurait démarré sans le soutien de Mr BENMILOUD Djameleddine, Directeur Général de MAGMOS (ex ENAFROID de Mostaganem) et néanmoins ancien enseignant au département d'Agronomie de l'université de Mostaganem, qui a mis à notre disposition la matière première (les dattes) avec les caractéristiques voulues et les moyens techniques disponibles au sein de son unité, sans jamais faillir et avec beaucoup de disponibilité et de générosité. Puisse t-il trouver ici ma profonde gratitude.

Mes remerciements chaleureux à tous les collègues et amis qui m'ont accueilli dans leurs laboratoires et apporté aides et soutiens en dépit de l'originalité du sujet qui ne s'inscrivait pas toujours dans leurs plans de travail.

Je citerai Mr Michel FERRY, directeur de la station *Phoenix* d'Elche (Espagne), Mr José ESPLÁ#pépé# pour les analyses physiologiques, Susie, pour les conseils entomologiques et toute la tribu de la station.

Monsieur, Max REYNES, chargé de mission au CIRAD-FLHOR, qui m'a accueilli dans la maison de Technologie de Montpellier, et mis à ma disposition sa riche bibliographie sur les dattes.

Monsieur Christian AYMARD, chercheur au CNRS et attaché de recherche au CIRAD Montpellier pour ses conseils enrichissants notamment sur la partie enzymatique.

Monsieur Olivier DANGLES, professeur à l'université d'Avignon et Directeur de l'UMR sur la qualité et la sécurité des produits d'origine végétale à l'INRA d'Avignon, pour m'avoir accueilli et ouvert les portes de son laboratoire.

Madame Christine GOUPY, chercheur à l'INRA d'Avignon pour m'avoir assisté dans les analyses chromatographiques des extraits phénoliques et l'interprétation des résultats.

Monsieur ZEKI, de l'INA d'Alger, pour sa disponibilité et son aide dans les analyses chromatographiques des sucres.

Monsieur Patrick VAROQUAUX, Professeur à l'INRA d'Avignon pour ses conseils sur les atmosphères modifiées.

Messieurs Mohamed CHOUIEB, Miloud HALBOUCHE, enseignants au département d'Agronomie de l'université de Mostaganem et mon ami Messaoud BENCHABANE, du département d'Agronomie de l'université de Blida, pour leur contribution chacun à sa manière aux traitements statistiques des données.

Cette étude s'est déroulée dans de nombreuses structures et a nécessité le concours de nombreuses personnes, qui par une aide, une présence, un avis ont contribué et aidé à l'aboutissement de ce travail. Cet espace ne saurait les contenir tant ils sont nombreux, mais puissent ils tous trouver ici, mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier tout particulièrement mes proches #collaborateurs# (mes étudiants) qui au fil des ans ont appris avec moi à connaître et à apprécier les dattes, notamment la Deglet Nour.

Enfin, merci à ma famille de m'avoir soutenu au moment où ma résolution faiblissait, d'avoir patienté tout ce temps, j'espère que leur attente n'ait été vaine.

## Résumé

L'Algérie occupe le premier rang mondial dans la production de la datte variété Deglet Nour, à forte valeur ajoutée. Toutefois, l'infestation des dattes par *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (pyrale de la datte), principal agent infestant oblige les conditionneurs à désinsectiser le plus souvent au bromure de méthyle dont les dangers pour l'homme et l'environnement sont aujourd'hui clairement établis et dont l'interdiction est de plus en plus envisagée. De plus, au cours du stockage la valeur marchande de la datte est dépréciée par la perte de poids, les fissurations et le brunissement du fruit. La datte devient fibreuse et son goût et son odeur fruitée disparaissent. Cette situation incite à développer d'autres procédés de désinsectisation et de conservation.

L'alternative proposée est un traitement physique -thermisation par voie sèche- à 55°C pendant 20 min comme traitement de désinsectisation, associé à un emballage pour atmosphères modifiées en polyéthylène étirable basse densité et de suivre leurs actions simples ou combinées sur l'infestation et la composition chimique de la datte Deglet Nour sur une durée de cinq mois de stockage au froid (10°C).

Sur les différents barèmes thermiques testés, la thermisation à 55°C/20 min, a montré une réduction importante de l'infestation des dattes (destruction des œufs et des larves d' *Ectomyelois ceratoniae* Zellers), en plus d'une influence plus positive sur les principaux critères de qualité de la datte et une meilleure préservation des caractéristiques organoleptiques et sensorielles. Ainsi, sur la composition chimique de la datte Deglet Nour, la thermisation à 55°C/20 min a montré des variations du rapport de qualité R, du pH et de l'acidité titrable mais qui sont restées dans les normes retenues pour les dattes DN. De même, la perte de poids n'était pas importante. La teneur en sucres n'a pas été affectée défavorablement par ce traitement tel que traduit par le rapport de qualité (r) sucres/teneur en eau et par le taux d'inversion du saccharose, restés tous les deux pratiquement constants. La caractérisation des polyphénols a montré principalement l'acide dactyliférique et ses deux isomères, l'acide paracoumarique, l'acide férulique et l'acide gallique dont les teneurs n'étaient vraisemblablement pas modifiées par le traitement thermique appliqué. La réduction des teneurs en tanins et astringence engendrée par la thermisation était intéressante dans l'amélioration ou la préservation du goût des dattes. La thermisation, en tant que traitement thermique est de nature à favoriser les réactions du brunissement non enzymatique, toutefois l'augmentation n'était pas significative, malgré l'augmentation de la teneur en sucres réducteurs. Par contre, la teneur en acide ascorbique était diminuée. Les activités des enzymes impliquées dans la couleur et la texture de la Deglet Nour, ont montré des résultats divers. La thermisation a engendré une augmentation d'activité des enzymes oxydatives PPO et POD et de la PE contrairement à celles de la PG et de la PAL, toutefois, sans incidence apparente sur les critères organoleptiques.

Parmi les actions simples ou combinées testées, la combinaison thermisation-emballage et particulièrement au cours du stockage au froid de 10°C, s'est illustrée comme le meilleur traitement permettant de maintenir les critères de qualité de la datte très proches de ceux de la datte fraîche tout au long des 5 mois de stockage. Ainsi les caractéristiques physico-chimiques de la datte (perte de poids, pH et acidité titrable) étaient mieux stabilisés et l'infestation plus réduite. Sur le plan biochimique, cette combinaison a permis de maintenir une bonne teneur en eau, un rapport (r) plus stable au même titre que la matière sèche soluble (degré Brix) et les teneurs en glucose et en fructose. La combinaison thermisation-emballage-froid à 10°C a permis de diminuer la disponibilité des composés phénoliques, des tanins et de l'astringence préservant ainsi le goût et la saveur caractéristiques de la Deglet Nour. Sur le plan nutritionnel, vitamine C

montre relative meilleure stabilité aux différents mois de stockage. La combinaison thermisation-emballage apparaît comme le meilleur moyen pour ralentir le brunissement non enzymatique notamment à température ambiante.

La combinaison thermisation-emballage est également apparue comme un bon moyen d'atténuer les activités enzymatiques (PPO et POD) croissantes au cours du stockage. La diminution de l'activité de la pectinestérase (PE) n'est obtenue que par l'emballage associé à la température de stockage de 10°C ; alors que l'activité de la polygalacturonase (PG), autre enzyme de texture, n'est augmentée que sous l'effet de le traitement combiné de thermisation-emballage-stockage à 10°C.

En conclusion, la combinaison thermisation-emballage-stockage au froid (10°C) se présente comme un mode de conservation permettant d'assurer une qualité marchande optimale des dattes en conservant aux fruits leur consistance demi-molle, leur saveur, leur couleur et aspect général et l'ensemble de leurs critères de qualité initiaux. Les dattes ainsi traitées, présentent une excellente aptitude à un stockage au-delà des 05 mois testés.

Mots clés : Datte Deglet Nour, thermisation, emballage PEbd, stockage, froid, traitements combinés, infestation, composition chimique.



---

## Summary

Algeria is the first producing country of the date variety Deglet Nour, of strong added value. However, the infestation of dates by *Ectomyelois ceratoniae* Zellers (date moth), the main infesting agent, obliges the conditioners of dates to use methyl bromide of which dangers for man and environment are today clearly established and its interdiction is nearly considered. During the storage the commercial value of the date is depreciated by weight loss, fissuration and browning of the fruit. The date becomes fibrous and its taste and fruity odor disappear. This situation incites to develop other processes of disinfection and conservation.

The proposed alternative is a physical treatment – dry heat treatment – at 55°C during 20 min as disinfection treatment, associated to modified atmospheres packaging in polyethylene low density film, and to follow their simple or combined actions on the infestation and on the chemical composition of the date Deglet Nour during five months of storage in cold (10°C).

For the different tested heat treatments, the heat treatment at 55°C/20 min, showed an important reduction of the infestation of dates (destruction of eggs and larvae of *Ectomyelois ceratoniae* Zellers), in addition to a more positive influence on the main criteria of quality of the date and a better preservation of the organoleptic and sensory characteristics. Thus, on the chemical composition of the date Deglet Nour, the heat treatment at 55°C/20 min showed variations of the ratio of quality R, pH and titratable acidity but they remained in the admitted norms for the DN dates. In the same way, the weight loss was not important. The content in sugars has not been affected unfavorably by this treatment as showed by the both quality ratio (r) sugars/water and by the sucrose inversion rate, which remained practically constant. The characterization of phenolics showed the dactyliferic acid and its two isomers, the paracoumaric, the férulic and the gallic acids, of whose contents were not modified by the applied heat treatment. The reduction of the contents in tannins and astringency generated by the heat treatment was interesting in the improvement or the preservation of the taste of the dates. The heat treatment is likely to encourage the reactions of the non enzymatic browning, however the increase was not meaningful, in spite of the increase of the content in reducing sugars. On the other hand, the content in ascorbic acid was decreased. The activities of the enzymes implied in the color and the texture of the Deglet Nour, showed various results. The heat treatment generated an increase of activity of the oxidatives enzymes PPO and POD and of the PE contrary to those of the PG and the PAL; however, without obvious impact on the organoleptic criteria.

Among the tested simple or combined actions, heat treatment-packaging combination and especially during storage in cold of 10°C, appeared as the best treatment permitting to maintain the criteria of quality of the date very near of those of the fresh date during the whole 5 months of storage. Therefore, the physico-chemical characteristics of the date (loss of weight, pH and acidity titrable) were better stabilized and the infestation rate more reduced. On the biochemical hand, this combination permitted to maintain a good content in water, a quality ratio (r) steadier and same for the soluble dry matter (Brix degree) and the contents in glucose and in fructose. The heat treatment-packaging-cold at 10°C combination permitted to decrease the availability of phenolic compounds, tannins and astringency, preserving the typical taste and flavor the Deglet Nour. On the nutritional hand, vitamin C shows relative better stability at the different months of storage. The heat treatment-packaging combination appears as the best way to slow down notably the non enzymatic browning at ambient temperature.

The heat treatment-packaging combination also appeared as a good way to attenuate the increasing enzymatic activities (PPO and POD) during the storage. The reduction of the activity of the pectinesterase (PE) is only gotten by the packaging associated to storage temperature of 10°C; whereas the activity of the polygalacturonase (PG), other enzyme of texture, is only increased under the effect of the treatment combined of thermisation-packaging-storage at 10°C.

In conclusion, the heat treatment-packaging-storage at 10°C combination represents a way of conservation permitting to assure an optimal commercial quality of the dates which keep their half-soft consistence, their flavor, their color and general aspect and their whole initial quality criteria. The dates thus treated present an excellent faculty to a storage beyond the 05 tested months.

Key words: Date Deglet Nour, heat treatment, PEbd packaging, storage, cold, combined treatments, infestation, chemical composition.

## ص خلم :

تصدر الجزائر المستوى العالمي من حيث انتاج ثمر صنف دقلة نور ذات القيمة التجارية العالية. لكن هذه الثمر تتعرض إلى الإلتلاف من طرف عثة الثمر، مما يجبر المتعاملين في حفظ الثمر إلى استعمال مبيد البروميد إلا أن هذه المادة أصبحت تشكل خطرا واضحا على الإنسان و على المحيط و نيجة تدرجنا نحو تحريمها كلية. كما تتعرض الثمر أثناء التخزين إلى تقلص قيمتها التجارية من خلال فقدان الوزن، النجف و التذكن مع فقدان دوقها و رائحتها المميزة. هذه الوضعية دفعت إلى تطوير أنماط جديدة في مقاومة التلف و حفظ الثمر.

البديل الذي نقترحه هو معالجة فيزيائية جافة تحت درجة 55°م لمدة 20 دقيقة كعلاج ضد حشرة التلف مع استعمال غلاف من البولي إيثيلين ذو الكثافة الضعيفة ثلثينات المتغيرة، و متابعة هذه المعالجات منفردة أو مشتركة و تأثيرها على حشرات التلف و على التركيبة الكيميائية لثمر صنف دقلة نور أثناء تخزين مدته 5 أشهر في برودة 10°م.

من بين المعالجات الحرارية المطبقة أظهرت معالجة 55°م/20 د تخفيضا كبيرا لحشرات التلف (بيض و دود) إضافة إلى تأثير أكثر إيجابية على أهم خصائص الجودة و حفظ أذسن للخصائص الأوقية و الحسية لثمر دقلة نور. فبلى التركيبة الكيميائية أظهرت المعالجة الحرارية 55°م/20 د تغيرات في عامل الجودة R ، pH و حموضة الثمر لكنها بقيت في حدود المعايير المقبولة لهذا الصنف من الثمر. كما لم يكن فقدان الوزن كبيرا جدا. أظهرت قيم السكريات أنها لم تتأثر بشكل سلبي كما يظهره عامل الجودة  $\gamma$  (سكريات/ماء) و نسبة تحول السكرين الأذان بقا ثابتين. كما بين تحليل المركبات الغذائية وجود حمض الأسكوربيك و نظيره، أحماض الكوماريك، الفيرليك و الغاليك و التي لم تتغير قيمها تحت المعالجة الحرارية. أما على صعيد لون الثمر فلم تحدث المعالجة الحرارية تغيرا معبرا في التذكن بالرغم من زيادة نسبة السكريات المرجحة. في حين عرفت نسبة حمض الأسكوربيك تقلصا معبرا.

على الصعيد الأتزمي فقد أدت هذه المعالجة إلى ارتفاع في نشاطات PPO ، POD و PE في حين انخفضت نشاطات PG و PAL و على كل حال لم يبد تأثيرا سلبيا لهذه النشاطات على الخصائص الأوقية و الحسية للثمر المعالجة.

من بين التأثيرات المنفردة أو المشتركة التي تم تطبيقها (معالجة حرارية و تخليط) تعتبر المعالجة المشتركة حرارة - تخليط خاصة أثناء التخزين في البرودة (10°م) أحسن معالجة سمحت بالحفاظ على الخصائص النوعية للثمر قريبة جدا من خصائص الثمر الطازج طوال شهور التخزين الخمسة. فقد كانت الخصائص الفيزيوكيميائية للثمر (فقدان الوزن، pH و حموضة) أكثر استقرارا كما تقلصت نسبة التلف بالحشرات. أما على الصعيد البيوكيميائي مكنت هذه المعالجة المشتركة من إبقاء رطوبة حسنة للثمر و معاملة (x) أكثر استقرارا. كذلك الحال بالنسبة للمادة الصلبة الذائبة (درجة Brix) كما مكنت المعالجة المشتركة حرارة تخليط من تقليل وفرة المواد الغذائية، الطنين و الحموضة الغذائية سامحة بذلك بالحفاظ على نوى و رائحة دقلة نور المميزة. أما بالنسبة للجانب التغذوي فقد عرفت نسبة الفيتامين C استقرارا أذسن خلال مختلف أشهر التخزين. كما ظهرت هذه المعالجة المشتركة كأحسن طريقة لتعطيل ظاهرة التذكن الغير الأتزمي خاصة أثناء التخزين في الحرارة العادية. و قد ظهرت هذه المعالجة المشتركة حرارة تخليط كوسيلة ناجحة في التقليل من نشاطات أنزيمات الأكسدة (POD و PPO) المتنامية أثناء التخزين في حين لم يتقلص نشاط PE إلا تحت التخليط و الحفظ في الدرجة العادية، في حين لم يزداد نشاط PG إلا تحت تأثير المعالجة المشتركة حرارة تخليط تخزين في 10°م.

و في الأخير، تبدو المعالجة الحرارية المشتركة الحرارة التخليط التخزين في 10°م كوسيلة تسمح بالإبقاء على قيمة تجارية قصوى للثمر و ذلك من خلال المحافظة على شكلها النصف طري، دوقها، لونها و مطهرها العام و كذلك على مجمل خصائصها النوعية الأولية. كما أظهرت الثمر المعالجة فترة حسنة على التخزين لمدة تتقوى الخمسة أشهر المخزنة.

المفاتيح: ثمر دقلة نور، معالجة حرارية، تخليط في PEbd، تخزين، برودة، معالجة مشتركة، تلف، تركيبة كيميائية.

# PARTIE I : LES INFESTANTS DE LA DATTE, FRUIT DU *Phoenix dactylifera* L. ET LES TECHNIQUES DE DESINSECTISATION.

## 1.1 Introduction

La datte représente la 15<sup>ème</sup> production fruitière mondiale et cette production est en croissante progression selon l'évaluation de la FAO. L'Algérie fait partie de la principale zone de production de la datte qui s'étend du Maroc, à l'Ouest, au Pakistan à l'Est et qui est à l'origine de 95% de la production mondiale, estimée par la FAO à 4 millions de tonnes. L'Algérie arrive en 6<sup>ème</sup> position mais représente le premier producteur de la Deglet Nour, très appréciée sur le marché international.

Toutefois, la filière datte des principaux pays méditerranéens souffre d'un problème crucial lié à son mode production, qu'est l'infestation par *Ectomyelois ceratoniae*. En effet, les productions dattières en oasis, sous forme parcellaire et sous forme combinée avec d'autres cultures vivrières nécessaires à l'alimentation des populations locales, amènent des contaminations difficiles à traiter d'une manière brutale en raison de l'équilibre instable de ces milieux. En Algérie, chaque année, plusieurs milliers de tonnes sont perdus et seule une faible quantité de 5% de la production de Deglet Nour est exportée (FAO, 2004).

Les pertes post-récolte sont essentiellement dues à des attaques d'insectes qui s'introduisent dans le fruit, tout en empêchant toute consommation en frais, toute exportation, toute conservation.

Cette thématique a fait l'objet de plusieurs travaux. On peut citer ceux effectués par Appert (1957) ; Wertheimer (1958) ;Pereau-Leroy (1958) ; Teissere (1959) ; Lepigre (1963) ; Biliotti et Daumal (1969) ; Gothilf (1969) ; Balachowsky (1972) ; Vilardebo (1973) ; Ahmed (1982) ; El-Sayed et Baeshin (1983)et Doumandji-Mitiche (1989). De ces travaux ressort la liste des insectes identifiés dans les palmeraies et les entrepôts. Parmi tous les insectes qui causent des dégâts aux dattes, les auteurs sont unanimes pour incriminer en premier lieu les Lépidoptères. Au sein des palmeraies règne un microclimat particulièrement favorable au développement des ravageurs et des maladies. Le palmier dattier a de nombreux ravageurs et parasites, nous citerons les plus importants en Algérie et qui posent le plus de problèmes (Munier, 1973).L'existence et l'action de tous ces ravageurs et maladies sont favorisées par la présence d'une végétation d'adventices qui leur offre un foyer de reproduction actif. Le recours à la chaleur pour lutter contre les insectes a été signalé par quelques études (Dowsen et Aten, 1963 ; Munier, 1973 ; Al Taweel et al., 1997 ; Wang et al., 2004). Toutefois et à notre connaissance, aucune étude sur la désinsectisation des dattes par l'emploi de chaleur n'a été réalisée comme traitement

de substitution à la voie chimique dont les dangers sont aujourd'hui clairement établis (**Anonyme, 1992 ; Deschamps et Turpin, 1995**).

L'objectif de cette première partie est de mettre au point une technique de désinsectisation des dattes Deglet Nour, basée sur l'utilisation de la chaleur par voie sèche ou thermisation, en expérimentant divers barèmes thermiques et de voir leurs effets sur le taux d'infestation et précisément sur l'éclosion des œufs et la mortalité des larves. Le barème thermique retenu ou thermisation sera proposé comme alternative à la fumigation au bromure de méthyle actuellement appliquée.

## 1.2 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

### 1.2.1 Composition biologique : Les infestants

---

Les prédateurs de la datte sont bien connus à la suite des travaux de **Wertheimer (1958)** et **Brun (1984)**. Ces auteurs avaient remarqué la prédominance d'*Ectomyelois ceratoniae* Zell encore appelé *Myelois decolor* (fig. 1). **Vilardebo (1973)** signale la prédominance de deux autres espèces : *Ephestia sp.* Et *Plodia sp.* (Lépidoptères appartenant à la famille des *Phycitidae*). Les genres les plus communément rencontrés sont les suivants :

*Ephestia calidella* Gn,

*Ephestia elutella* Hbn,

*Ephestia cautella* Greg,

*Plodia unterpunctella* Hbn,

*Ectomyelois decolor* a été largement étudié par **Wertheimer (1958)** ; **Doumandji-Mitiche (1989)** ; **Dhouibi et Jarraya (1988)** et **Dhouibi (1991)**. C'est un petit papillon dont les chenilles parasitent les dattes peu avant leur cueillette. Il appartient à la famille des *Pyralidae* et à la sous famille des *Phycitinae*. Les dégâts causés en Algérie ou en Tunisie sont de l'ordre de 4 à 20% de la récolte. Le plus grand nombre de prédateurs soit environ 70% est représenté par des jeunes chenilles ayant atteint le tiers ou la moitié de leur développement.

C'est au cours du stockage que se produisent les dégâts dus à ces insectes, mais, en effet c'est dans la nature qu'a lieu la contamination : les papillons viennent pondre les œufs pendant le séchage des dattes, entre la récolte et l'entrée au magasin, soit une quinzaine de jours. Les chenilles poursuivent leur développement dans le fruit au cours du stockage.

Comme tous les membres de son groupe entomologique, le pyralide *Myelois decolor* passe successivement par les stades d'œuf, de chenille, de chrysalide et d'adulte ailé. Entre les mois d'Avril et Mars de l'année suivante, cinq générations se succèdent (fig. 2). Les différents stades de développement comportent les stades adulte, œuf nymphe et larve.

Au stade *Adulte*, l'insecte est de petite taille. Il mesure 16 à 22 mm de longueur et est de couleur gris clair. Ses ailes antérieures sont de couleur grise avec des dessins plus ou moins marqués, tandis que les ailes postérieures sont homochromes et plus claires. Les espèces sont différenciées par la genitalia, organe reproducteur externe. La vie de l'adulte

est courte et ne dépasse pas 3 à 5 jours. Elle est essentiellement occupée par la recherche de l'accouplement et pour la femelle, par la ponte qui dure plusieurs heures (jusqu'à douze heures). La femelle meurt après évacuation de ses derniers œufs.

L'*Oeuf* est orné de dessins géométriques. Il est clair à la ponte et devient rose après quelques heures. La durée d'incubation des œufs varie de 3 à 7 jours selon la température ; elle est d'autant plus faible que la température est élevée. Une femelle pond 60 à 120 œufs disposés isolément par petits groupes peu serrés. Selon toute probabilité, elle pond ses œufs à la surface même des dattes, se déplaçant pendant sa ponte et infestant ainsi plusieurs fruits sur le même régime.

La *Nymphe*, ou chrysalide, de couleur brun foncé, est caractérisé par la présence de deux crochets localisés à l'extérieur abdominale ; il existe un dimorphisme sexuel portant sur la localisation de l'orifice génital virtuel.



Figure 1 : Formes adultes (papillon) et larvaires (chenille) du Myelois (Brun, 1984).

Au niveau de la *Larve* cinq stades larvaires de couleur rosâtre se distinguent par la taille et la dimension des capsules céphaliques. La chenille est incolore ou grisâtre à sa naissance

puis se teinte peu à peu de rose clair, uniforme. Sa tête porte une plaque céphalique brune. ; son corps est hérissé de quelques soies raides. Aussitôt après son éclosion, la chenillette cherche un abri et de la nourriture. Dans la nature, la chenille née du fruit s'engage au niveau du périanthe et s'installe entre la pulpe et le noyau. Elle creuse des galeries dans la pulpe et tapisse celle-ci de ses excréments et de filaments de soie blanchâtre. La chenille reste dans la même datte jusqu'à sa transformation en papillon.

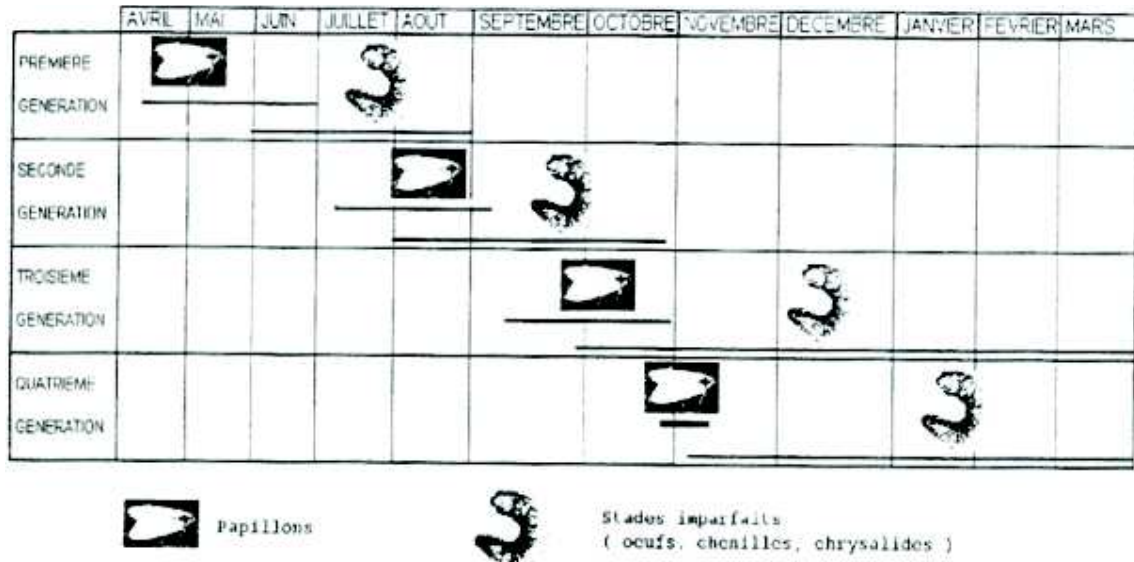


Figure 2 : Principaux stades de développement du *Myelois decolor* (Wertheimer, 1958).

En Irak, **El Sayyed et Baeshin (1983)** signalent que les dattes étaient infestées par *Oryzaephilus surinamensis*, *Ephestia cautella* et *Batrachidra amydraula*. Ces trois insectes sont largement distribués en Arabie Saoudite. Ils sont capables de causer des dommages économiques importants toute l'année, l'industrie dattière souffre terriblement des ravages de ces insectes. C'est pourquoi, dans le but de remédier à ce problème, les industriels ont pensé à la désinsectisation des dattes au champ et en entrepôts.

En Algérie, de larges quantités de dattes sèches et demi-molles sont couramment infestées par plusieurs et différents genres d'insectes de produits stockés causant des dégâts considérables chaque année (**Djerbi, 1976**). Le taux d'infestation par *Myelois* a évolué dangereusement, malgré les efforts consentis par l'Etat dans la lutte contre ce parasite. Pour les palmeraies non traitées de Ghardaïa, Ouargla et Tolga-Meghaier, les taux de présence sont respectivement de 20-30%, 15-20% et 10-20%. L'importance économique des pertes occasionnées rend obligatoire l'application des méthodes préventives de lutte (mesures prophylactiques), des méthodes curatives (lutte chimique) et de méthodes intégrées par la suite. Elle implique aussi la désinsectisation lors du conditionnement de la production (**Messar, 1996**).

Une partie des dattes algériennes de la variété Deglet Nour destinées à l'exportation doivent satisfaire un certain nombre de critères de qualité tels que la taille du fruit, sa couleur et un faible taux d'infestation, tel que l'exigent les pratiques du commerce international. Contrairement à la presque totalité des insectes cités, ceux qui s'attaquent à la datte après la récolte n'ont aucune spécificité pour cette denrée. Ils sont également très largement répandus de par le monde.

Les dattes de tous les cultivars sont attaquées par plus de 18 espèces d'insectes appartenant aux genres *Coleoptera* and *Lepidoptera*. Toutefois, les insectes ravageurs post-récolte les plus rencontrés en Irak sont la pyrale de la figue (*Ephestia cautella* Walk.) et la blatte des graines (*Oryzaephilus surinamensis* L.) (**Abbas and Dris, 2003**).

**Lepesme (1949)** cité par **Biliotti et Daumal (1969)** a signalé la présence du ravageur pyrale de la datte ou *Ectomyelois ceratoniae* Zell. dans tout le bassin méditerranéen. La polyphagie de cette espèce favorise son extension géographique. En Algérie, deux zones de multiplication ont été localisées : une première, bordure littorale de 40 à 80 kilomètres de large s'allongeant sur près de 1000 kilomètres, la seconde couvrant tout le sud-est. **Biliotti et Daumal (1969)** parlent d'un lépidoptère plus connu localement sous le nom de pyrale de la datte ou teigne de la datte. Ce papillon est capable de variations importantes, la coloration peut varier du gris sombre au blanc crème et de 6 à 14 mm pour la longueur du corps. Il en est de même pour la larve. Ainsi, dans la zone saharienne, le *Myelois* est dénommé *Myelois phoenicis* Durant., en raison de sa plante hôte, et *Myelois decolor* Zell., en raison sa coloration généralement claire. Ces deux termes ont été utilisés comme synonymes pour désigner la teigne du caroube *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, attribuée aux insectes du nord de l'Algérie en raison de leur habitat dont la taille est la plus petite et la coloration plus sombre (**Doumandji-Mitiche, 1989**).

## 1.2.2 Techniques de désinsectisation

---

Lutter contre les insectes reste une tâche difficile. **Munier (1973)** rapporte qu'il n'est pas facile de lutter contre les insectes adultes en palmeraie, il est toutefois possible de se protéger de leurs attaques en ateliers en prenant des précautions nécessaires : aménagement des magasins de stockage, traitement des locaux et des récoltes brutes. Il convient de détruire les œufs dès que possible avant leur éclosion.

Les moyens de destruction ces insectes ont été abordés par de nombreux travaux : **Wertheimer (1958)** ; **Pereau-Leroy (1958)** ; **Munier (1973)** ; **Doumandji-Mitiche (1989)** ; **El-Sayed et Baeshin (1983)** ; **Dhouibi et Jarraya (1988)**.

En 1963, **Dowsen et Aten** signalaient deux moyens de désinsectisation : l'immersion des dattes dans de l'eau bouillante et l'exposition à l'air à haute température et basse température. En plus de ces deux moyens, **Munier (1973)** rapporte le recours à la fumigation.

Un autre procédé physique de désinsectisation par irradiation à l'aide de rayons gamma est signalé par **Ahmed (1982)** ; **El-Sayed et Baeshin (1983)** et **Dhouibi et Jarraya (1988)**. D'autres équipes se sont intéressées à la lutte biologique (**Doumandji-Mitiche, 1989**).

### 1.2.2.1 Les techniques expérimentées

#### 1.2.2.1.1 Trempage dans l'eau chaude

C'est une technique réservée aux dattes sèches ou de qualité secondaire, qui ne peut pas convenir pour les fruits destinés à l'exportation. **Dowsen et Aten (1963)** rapportent que cette méthode est peut être satisfaisante quand on a affaire à de petites quantités de dattes bien particulières, mais elle ne saurait convenir aux entreprises ordinaires de conditionnement qui ont à traiter de grandes quantités de fruits. Néanmoins, il y a destruction



d insectes présents dans les dattes. Aucune autre étude donnant les détails de cette technique n'a été publiée et cette méthode semble peu utilisée.

#### 1.2.2.1.2 La Lutte biologique

Le souci de présenter un produit sain au consommateur très exigeant notamment sur le marché extérieur, certains pays ont trouvé d'autres alternatives à la voie chimique sinon en complément à celle-ci. **Lepigre (1963)** signale que l'élimination des insectes par action du bromure de méthyle, sous vide, quand les dattes sont commercialisées est un remède palliatif. Ecologiquement, l'utilisation de ce fumigant n'est pas satisfaisante. Des cadavres d'insectes et leurs excréments restent à l'intérieur des fruits une altération secondaire des dattes.

L'auteur précise quelle que soit la méthode de lutte utilisée, il est important de prévenir l'attaque initiale par *Ectomyelois*. Cette prévention peut être obtenue en utilisant par exemple des phéromones sur l'arbre ou pendant le stockage, dans le but de détecter les premiers vols des femelles d'*Ectomyelois ceratoniae* Zell.

La lutte biologique consiste à lutter contre l'infestation par des ennemis naturels (prédateurs et parasites). C'est une méthode non polluante, moins onéreuse mais aléatoire. Plusieurs travaux rapportent les résultats obtenus sur la lutte biologique contre *Ectomyelois ceratoniae* (**Lepigre, 1963 ; Biliotti et Daumal, 1969 ; Dhouibi et Jarraya, 1988 ; Doumandji-Mitiche, 1989**).

De tous ces parasites, seuls les *Phanerotoma* ont donné des résultats encourageants mais toutefois difficiles à généraliser. Le parasitisme dû à *Phanerotoma plannifons* NEES et *Phanerotoma flavitestacea* FISH était plus important (10 à 35% de parasitisme pour les dattes d'exportation et 25% pour les dattes écartées au moment du tri) (**Biliotti et Daumal, 1969**).

Parmi ces deux entomophages, le choix de la plupart des chercheurs s'est porté sur *Phanerotoma flavitestacea* à cause de la bonne réaction écologique entre l'hôte et la parasite (coïncidence régulière des éclosions d'adultes de l'hôte et du parasite).

Le *Phanerotoma flavitestacea* est un hyménoptère *Braconidae* de la sous famille des *Cheloninae* et de la tribu des *Chelonini*. Il est très répandu dans tout le bassin Méditerranéen. Tous les représentants du genre vivent aux dépens des Lépidoptères et appartiennent au groupe des parasites ovo-larvaires (ponte dans l'œuf de l'hôte et le développement dans sa larve).

Le taux de parasitisme atteignait 19 et même 34% en certains points du biotope.

#### 1.2.2.1.3 Radiations ionisantes

En plus des méthodes biologiques et chimiques, d'autres méthodes ont été essayées pour la désinsectisation de la datte, notamment l'utilisation des radiations ionisantes. Ces tentatives ont eu lieu en Irak et en Arabie Saoudite. Les résultats de ces travaux ont été rapportés par **Ahmad (1980 et 1982) ; Al-Sayed et Baeshin (1983)**. L'irradiation des denrées alimentaires est un procédé physique de traitement qui consiste à exposer les aliments à l'action directe de rayonnements électromagnétiques ou électroniques dans le but d'accroître leur durée de conservation ou d'améliorer leurs qualités hygiéniques, organoleptiques, nutritionnelles (**Mac Arthur, 1982 ; Fellow, 1966 ; Wahid et al., 1989**).

Dans le cadre d'une étude menée en Irak par **Ahmed (1982)**, des dattes Zahdi emballées en cartons du type de ceux utilisés en industrie dattière ont été désinfestés par ionisation gamma et par fumigation au bromure de méthyle. Les rayons gamma ont provoqué une désinfestation plus efficace, toutefois ce traitement reste un traitement à rémanence nulle

puisque des insectes vivants actifs et fertiles ont été trouvés par la suite, laissant supposer des cas de réinfestation.

**Al Sayed et Baeshin (1983)**, dans une étude de faisabilité sur la désinfestation des dattes produites en Arabie Saoudite par irradiation gamma, ont montré qu'une dose de 25 Krad est suffisante pour détruire le développement de *Oryzaephilus surinamensis*, *Ephestia cautella* et *Batrachidra amydraula* ainsi que tous les déprédateurs se nourrissent des variétés Safawi et Soukaria (dattes sèches). Ce traitement n'entraîne aucun changement significatif des qualités nutritionnelles et sensorielles des fruits.

Ce traitement physique pouvant se substituer à l'utilisation des insecticides et la fumigation. **Eman et al., (1994)** a étudié la possibilité de substituer le bromure de méthyle actuellement utilisé. Un traitement de 300 Krad semble suffisant très efficace pour la désinfestation, mais aussi pour prévenir le développement des aflatoxines et des champignons. Toutefois, le coût élevé de cette technique, les risques d'accidents et la réticence des consommateurs devant les produits irradiés peuvent nuire à l'essor de ce procédé.

#### **1.2.2.1.4 La fumigation**

La fumigation est une méthode préférable à tous les procédés car elle est rapide, peu coûteuse, facile à employer (**Aegerter et Folwell, 2000**). Elle n'exige pas de séchage ultérieur des dattes, n'entraîne pas un brunissement mais son effet sur les critères de qualité n'est pas toujours clarifié. Son application peut se faire sous vide ou à la pression atmosphérique. C'est actuellement la technique la plus couramment employée dans les principaux pays producteurs de dattes. **Dowsen et Aten (1963)** rapportent que dans l'industrie des fruits secs, la fumigation est le traitement par lequel on soumet les insectes introduits dans les fruits à l'action, dans un espace clos, d'un gaz toxique afin de les détruire. Le poudrage et les pulvérisations, réalisées sur l'arbre, ni l'application d'insecticides autour des piles de caisses contenant les fruits ne peuvent être assimilés à des fumigations.

La fumigation a été appliquée pour la première fois peu avant la première guerre mondiale en Californie, mais c'est seulement après la guerre qu'elle s'est généralisée (**Dowsen et Aten, 1963**). Elle est conditionnée chez tous les conditionneurs (**Vincent et Lindgren, 1972 ; Munier, 1973 ; Hussain, 1974**).

- tuer rapidement les insectes et à tous les stades,
- ne pas être toxique pour l'homme,
- ne pas être adsorbés par les dattes,
- ne laisser aucun résidu nocif dans les dattes,
- ne pas créer de modification de flaveur,
- se vaporiser ou se sublimer facilement,
- bien diffuser dans l'atmosphère lors de l'aération du produit,
- être de bon marché.

Le plus employé est le bromure de méthyle, il n'est ni explosif, ni corrosif, sauf envers l'aluminium. Ce gaz est considéré comme cancérigène. Le brome inorganique (Br-) que l'on trouve dans les produits traités, provient de la décomposition du bromure de méthyle. Toutefois, d'après **Hassouna et al., (1994)**, les doses utilisées ne sont pas dangereuses pour

l'homme, si des aérations sont effectuées pendant plusieurs jours. **Hilton et Banks (1997)** ont rapporté que 82% du bromure de méthyle appliqué était relâché 24 heures après exposition.

WILAYATE	NB DE CHAMPS	HT <sup>1</sup>	HG <sup>2</sup>	C.C <sup>3</sup>	RH <sup>4</sup>	BYDV <sup>5</sup>
Constantine	5	94	18	— *	32	24
Mila	2	25	25	—	5	45
Guelma	2	15	42	2,5	20	7,5
Sétif	2	50	45	—	5	40
Bejaia	1	20	—	—	—	30
Oum El Bouaghi	4	72	51	—	16	27,5
Khenchela	2	30	22	2,5	17	30
Batna	3	33	13	—	—	33

*Tableau 1 : Fumigants couramment utilisés dans le traitement des dattes (Dowsen et Aten, 1963).*

La fumigation, ainsi présentée est pratiquée à la palmeraie et dans les entrepôts.

### **Fumigation et poudrage à la palmeraie**

La fumigation à la palmeraie est peu pratiquée à cause de l'absence d'intervenants compétents (**Dowsen et Aten, 1963**). Elle diffère de celle qui est pratiquée chez le conditionneur parce que qu'on ne vise pas la destruction des mêmes types d'insectes.

Quant aux dattes tombées par terre, elles sont attaquées par *Ephestia* ou par un coléoptère *Oryzaephilus ssp.* La fumigation employée diffère dans ce cas de celle réalisée chez le conditionneur car c'est un travail non contrôlé par des techniciens spécialisés. C'est pourquoi il est recommandé l'utilisation de fumigants peu dangereux pour l'homme. C'est le cas du Chlorasol ou ECM, produit cinq fois plus cher que le bromure de méthyle ou le Malathion. Les régimes sont traités par poudrage.

### **Fumigation chez le conditionneur**

Plusieurs types de fumigants sont utilisés mais deux sont principalement utilisés : le Bromure de méthyle, le phosphore d'hydrogène (PH<sub>3</sub>). Bien qu'excellents insecticides, l'emploi du bromure de méthyle ou d'autres fumigants souffrent de quelques inconvénients :

Les cadavres d'insectes restent dans les fruits, sauf ceux de quelques larves du genre *Ephestia* qui irrités en début de fumigation et tentent à se mouvoir hors des fruits,

Elle ne confère pas aux dattes une "immunité" contre la réinfestation,

Elle entraîne une sorption du fumigant par les dattes.

De tous les fumigants employés, le bromure de méthyle est apparu comme le plus important et le plus efficace. **Dowson et Aten (1963)** rapporte que le bromure de méthyle était exclusivement dans les grandes entreprises modernes de conditionnement. C'est un excellent insecticide, il pénètre bien dans les fruits et détruit les insectes. Il a l'inconvénient d'être toxique pour l'homme. Toutefois, il reste très largement utilisé dans l'industrie dattière des pays producteurs **Hussain (1974)**.

Vu la toxicité de ces produits vis à vis de l'homme, les réglementations de chaque pays fixent les doses à ne pas dépasser. **Teisseire (1959) et Munier (1973)** rapportent que le bromure de méthyle est utilisé aux doses de 20 g/m<sup>3</sup> à la pression atmosphérique pendant 13 à 15 h et de 80g/m<sup>3</sup> pendant 1 h après un vide préalable. En Irak, **Hussain (1974)** signale l'utilisation d'une dose de 1kg pour 41.6 m<sup>3</sup> de dans un espace renfermé pendant 24 h.

En France, l'arrêté du 25 Janvier 1971, autorise une teneur maximale en résidus sur et dans les fruits, légumes et céréales de 0.1 mg/kg. Aux Etats-Unis, son utilisation est interdite alors qu'elle est de 80 g/m<sup>3</sup> en Tunisie (**Reynes, 1997**).

En Algérie La fumigation au bromure de méthyle reste le seul traitement chimique appliqué au niveau de toutes les unités de conditionnement des dattes. La dose recommandée est de 80g/m<sup>3</sup> de bromure de méthyle, mais aucune contrainte spécifique rattachée à l'utilisation de ce produit (hormis la norme) n'a été relevée au niveau industriel.

**Munier (1973)** signale une sorption de bromure de méthyle dans les dattes de 10 à 56 ppm mais l'aération pratiquée après fumigation en fait disparaître une grande partie. **Hassouna et al. (1994)**, n'ont pas décelé de résidus, il est vrai après une semaine d'aération ce qui est rarement appliquée en industrie. Les résultats de l'analyse de la composition chimique suggèrent que le bromure de méthyle ne modifie pas la composition globale des composés majeurs (sucres, protéines et acides aminés totaux) des dattes traitées. Bien que des variations relativement moyennes sont observées pour les teneurs en acide glutamique, proline, méthionine et lysine et cela indépendamment de la dose de gaz et de la durée ventilation appliquée. Il convient dans tous les cas de doser dans les dattes traitées les résidus de bromures inorganiques (Br<sup>-</sup>) provenant pour la plupart de la décomposition de bromure de méthyle afin d'évaluer le degré de contamination des fruits traités, destinés à l'alimentation humaine (**Hassouna et al., 1994**).

Le bromure de méthyle constitue actuellement l'une des principales substances menaçant actuellement la couche d'ozone qui entoure la Terre. Ce produit, très stable, une fois pulvérisé, il rejoint la haute atmosphère où il endommage la couche d'ozone qui a pour rôle d'empêcher les rayons ultraviolets (UV) d'atteindre la surface de la Terre. Le bromure de méthyle détruit les molécules d'ozone cinquante fois plus rapidement que les composés fluoro-carbonés. Dans une évaluation scientifique effectuée en 1994, [l'organisation météorologique mondiale](#) concluait que la mesure la plus indiquée que pourraient prendre les gouvernements pour protéger la couche d'ozone serait d'interdire progressivement l'usage du bromure de méthyle. En 1995, les pays industrialisés convenaient de cesser graduellement la production et l'usage du bromure de méthyle d'ici l'an 2010 pour respecter

le [Protocole de Montréal](#) [relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone](#) (**Anonyme 1992, Gan et al., 2001**) . Ainsi de nombreuses recherches sur le développement d'alternatives à la fumigation dans diverses cultures ont menées (**Bell et Wilson, 1995 ; Csinos et al., 1997 ; Zettler et Arthur, 2000 ; Donahaye et al., 1995 ;**

Weller et Graver, 1998 ; Aegerter et Folwell, 2000 ; Bell, 2000 ; Donahaye, 2000 ; Williams et al., 2000).

#### 1.2.2.1.5 Les micro-ondes et la désinsectisation

Il est admis sur la destruction des organismes vivants par les micro-ondes est uniquement due à l'élévation de la température du corps du parasite au dessus du seuil létal. Les insectes nuisibles sont fortement hydratés (teneur en eau supérieure à 50%), ce qui leur donne un facteur de perte diélectrique supérieur à celui du milieu environnant) e, supposant que celui-ci a une teneur inférieure à 50%, ce qui est le cas de la datte. L'élévation de la température sera plus importante pour l'insecte que pour le produit, elle leur sera fatale bien avant d'affecter les qualités organoleptiques de l'aliment (**Reynes, 1997**).

La datte, variété Deglet Nour composée essentiellement de sucres et d'eau considérées comme des molécules polaires , ce qui a permis de supposer une bonne réaction au chauffage micro-ondes (**Giesse, 1992**). Elle est dans la plupart des cas infestée par des larves et des œufs de certains lépidoptères des genres d'*Ectomyelois* et *Ephestia* (insectes et larves ayant une teneur en eau supérieure à 50%). **Reynes (1997)** a rapporté que l'application d'un traitement par micro-ondes de 65°C pendant 2 minutes a permis de détruire les œufs et les larves de *Myelois ceratoniae*. Néanmoins, les travaux sur la désinsectisation par les micro-ondes sont assez rares et leur utilisation industrielle est pratiquement inexistence.

#### 1.2.2.1.6 La thermisation

Devant les inconvénients posés par les autres techniques de conservation des denrées alimentaires et de la datte en particulier, et principalement les résidus de bromure de méthyle, le recours à la désinsectisation par la chaleur principalement des Lépidoptères a pris beaucoup plus d'envergure (**Hussain, 1974 ; Hansen, 1992 ; Ikediala, et al., 2000 ; Tang et al., 2000 ; Jonhson et al., 2003 ; Wang et al., 2004**).

Le séchage industriel à 60°C pendant au moins 2 heures détruit les insectes (**Munier, 1973**). Cet auteur citant et confirmant des travaux antérieurs, de **Shafik et Hilmy (1939)** qui rapportent que la destruction de tous les stades d'*Ephestia* et des *Myelois* dans les dattes dans les mêmes conditions, ou de **Lindergren et Vincent (1953)** qui signalent que 93% d'une population de Coléoptères attaquant les dattes, ont été tués après une exposition à 39°C à une humidité relative de 10% pendant 20 min, de 50% pendant 11 min et 90% pendant 10 min. **Fellers (1925)** déclare que tous les insectes présents dans un carton de dattes sont détruits si on les expose pendant 50 min à une température de 77°C avec une HR de 75%.

**Hussain (1974)** a rapporté que le traitement thermique des dattes à une température de 60-70°C pendant 2 heures a entraîné une mortalité de 100% du de la pyrale de la figue et de la blatte, tue non seulement les insectes mais donne également aux dattes un aspect brillant et luisant. Récemment, **Al Taweel et al. (1997)** ont trouvé que l'exposition des chrysalides de la pyrale de la figue, à une température de 50°C pendant 6 heures a causé une altération considérable de la fertilité avec une destruction complète des adultes émergents.

Un bloc de chauffage a été développé à la WSU (Washington State University) dans le but d'étudier les cinétiques de destruction thermique des cinq stades du papillon de la pomme (*Lepidoptera : Tortricidae*) (**Ikediala, et al., 2000 ; Wang et al., 2002a**).

**Dowsen et Aten (1963)** constatent que la chaleur sèche est efficace et d'application relativement facile mais le matériel nécessaire pour traiter un grand volume de dattes obligeant à utiliser un grand nombre de caisses des vergers (en les étalant sur des plateaux pour obtenir un traitement uniforme) est coûteux et exige beaucoup de place. Pour ces deux auteurs, la désinsectisation des dattes peut être obtenue par exposition à l'air à haute température.

En revanche, le stockage en chambres froide ne présente aucun de ces inconvénients, mais il faut descendre à des températures basses pour tuer rapidement les insectes à tous les stades. **Dowsen et Aten (1962)** ont constaté que les larves d'*Ephestia cautella* Walk, pouvaient résister à une température comprise entre 12 et 6°C, alors que **Bac et Cotton (1926)** cités par **Munier (1973)** signalent qu'un Coléoptère (*Oryzaephilus surinamensis* L.) est détruit à n'importe quel stade par exposition à une température de -16°C pendant une journée. Or, il est très coûteux de maintenir à une température aussi basse dans l'industrie, surtout dans les régions chaudes productrices de dattes.

**Al-Azawi (1984)** rapporte qu'une mortalité de 100% pouvait être obtenue pour les divers stades biologiques (œufs, larves, chrysalides et adultes) de *Carpophilus hemipterus*, exposés à des températures allant de 40 à 60°C. Ainsi, il était possible de tuer tous les œufs présents à 1080, 240, 25, 10 et 5 minutes aux températures respectives de 40, 45, 50, 55 et 60°C. Ce même résultat était obtenu pour les formes larvaires 5760, 240, 35, 17 et 10 minutes dans les mêmes conditions de température.

Pour déterminer le stade biologique le plus thermiquement résistant, **Wang et al. (2004)** ont sélectionné neuf combinaisons 48°C pour 2 min, 48°C pour 5 min, 48°C pour 10 min, 50°C pour 2 min, 50°C pour 3 min, 50°C pour 5 min, 52°C pour 05 min, 52°C pour 1 min et 52°C pour 2 min. Ces auteurs ont montré que toutes les formes larvaires et les œufs étaient détruits par des traitements de 50°C pendant 5 min et 52°C/2 min.

## **1.3 MATERIEL ET METHODES**

### **1.3.1 Matériel végétal**

---

Les dattes variété Deglet Nour proviennent du sud-est Algérien, de la palmeraie de Tolga (Wilaya de Biskra). Elles ont été récoltées sur différents régimes de différents arbres du même cultivar, vers la fin du mois d'octobre au stade de maturité physiologique *Tamar* (campagnes 2000 et 2001) puis transportées et maintenues en chambres froides à 4°C. Les dattes sont triées et séparées de leurs branches et les dattes infestées ou écrasées sont éliminées.

### **1.3.2 La thermisation**

---

Les dattes subissent des traitements thermiques dans une étuve ventilée aux températures suivantes :

45 ± 1°C pendant 30 minutes

50 ± 1°C pendant 25 minutes

55 ± 1°C pendant 20 minutes

60 ± 1°C pendant 10 minutes

Des lots témoins non thermisés sont constitués. Les dattes (thermisées ou non) sont réparties en lots homogènes dans des barquettes en plastique.

### **1.3.3 Réalisation des lots homogènes**

---

Avant de procéder à la répartition des échantillons en lots homogènes, les dattes passent par une période de « repos d'équilibre thermique » (Myhara et al., 2000).

Les dattes sont mélangées manuellement avec précaution et d'une manière minutieuse, plusieurs fois afin d'obtenir des lots homogènes d'un point de vue apparence (couleur, calibre). Débarrassées d'impuretés et de poussières, les dattes sont disposées dans des barquettes propres à raison de 500 ± 5 g chacune et maintenues à température ambiante.

### **1.3.4 Infestation artificielle des dattes**

---

Les dattes sont infestées au laboratoire avec des œufs et des larves d'*Ectomyelois ceratoniæ*, ravageur principal des dattes, en provenance de l'INPV d'Alger (Institut National de Protection des Végétaux, laboratoire d'Entomologie).

#### **1.3.4.1 Techniques d'infestation : Les dattes sont dénoyautées au scalpel, afin de les infester artificiellement :**

- les larves ont été élevées au laboratoire de Zoologie et leur vitalité vérifiée. Une larve est introduite par datte.

- les œufs, débarrassés des écailles des adultes sur un verre de montre garni d'eau, sont déposés sur un morceau de papier Canson noir, (à l'aide d'un pinceau) et se collent au support. Le support avec les œufs est introduit dans la datte.

#### **1.3.4.2 Détermination de l'homogénéité du traitement**

Des lots de 100 g de dattes sont soumis dans une étuve ventilée à des températures de 45 ± 1°C, 50 ± 1°C, 55 ± 1°C et 60 ± 1°C, mesurées à l'aide de thermosondes. Ces essais visent à déterminer les temps nécessaires aux dattes d'atteindre la " température à coeur " désirée. Ainsi, il est apparu que la température de 45°C est atteinte en 15 minutes, celle de 50°C en 20 minutes et celle de 55°C en 25 minutes. Ces durées supplémentaires doivent être additionnées aux durées fixées dans le protocole expérimental.

La ventilation à l'intérieur de l'étuve permet une répartition homogène de la chaleur et les dattes situées dans la périphérie atteignent la température désirée pratiquement au même temps que celles situées au centre de l'échantillon, assurant ainsi un traitement homogène des échantillons.

#### **1.3.4.3 Contrôle de la mortalité et de l'éclosion des œufs.**

Les dattes infestées artificiellement avec des larves ou des œufs sont soumises aux différents traitements de thermisation pour connaître les conditions de létalité.

Les larves sont observées 5 minutes après la sortie des dattes. Elles sont contrôlées visuellement.

Les œufs sont observés à partir du quatrième jour à l'aide d'une loupe binoculaire pour apprécier le taux d'éclosion.

#### **1.3.4.4 Détermination des conditions létales (température – durée) du traitement.**

Des lots de 5 échantillons de dattes infestés avec une larve et 20 œufs, sont portés respectivement à des températures de 45, 50, 55 et 60 ± 1°C pendant des durées d'exposition de 30, 25, 20 et 10 minutes. Les œufs traités sont mis en incubation sur lit de semoule classique commerciale, le contrôle de l'éclosion est suivi pendant cinq et parfois sept jours.

#### **1.3.5 Constitution des lots expérimentaux**

---

Les échantillons de dattes sont conditionnés en cinq lots de 05 Kg chacun correspondant aux différents barèmes de thermisation appliqués (tableau 2).

**Tableau 2 : Constitution des lots expérimentaux.**

Lots de datte	Barème de thermisation
1	Témoin (non thermisée)
2	Thermisé à 45°C/30 min
3	Thermisé à 50°C/25 min
4	Thermisé à 55°C/20 min
5	Thermisé à 60°C/10 min

#### **1.3.6 Critères de la qualité des dattes :**

---

##### **1.3.6.1- Critères physico-chimiques :**

L'analyse des critères physicochimiques de qualité est réalisée dans les mêmes conditions et selon les mêmes protocoles que ceux décrits dans la partie I. Ces critères sont la teneur en eau, le pH (Audigié et al.(1984), l'acidité titrable (AOAC, 1985) et le rapport de qualité R (Munier, 1973).

##### **1.3.6.2- Analyse organoleptique :**

Les critères organoleptiques de la datte (couleur, texture ou consistance, saveur et acceptation générale) ont été évalués selon la méthode de Larmond (1977), par un jury composé de 11 personnes en adoptant le barème de notation suivant :

Fortement accepté : 9 points Fortement rejeté : 1 point

#### **1.3.7 Traitement statistique :**

---



Les résultats obtenus sont analysés par comparaison de moyennes post hoc (Newman–Keuls au seuil de 5%) avec un niveau de signification  $P < 0.01$ . (logiciel statistique ASSISTAT Software, **Silva and Azevedo, 2006**).

## **1.4 RESULTATS ET DISCUSSION**

### **1.4.1 Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur l'infestation (taux de survivants de larves et taux d'éclosion des œufs)**

---

Les différents barèmes de désinsectisation appliqués ont montré une diminution hautement significative du taux d'infestation de tous les lots de dattes infestées artificiellement aussi bien pour les larves que pour les œufs. Les barèmes thermiques de 45°C/30 min et 50°C/25 min ont permis de réduire d'une manière sensible l'infestation avec des taux de survivance pour les larves respectivement de 36,27% et 28,48%. De même que pour les taux d'éclosion des œufs qui sont de 45,21 et 33,65%. Toutefois, la diminution la plus remarquable était observée dans les lots de dattes infestées puis traitées à 55°C/20 min et à 60°C/10 min, où l'infestation était ramenée à 11,60% et 10,37% respectivement soit des diminutions de 88,40% et de 89,63% pour les larves alors que les taux d'éclosion des œufs chutaient à des niveaux proches de zéro (fig. 3).

Ces résultats concordant avec les conclusions de Munier (1973) et Reynes (1997) qui rapportent que l'exposition des dattes à l'air à haute température est un bon moyen de désinsectisation, sont confirmées par Wang et al. (2004), qui rapporte que des températures de 50-52°C, ont assuré une destruction totale (100%) de cinq stades larvaires du lépidoptère *Cydia pomonella* L.

### **1.4.2 Validité du traitement**

---

L'effet létal observé sur les œufs et les larves de *Myelois ceratoniae* Zeller des dattes Deglet Nour infestées et soumises aux différents barèmes de thermisation appliqués a permis de montrer l'efficacité de ces traitements dans la désinfestation des dattes particulièrement aux barèmes de 55°C/20 min et 60°C/10 min. De là, il nous est apparu difficile et prématuré - à ce stade - d'opter pour un barème au détriment d'un autre. D'où la nécessité d'étendre l'étude à d'autres paramètres notamment les principaux critères de qualité des dattes et leurs caractéristiques sensorielles et organoleptiques.

### **1.4.3 Effets des différents barèmes de thermisation appliqués**

---

#### **1.4.3.1- Sur les principaux critères de qualité des dattes**

##### **1.4.3.1.1- Teneur en eau**

La teneur en eau de la datte Deglet Nour était de 21,54% MF ; Celle-ci a diminué pour l'ensemble des lots thermisés aux différents barèmes thermiques. Toutefois, seul le barème 45°C/30 min n'a pas provoqué une diminution significative (20,08% MF) alors qu'elle était significative pour les autres barèmes (fig. 4).

#### 1.4.3.1.2- pH

Les différents barèmes de thermisation appliqués ont entraîné une diminution du pH de la datte Deglet Nour par rapport au lot non thermisé. Cette baisse était significative pour les barèmes 45°C/30 min (5,31) et 60°C/10 min (5,14) alors qu'elle ne l'était pas pour les barèmes 50°C/25 min et 55°C/20 min (5,89 et 5,88 respectivement) (fig. 5).

#### 1.4.3.1.3- Acidité titrable

Le dosage de l'acidité a permis de distinguer une importante acidification de la datte Deglet Nour pour tous les lots quelque soit la barème thermique appliquée. Toutefois, le lot qui présentait l'acidité la plus forte, loin de celle du lot non thermisé était le lot thermisé à 60°C/10 min avec une augmentation hautement significative ( $p < 0,001$ ) (fig. 6).

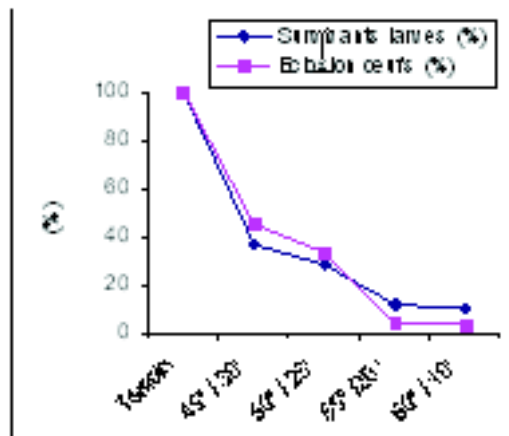


Figure 3 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur l'infestation des dattes Deglet Nour.

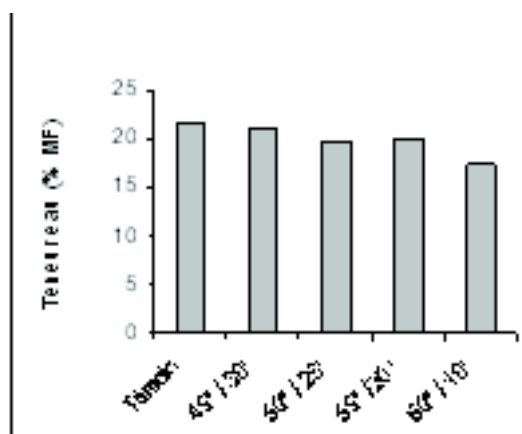


Figure 4 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur la teneur en eau des dattes Deglet Nour.

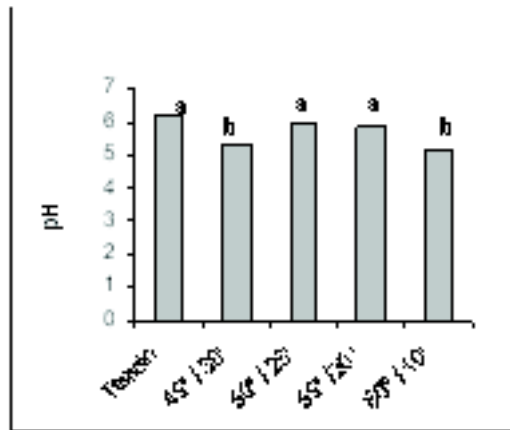


Figure 5 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur le pH des dattes Deglet Nour.

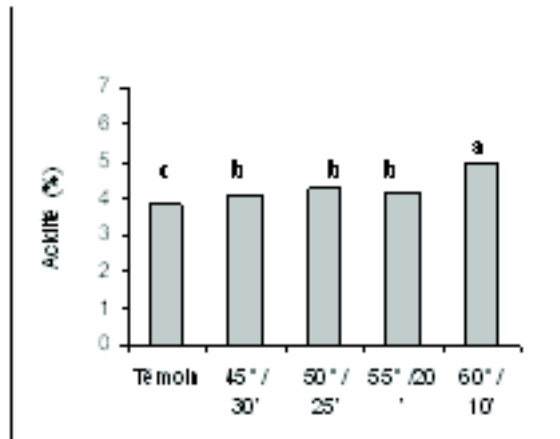


Figure 6 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur l'acidité des dattes Deglet Nour.

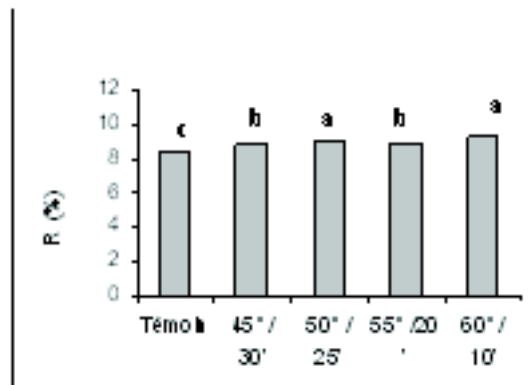


Figure 7 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur le rapport de qualité R des dattes Deglet Nour.

Ces changements dans la composition physico-chimique des dattes infestées ont été également signalés par Saleh et al. (1987) pour qui ces changements sont d'autant plus considérables que l'infestation est importante.

#### 1.4.3.1.4- Rapport R

Les différents barèmes ont engendré une augmentation significative du rapport de qualité R par rapport au lot non témoin non thermisé (fig. 7). Le rapport le plus élevé est noté dans le lot 60°C/10 min, suivi du lot 50°C/25 min. Par contre, les lots 45°C/30 min et 55°C/20 min ont présenté des rapports sensiblement égaux (8,80 et 8,85% respectivement).

#### 1.4 3.2- Sur les propriétés sensorielles et organoleptiques

Cette analyse a porté sur l'appréciation de la couleur, de la consistance, de la saveur et de l'aspect général des dattes Deglet Nour. Il apparaît une parfaite homogénéité des groupes aux quels appartiennent les lots de dattes thermisées à 55°C/20 min et les lots témoins non thermisés aussi bien pour couleur, la consistance, la saveur et enfin l'aspect général des dattes Deglet Nour (tableau 3) et confirmant les caractéristiques générales des dattes Deglet Nour (Nelson et Lawrence, 1994).

Au terme de ce complément d'étude, il apparaît clairement que le barème de thermisation qui permet une désinsectisation remarquable des dattes tout en préservant au maximum les principaux critères de qualité de la datte Deglet Nour ainsi que ses caractéristiques sensorielles et organoleptiques est le barème 55°C/20 min et c'est lui qui sera retenu comme traitement de désinsectisation des stocks de datte Deglet Nour pour la suite de notre étude.

Pour beaucoup d'auteurs, la thermisation peut constituer un traitement de désinsectisation de quarantaine pour des produits telles que les dattes destinées à l'exportation (Heather et al., 1997 ; Mourier et Poulsen, 2000).

Tableau 3 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur les propriétés sensorielles de la datte Deglet Nour.

	Couleur	Consistance	Saveur	Aspect général
Non Traité	8,50 ± 0,13 (a)	8,28 ± 0,27 (a)	7,50 ± 0,23 (a)	8,00 ± 0,10 (a)
45°/30 min	6,73 ± 0,14 (b)	5,79 ± 0,15 (b)	5,05 ± 0,38 (b)	5,90 ± 0,17 (b)
50°/25 min	6,16 ± 0,17 (c)	5,74 ± 0,23 (b)	5,58 ± 0,35 (a)	5,17 ± 0,06 (b)
55°/20 min	7,16 ± 0,17 (a)	6,18 ± 0,33 (a)	5,67 ± 0,27 (a)	6,55 ± 0,21 (a)
60°/10 min	5,50 ± 0,35 (a)	4,90 ± 0,20 (b)	5,00 ± 0,26 (b)	5,50 ± 0,20 (c)

Barème de notation : Fortement accepté : 9 points Fortement rejeté : 1 points

Remarque : Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).

## 1.5 CONCLUSION

Les différents barèmes de désinsectisation appliqués ont montré une diminution hautement significative du taux d'infestation de tous les lots de dattes Deglet Nour, particulièrement dans les lots infestés puis traités à 55°C/20 min et à 60°C/10 min, où un effet létal était observé sur les œufs et les larves de *Myelois ceratoniae* Zeller, confirmant ainsi l'efficacité de la chaleur comme moyen de désinsectisation de stocks alimentaires.

En considérant l'effet de ces barèmes de désinsectisation sur les principaux critères de qualité des dattes et leurs caractéristiques sensorielles et organoleptiques, il a été noté que la teneur en eau de la datte Deglet Nour était significativement diminué pour l'ensemble des lots à l'exception du barème 45°C/30 de même que pour le pH diminué significativement sauf pour les barèmes 50°C/25 min et 55°C/20 min. L'importante acidification de la datte Deglet Nour induite par tous les traitements appliqués était encore plus notable à 60°C/10 min.

Le rapport de qualité R était significativement augmenté par tous les barèmes appliqués.

L'appréciation de la couleur, de la consistance, de la saveur et de l'aspect général des dattes Deglet Nour a montré une parfaite homogénéité des groupes aux quels appartiennent les lots de dattes thermisées à 55°C/20 min et les lots témoins non thermisés aussi bien pour couleur, la consistance, la saveur et enfin l'aspect général des dattes Deglet Nour.

Au terme de ce complément d'étude, il apparaît clairement que le barème de thermisation qui permet une désinsectisation remarquable des dattes tout en préservant au maximum les principaux critères de qualité de la datte DN ainsi que ses caractéristiques sensorielles et organoleptiques est le barème 55°C/20 min et c'est lui qui sera retenu comme traitement de désinsectisation des stocks de datte Deglet Nour pour la suite de notre étude.

Les traitements thermiques sont de plus en plus acceptés comme traitements de remplacement du bromure de méthyle toutefois, la détermination des stades de développement biologiques les plus sensibles est essentielle à l'élaboration de protocoles de désinsectisation basés sur l'énergie thermique.

La rentabilité au niveau industriel d'un tel traitement de désinfestation, reste à démontrer compte tenu de l'hétérogénéité des dattes livrées à l'usine de conditionnement (degré variable d'humidité, variétés différentes, alimentation irrégulière du tunnel de conditionnement, etc.) et du barème thermique appliqué. L'influence de la thermisation sur les principaux critères de qualité et sur la composition chimique (sucre, phénols, activités enzymatiques etc.) des dattes constitue une préoccupation primordiale : c'est ce nous avons réalisé dans le chapitre suivant.

# PARTIE II : INFLUENCE DE LA THERMISATION SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE ET BIOCHIMIQUE DE LA DATTE, FRUIT DU *Phoenix dactylifera* L.

## 2.1 Introduction

Le palmier dattier est l'une des premières cultures domestiquées par l'homme et sa culture apparaît avoir été bien installée en Irak environ 4000 ans avant Jésus-Christ (**Popenoe, 1913, Dowsen et Aten, 1963**). Le palmier est cultivé entre 10° et 35°N de latitude, principalement dans le Proche Orient, Moyen orient, l'Afrique du nord, les vallées des indes et aux USA. Le palmier dattier est adapté à l'habitat xérique et se comporte très bien dans les environnements désertiques, inadaptés à la plupart des cultures. Il ne se prospère que dans les endroits chauds et bien arrosés ; partout où l'eau existe. Selon un proverbe arabe, le dattier désire avoir « les pieds dans l'eau et la tête dans le feu ».

La botanique du palmier dattier a été étudiée par certains auteurs (**Chevallier, 1952 ; Munier, 1973**).

Selon la classification de LINNE établie en 1734 (**Munier, 1973**), le palmier dattier appartient à la classe des Monocotylédones, ordre des des Spadiflore, famille des *Arenaceae* ou *Palmae*, tribu des *Coryphineae*, genre *Phoenix* et espèce *dactylifera*. (**Carpenter et Ream (1976)** ont en identifiés près de 19 espèces. C'est une monocotylédone pouvant atteindre de 10 à 30 mètres de hauteur. Le tronc appelé "stipe" ne se ramifie pas et conserve sur toute sa longueur un diamètre constant. A la partie supérieure s'étale un magnifique bouquet de feuilles appelées "palmes". C'est au mois d'Avril qu'apparaissent dans ce bouquet une vingtaine de grappes ou "régimes". Le palmier étant dioïque, on le multiplie par rejets afin d'obtenir avec certitude des pieds porteurs de fruits. Le palmier dattier ne commence à produire ses fruits qu'à partir d'un âge moyen de 05 ans et continue sa production évaluée en moyenne de 400 à 600 kg annuellement pendant 60 ans (**Ahmad et al., 1995 et Myhara et al., 2000**).

Le fruit du palmier dattier appelé "datte" possède une chair épaisse, molle, demi-molle ou sèche et sucrée. La pulpe est appelée périsperme composé d'un exocarpe, un mésocarpe charnu et un endocarpe feuilleté. La partie dure que l'on trouve à l'intérieur n'est pas un noyau comme on le dit couramment mais bien la graine elle – même. La datte est une baie et la graine renferme un abondant albumen corné et un petit embryon. (**Peyron et Gay, 1988 ; Samarawira, 1983**). En général, les dattes ont une peau lache et plissée en ampoules, une chair épaisse et tendre et d'un saveur exquise. Les dattes sèches moins sucrées, ont une peau fortement ridée et une chair qui durcit avec le temps. La taille du fruit est un caractère variétal, sa longueur varie de 1,5 cm – 7,8 cm et son poids de 2 à 15 g (**Ejlali et al., 1975**) mais peut être modifiée par des pratiques culturales telle que l'éclaircissement des fruits et des bouquets (**Nixon et Carpenter, 1978**).

Le palmier dattier constitue pour les populations du sud algérien un arbre fondamental, non seulement pour son importance économique, mais aussi parce qu'il fait partie intégrante du patrimoine historique, culturel et religieux. Dans les vastes espaces du Sahara, les oasis produisent des dattes nobles d'une qualité exceptionnelle dont la variété Deglet Nour qui constitue l'ossature des exportations de dattes (**Djerbi, 1995**). En effet la variété Deglet Nour est de renommée mondiale et considérée comme un ambassadeur économique. Elle est très prisée par les fins connaisseurs, grâce à son aspect, son onctuosité, sa flaveur et son très bon rapport de qualité R (noyau/datte entière). La phœniciculture, pilier de l'agriculture saharienne représente la principale ressource de 2,2 millions d'habitants du sud algérien. Le patrimoine national est estimé à 13,5 millions de palmiers dattiers dont 5 403 140 sont de la variété Deglet Nour, étendus sur une superficie de 120 830 ha. En 2006, la production dattière était de 492 200 tonnes soit plus de 11% de la production mondiale, faisant ainsi de l'Algérie un des principaux pays producteurs et exportateurs de dattes et le premier dans la production de la variété Deglet Nour à forte valeur ajoutée (**Anonyme, 2006**). Les cultivars sont estimés à plusieurs centaines dont les plus couramment rencontrés sont : Deglet Nour, Ghars, Mech Degla, Haloua, Takerboucht, Tantboucht etc. (**Hannachi et al. , 2001**). Le patrimoine phœnicicole peut être divisé en 03 grandes régions : région du Sahara du Nord (Oued Righ, Zibans, Souf et M'zab), région du Sahara Central (El Golea, Touat et Saoura) et région des Ajjer (Tamanrasset, Illizi et Djanet), mais les plus importantes palmeraies s'étendent sur le sud-est Algérien tout particulièrement dans les régions de Biskra, Tougourt, El-Oued et Ghardaïa.

Les nombreux inconvénients engendrés par l'utilisation de la fumigation, ont incité à la recherche de nouveaux moyens de désinsectisation et de conservation des dattes. Parmi ces traitements, les traitements thermiques (**Munier, 1973 ; Al-Taweel et al. , 1997**) peuvent être envisagés. Ces traitements peuvent effectivement constituer des alternatives intéressantes complémentaires aux bonnes pratiques de conservation à même de garantir une qualité optimale à la datte (**Sayed Ali et al. , 2004**).

L'objectif de cette deuxième partie est de voir l'influence de la thermisation au barème thermique 55°C/20 min, retenu comme technique de désinsectisation, sur la composition chimique et biochimique de la datte Deglet Nour.

## **2.2 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **2.2.1 Formation et maturation de la datte**

---

Le dattier étant une espèce dioïque, exige la présence d'un pied mâle à proximité d'un pied femelle pour que la pollinisation puisse s'effectuer (Munier, 1973). On les multiplie par rejets afin d'obtenir avec certitude des pieds porteurs de fruits. La datte provient du développement d'un des trois carpelles après fécondation de l'ovule, les deux autres ne développent que des fruits parthénocarpiques (fig. 8).

Après sa formation, des stades de développement du fruit ont été observés par plusieurs auteurs (Dowsen et Aten, 1963 ; Munier, 1973 ; Samarawira, 1983 ; Peyron et Gay, 1988 ; Barreveld, 1993). Ces stades sont importants car en relation avec la quantité et la nature de sucres qui sont accumulés. La maturité du fruit est un caractère variétal, mais prend en général 6-7 mois pour que le fruit se développe jusqu'à maturité (fig. 9).

En réalité, il existe 5 stades de maturation du fruit tels que identifiés selon la nomenclature Irakienne : Hababouk, Kimri, Khalal, Routab et Tamar. Pour les variétés qui mûrissent en 7 mois, 4 stades de développement, facilement reconnaissables sont :

#### **Stade Hababouk**

C'est la petite datte sphérique de couleur crème qui constitue le premier stade après pollinisation, de forme ovoïde présentant une pointe en apex. Son poids est inférieur au gramme.

#### **Stade Kimri (K)**

L'âge des dattes vertes est de 124 jours près après pollinisation. Le stade Kimri dure presque 17 semaines. Durant cette phase, le fruit est dur et de couleur verdâtre avec une teneur en humidité élevée de 80% approximativement. Il est caractérisé par une augmentation de poids et de volume de la datte, une accumulation des sucres totaux (presque 50% M.S.) dont la totalité représente des sucres réducteurs et une très forte acidité.

#### **Stade Khalal**

L'âge des dattes est de 138 à 150 jours après pollinisation. Le stade Khalal suit le stade Kimri et dure presque 6 semaines. Le fruit augmente de taille (maximale) et change de couleur du vert au jaune ou orange. Ce stade est aussi marqué par une accumulation rapide de la teneur en sucres totaux composés majoritairement de saccharose, alors que l'acidité réelle et le taux d'humidité décroissent.

#### **Stade Routab**

L'âge de la datte est de 150-170 jours après pollinisation. Le stade Routab qui suit le Khalal, dure presque 4 semaines. Durant cette phase, la datte se ramollit et perd son astringence change de couleur au brun clair. Certaines quantités de saccharose accumulées durant le stade précédant peuvent être invertis en sucres réducteurs, constituant ainsi une proportion plus élevée en comparaison au saccharose.

#### **Stade Tamar (> 170 jours après pollinisation)**

Ce stade correspond à l'étape finale de maturation du fruit et dure presque 2 semaines. Le fruit noircit en prenant une couleur brun foncé ou noire. Les dattes molles demeurent molles à la fin du stade *Tamar* et la majorité du sucre qui s'est accumulé est de type réduit. Pour les dattes demi-molles et sèches, le processus de dessèchement débute en débute au stade *Routab*, par conséquent, les dattes caractérisées par un mûrissement tardif sont demi-molles ou sèches à la fin du stade de maturation *Tamar*. Ces dernières sont approximativement en proportions égales en saccharose et en sucres réducteurs à ce même

stade (**Samarawira, 1983 ; Boij et al., 1982 ; Myhara et al., 2000**). C'est à ce stade que sont comparées les dattes qui présentent des critères physico-chimiques stables. **Khalifa et Sid Ahmed (1988)** en comparant à ce stade, des variétés de dattes soudanaises ont montré une stabilité des principales caractéristiques notamment les teneurs en sucres et les caractéristiques morphologiques.



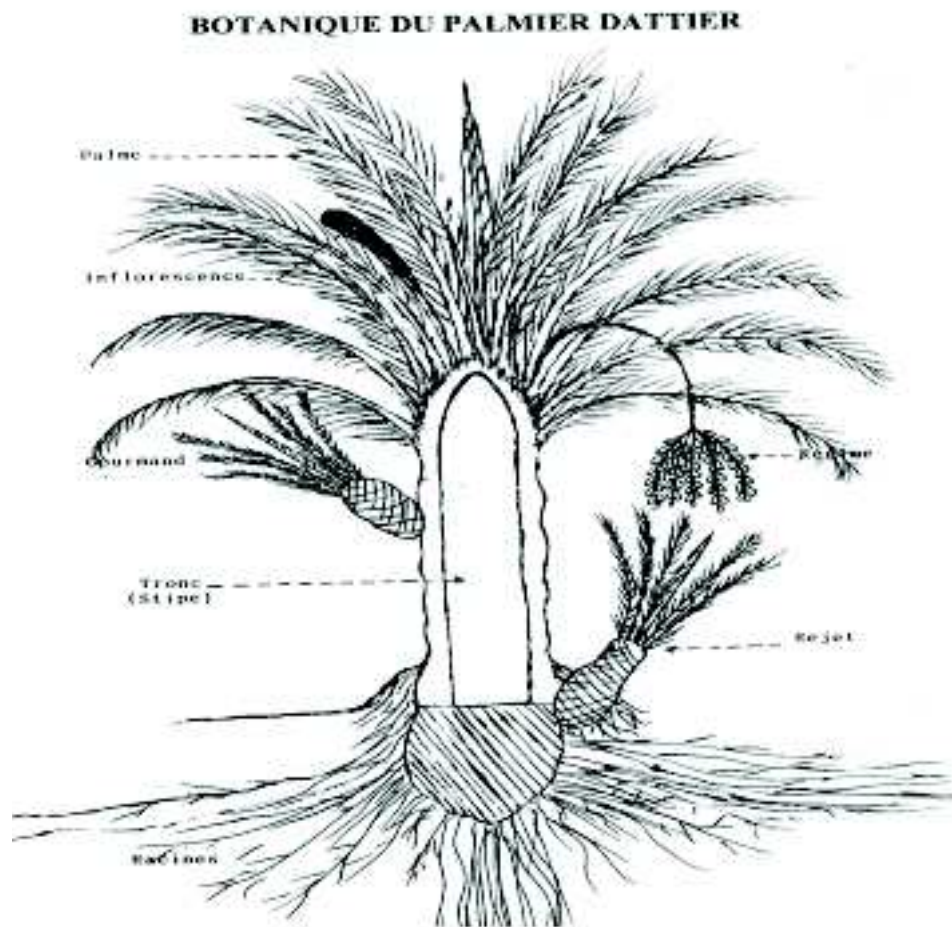


Figure 8 : Représentation schématique d'un palmier dattier (Munier, 1973).

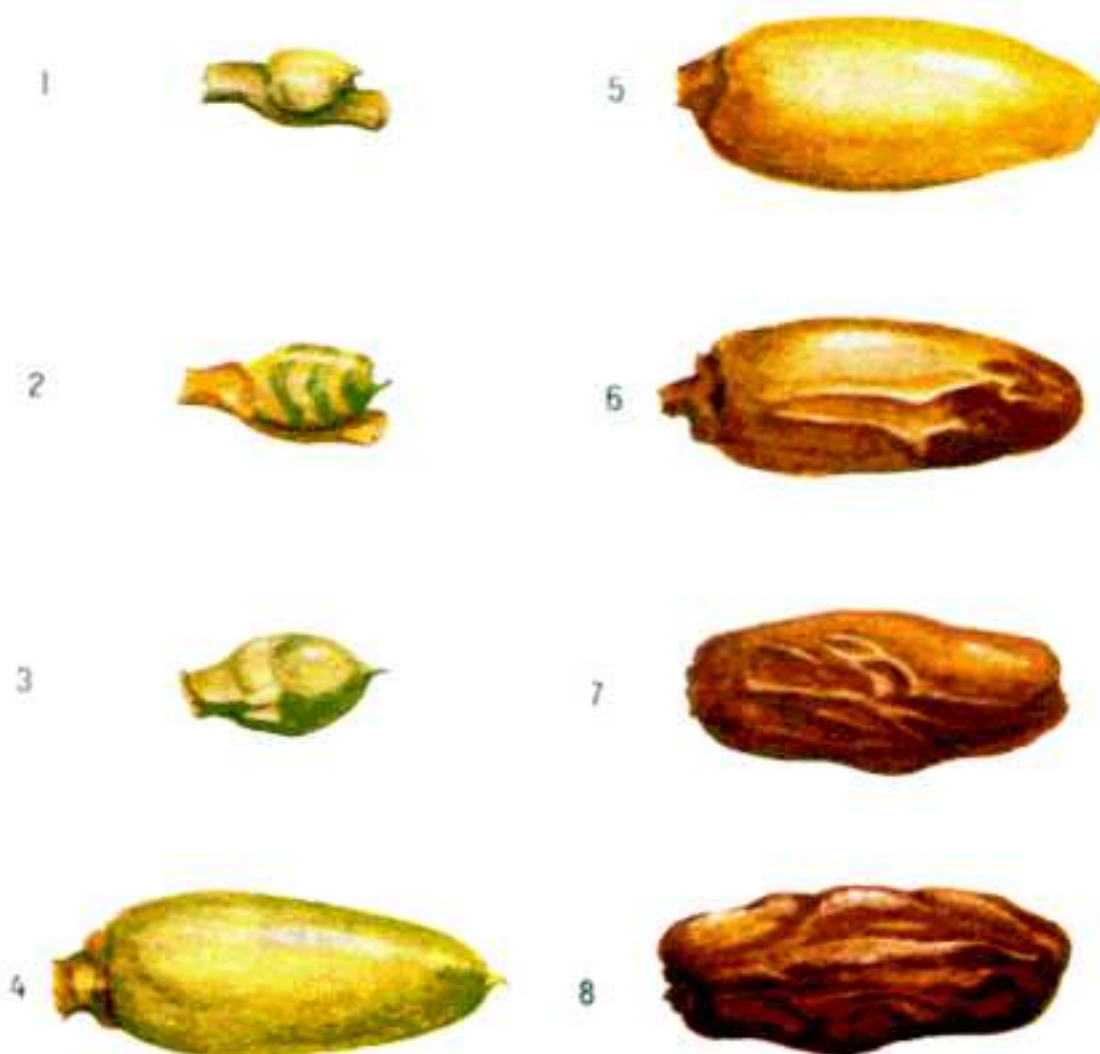


Figure 9 : Stades de maturation de la datte (Munier, 1973).

- 1-2 Hababouk
- 3-4 Kimri
- 5-6 Khalal
- 7 Routab (Martoub)
- 8 Tamar (Tamr)

#### Changements dans la composition de variétés de dattes

L'évolution de la composition physico-chimique des dattes a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs (Vinson, 1911 ; Cook et Furr, 1952-1953 ; Fayadh et Al showiman, 1990) notamment dans les pays producteurs ou grands consommateurs de dattes tels qu'en Irak (Rawi et al ., 1967; Mohamed et al ., 1983), au Soudan (Nour and Magboul, 1985), en Egypte (Salem and Hegazi, 1971), en Arabie Saoudite (Sawaya et al ., 1983), aux Emirats Arabes Unies (Ahmed et al ., 1995 ; Al Hooti et al ., 1997) et en Tunisie (Reynes et al ., 1994) ou en Algérie (Belguedj, 1996). Dowsen et Aten (1963) s'appuyant sur les travaux de Postlethwaite (1938) et Girard (1960) ont caractérisé chacun des stades de maturation de la variété Deglet Nour (tableau 1). Il peut être observé une accumulation

rapide de sucres, principalement du saccharose qui se produit au stade *Khalal*. De plus, le niveau de saccharose est maintenu à un niveau élevé comparativement au 30% d'humidité du stade entièrement mûr *Routab* (tableau 4).

L'analyse de dattes (3 variétés molles et 1 variété demi-molle) au stade final Tamar (tableau 5) a montré que la teneur en saccharose des variétés de dattes molles est négligeable et presque tout le sucre est de type réducteur alors que dans les variétés demi-molles, 36% du poids frais est sous forme de saccharose (Cleveland et Fellers, 1932 ; Dowsen et Aten, 1962).

## **2.2.2 Composition**

---

### **2.2.2.1 Teneur en eau**

La teneur en eau des dattes varie beaucoup tout au long des stades naturels de développement. L'eau s'accumule au stade Kimri (85%) pour décroître considérablement jusqu'à 25% au stade *Routab* (**Dowsen et Aten ; Barreveld, 1993**).

La teneur en eau varie de 12 à 30 % selon la variété de dattes et selon les régions de production. La Deglet Nour d'Algérie (tableau 6) contient environ 25 % d'eau (**Belguedj, 1996**). Aux Etats-Unis, les dattes de la variété Deglet Nour peuvent atteindre plus de 30 % de teneur en eau alors qu'en Irak, les dattes sont vendues avec seulement 15% d'eau.

### **2.2.2.2 Les sucres**

De part leur teneur, les sucres représentent le constituant majeur de la datte (**Munier, 1973 ; Djerbi, 1976 ; Belguedj, 1996 ; Hannachi et al. , 1998**) (tableau 7).. L'accumulation des sucres se produit dans le mésocarpe durant le développement du fruit (**Samarawira, 1983**) et atteint à la récolte une teneur qui varie de 70-80% (**Samarawira, 1981**). De nombreux travaux (**Cook et Furr, 1953 ; Reynes et al ., 1994 and Al-Hooti et al ., 2002**) ont montré que la datte contient trois sucres : glucose, fructose et saccharose. Au stade de final de maturité, la composition en sucres permet de classer les dattes en trois catégories : les dattes à sucres réducteurs (ex : Ghars), celles à saccharose (ex : Deglet Nour) et les dattes dites intermédiaires (ex : Degla Baïdha).

Le taux d'évaporation de l'eau étant important, **Kanner et al. (1978)** ont constaté que ce taux est faible dans les fruits où l'activité spécifique de l'invertase est élevée (dattes à sucres réducteurs). Il est plus élevé dans les fruits où l'activité de l'invertase est faible (dattes à saccharose), expliquant ainsi le fait que les dattes à sucres réducteurs sont généralement molles alors que celles à saccharose sont dites sèches.

**Tableau 4 : Changements dans la composition de la datte Deglet Nour de Californie durant son développement (Rygg, 1946 ; Dowsen et Aten, 1962).**

**Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.**

Stades de maturité	Poids frais du fruit (g)	Teneur en eau (%MF)	Sucres Réducteurs <sup>(1)</sup>	Saccharose <sup>(1)</sup>	Sucres totaux <sup>(1)</sup>	pH
<i>Kimri</i> précoce	0.2	78	5	8	13	5.5
<i>Kimri</i> tardif	9.8	85	34	6	40	5.3
<i>Khalal</i>	15.1	79	20	40	60	5.7
50% <i>Routab</i>	14.4	41	13	61	74	6.0
90% <i>Routab</i>	13.6	35	20	58	78	6.0
<i>Routab</i> entier						
Fruit mur	12.6	30	24	58	77	6.2

(1) teneurs exprimées en % de matière sèche.

**Tableau 5 : Analyses de dattes au stade Tamar (Dowsen et Aten, 1962).**

Texture	Molle	Molle	Molle	Demi-molle
Composition (% Poids Frais)	Hallawi (Irak)	Saïdi (Libye)	Biskraari (Libye)	Deglet Nour (Sahara)
Eau	19.0	12-21	23	-
Sucres réducteurs	74.0	63-71	64	45
Saccharose	0.0	0.3-0.9	-	36
Sucres Totaux	74.0	63-72	-	81

**Tableau 6 : Composition de la datte Deglet Nour algérienne (Belguedj, 1996).**

Eau (%)	Cendres (%MS)	Acidité (%)	Pectines (%MS)	TSS (%MS)	Sucres réducteurs (%MS)	Saccharose (%MS)	Sucres totaux (%MS)	Sucres/eau
24,65	1	1,6	2,1	84	27,1	42	71,37	2,89

**Tableau 7 : Teneurs en sucres de quelques variétés de dattes Nord-africaines (Djerbi, 1976).**

	Monosaccharides (%MS)	Saccharose (%MS)	Sucres totaux (%MS)
Deglet Nour	17.00	78.00	95.00
Ghars	90.00	3.00	93.00
Tinnaceur	71.00	16.00	87.00
Jihel	65.80	09.60	75.40
Boufeggous	71.10	00	71.10
Boustami	69.20	01.60	70.80
Bouskiri	17.30	46.00	63.30
Mejhoul	64.80	00	64.80

La datte Deglet Nour constitue une exception, car datte à saccharose par excellence (Cook et Furr, 1953 ; Booj et al. , 1992), elle figure parmi les dattes demi molles. En fait, contrairement à la datte sèche qui ne présente pas de stade Routab, la Deglet Nour passe par un stade où elle acquiert les caractères d'une excellente datte molle. C'est à ce stade qu'elle est récoltée. Sa richesse en saccharose lui confère saveur sucrée agréable très appréciée par le consommateur.

Les fruits du palmier dattier sont classés commercialement sur la base de la texture de la peau en tant dattes molles, demi-molles ou sèches. La texture apparaît liée à la teneur en eau et au type de sucre dans le mésocarpe. Dans la classification de dattes saoudiennes et irakiennes (**Hussein et al. , 1976**), les dattes molles ont une humidité de plus de 30%, un faible taux de saccharose mais plus de 70% de sucres réducteurs (glucose et fructose). Les différents cultivars peuvent être différenciés par la teneur en saccharose de leurs fruits. La maturation des dattes est caractérisée par une augmentation de la teneur en sucres totaux. Les sucres réducteurs sont généralement présents en une solution équimolaire de glucose et en fructose, résultant de l'hydrolyse du saccharose (**Myhara et al. , 1999**). **Samarawira (1983)** a rapporté que les demi-molles sont des dattes de 20-30% d'humidité, 18-30% de saccharose et 45-54% de sucres réducteurs. Les dattes sèches contiennent moins de 20% d'humidité et des proportions presque égales en saccharose et sucres réducteurs (33-46%).

Encore d'après **Dawsen et Aten (1963)**, les dattes demi-molle contiennent une teneur en saccharose intermédiaire exceptée celle du cultivar Deglet Nour, datte à saccharose par excellence (**Booij et al. , 1992**).

### **2.2.2.3 Les polyphénols**

Les composés phénoliques de la datte sont responsables du goût astreignant du fruit (**Ziauti et al. , 2001**). Ils participent dans le brunissement oxydatif - enzymatique et non enzymatique des dattes résultant des modifications indésirables dans l'apparence, le goût et la valeur nutritionnelle du fruit (**Al Ogaïdi et Mutlak, 1986**). Composés exclusivement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, on peut donc sans problème les rapprocher des glucides. Du point de vue de la biosynthèse, il existe une interdépendance patente entre les acides aminés aromatiques et l'acide cinnamique, la substance-clé des composés phénoliques (**Gerhard, 1993**).

La voie réactionnelle de synthèse des cycles aromatiques la plus caractéristique des plantes vertes est dénommée « voie de shikimate ». Cette voie conduit à l'acide cinnamique à partir de l'acide shikimique. Dans un premier temps, du phosphoénolpyruvate et de l'érytrose-4-phosphate subissent une aldocondensation, produisant un corps en C<sub>7</sub>. Dans un deuxième temps, ce composé donne naissance à deux dérivés du cyclohexane ; delà se forme le shikimate à l'aide de NADPH+H<sup>+</sup> après réduction du déshydroshikimate, composé résultant de la déshydratation de l'une des deux dérivés. La désamination oxydative de la phénylalanine en acide cinnamique et de la tyrosine en acide *p*-coumarique est catalysée par des enzymes spécifiques : la phénylalanine ammonia-lyase et la tyrosine ammonia-lyase. La première fonctionne comme enzyme-clé à l'embranchement des voies de la synthèse des composés phénoliques et de celle des acides aminés ou des protéines (**Gerhard, 1993**).

A côté de cette voie, il existe d'autres voies réactionnelles aboutissant également à la synthèse des cycles aromatiques telles que la **voie acétate-malonate** et la **voie acétate-mévalonate**.

La voie **acétate-malonate** suggère que des unités en C<sub>2</sub> de malonyl-CoA -préparées par l'acétyl-CoA carboxylase- sont ajoutées à la substance de départ, le dérivé-CoA de l'acide cinnamique (cinnamoyl-CoA), comme dans la synthèse des acides gras et ceci en trois étapes successives, alors que la voie acétate-mévalonate, célèbre des mono terpènes monocycliques, conduit à des monocycles aromatiques (Thymol et Camphre par exemple) ,

par le déplacement d'ion hydrure à l'intérieur du cation de la structure suivi d'une cyclisation (Gerhard, 1993).

Les acides phénoliques

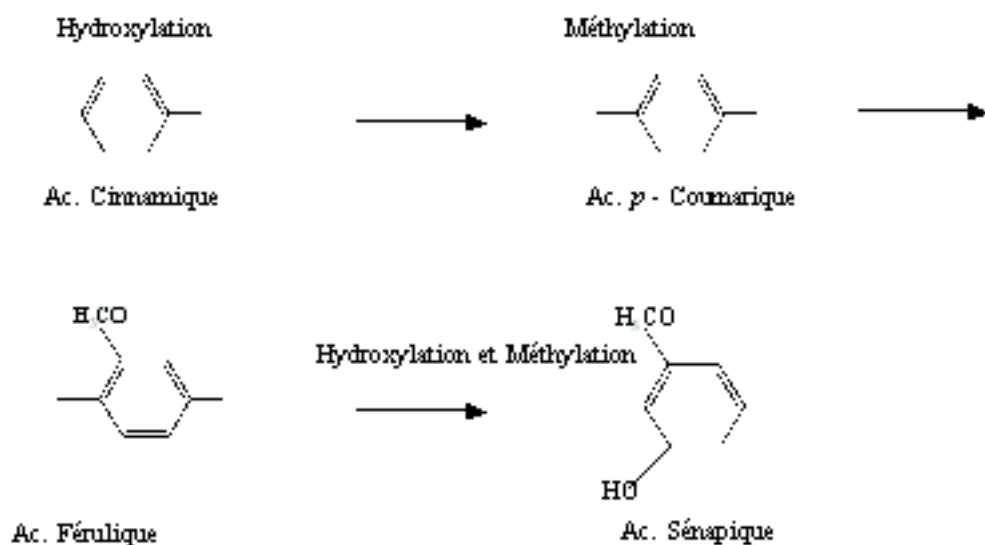
Le mécanisme de biosynthèse des différents dérivés de l'acide cinnamique grâce à des substitutions au niveau du cycle aromatique (fig.10).

Les composés phénoliques simples doivent être aussi considérées comme des dérivés de l'acide cinnamique, tant du point de vue de leur structure que de leur biosynthèse. Ils ont perdu entièrement ou partiellement les chaînes latérales caractéristiques. Les atomes de carbone des chaînes latérales des dérivés de l'acide cinnamique sont éliminés par  $\beta$ -oxydation, il se forme de l'acide 4-hydroxybenzoïque utilisé dans la synthèse des composés phénoliques simples (acide protocathéchique, acide gallique, acide syringique...) (Gerhard, 1993).

Les acides phénoliques peuvent être retrouvés dans les dattes à l'état libre et combiné. Regnault-Roger et al. (1987) ont étudié les polyphénols présents dans les dattes communes et dans la sève du palmier (tableau 8). Plus récemment, Mansouri et al. (2005) ont tenté de déterminer le profil phénolique de sept variétés différentes de dattes mures algériennes dont la Deglet Nour.

Les polyphénols sous formes simples sont présents en faibles concentrations dans la plupart des variétés de dattes. Selon Macheix et al. (1990), on dénombre essentiellement des acides phénols tels que les acides cinnamiques en C<sub>9</sub> (ou acides phénocarboxyliques) à l'origine des voies de synthèse de nombreuses substances (la lignine par exemple). Il faut associer aux acides cinnamiques, les coumarines, constituées également par un élément C<sub>6</sub>C<sub>3</sub>, dans lequel la chaîne en C<sub>3</sub> est sous forme d'hétérocycle oxygéné. L'acide p-coumarique est l'un des constituants essentiels de la datte (tableau 9).

Le principal polyphénol, l'acide dactylifériolique (acide 3-O-caffeoylshikimique) ainsi que deux autres isomères (4-O- et 5-O-) ont pu être identifiés par Maier (1963) (fig. 11). Celui-ci souligne une probable participation de cet acide au processus de brunissement enzymatique de la datte. Plus récemment, Vandercook et al. (1980) ont constaté que c'est cet acide qui s'accumulait dans les dattes plutôt que l'acide chlorogénique.

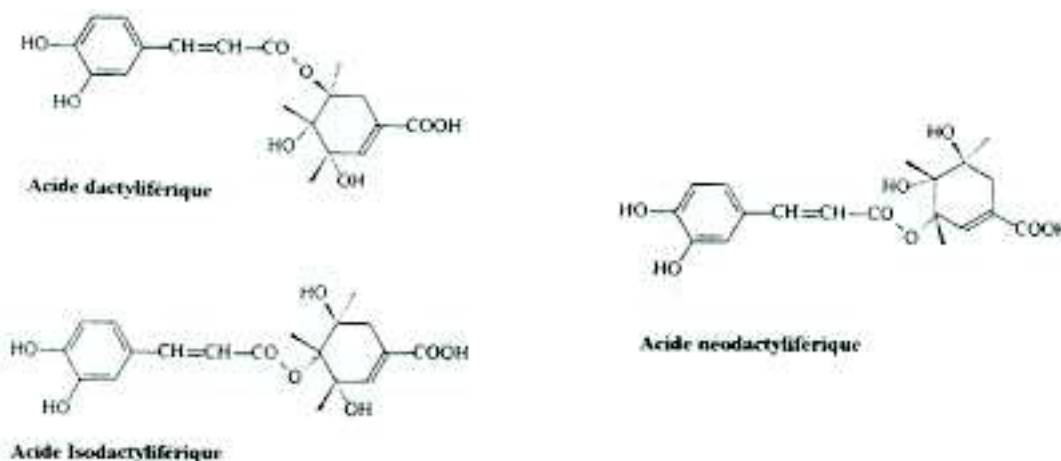


*Figure 10 : Le mécanisme de synthèse des dérivés de l'acide cinnamique (Gerhard, 1993).*

**Tableau 8: Acides phénoliques dans la datte (Regnault-Roger et al., 1987)**

Acide	Forme libre (1)	Combinée (1)	Total (1)
Protocatéchique	0,7	1,5	2,2
<i>p</i> -hydroxybenzoïque	1,5	0,2	1,7
Syringique	1,1	0,1	1,2
Malique	1,6	0,0	1,6
Quercétinique	0,2	0,0	0,2
Férulique	0,9	0,0	0,9
<b>Total</b>	<b>6,9</b>	<b>2,8</b>	<b>9,7</b>
<b>en µg/kg base matière sèche</b>	<b>861,0</b>	<b>356,0</b>	<b>1217,0</b>

(1) teneurs exprimées en % (poids/poids)



*Figure 11 : Acide dactyliférique et ses isomères (Maier, 1963).*

La présence de **tannins** dans les dattes au stade immature a été signalée par **Vinson (1911)** ; Selon **Haslam (1977)** et **Ziauti et al., (2001)**, leur interaction avec les protéines au niveau du palais est responsable de la forte astringence des dattes vertes. La concentration en tannins décroissait en fonction de la maturation. **Vandercook et al. (1980)** en se basant sur les travaux de **Maier et Metzger (1965a et 1965b)** ont étudié l'évolution quantitative des polyphénols, tannins solubles et insolubles, selon les stades de maturation.

**Sawaya et al. (1982)** puis **Al Ogaïdi et Mutlak (1986)** ont montré que la teneur en polyphénols décroît du stade vert au stade de maturité. L'évolution vers le stade de maturité (Tamar) aboutit vers une forte concentration en tannins solubles et inversement à une teneur considérablement réduite en tannins insolubles.

Dans la plupart des variétés de dattes, le changement des teneurs des tannins solubles au profit des formes insolubles durant le processus de maturation semblerait être dû à des réactions d'oxydations enzymatiques (**Al Ogaïdi et Mutlak, 1986**). Les concentrations en tannins solubles de l'ordre de 1,7 à 6,7% au stade Khalal passent à 0,6%-2,7% environ au stade Tamar (**Sawaya et al., 1982**), confirmant ainsi les résultats déjà signalés par **Coggins et Knapp (1969)**.

**Maier et Metzger (1964a et b)** ont rapporté un accroissement dans la teneur en tannins insolubles au stade Tamar dans les dattes durant la maturation. Les tannins de type leucoantocyanidines sont transformés, au stade Tamar en tannins de type leucoantocyanidine chlorogénique, les flavines et l'ester hydroxy-cinnamique (probablement l'ester de l'acide) disparaissent.

L'insolubilité des tannins dans les dattes mûres pourrait être liée à la dimension de la molécule ou à une interaction avec d'autres fractions comme la cellulose, pectines ou hémicellulose pour la phénoloxydase à la différence des flavones glycosides, qui eux sont toujours présents mais en faible quantité (**Maier et Maetzer, 1965b**).

D'après ces auteurs, l'acide dactyliférique et les flavanes composent les principaux substrats pour la polyphénoloxydase. Ces mêmes auteurs soulignent l'importance d'un brunissement d'un brunissement non enzymatique du à l'oxydation des tannins insolubles.

Dans le cadre de travaux sur le brunissement des dattes pasteurisées, **Nielsen et al . (1950)** étaient parvenus aux mêmes conclusions. Ils avaient détecté des pigments de couleur rouge qui apparaissent lors du chauffage, et qui étaient plus sensibles à l'oxydation que les tannins naturels des fruits.

La réaction du brunissement par *oxydation chimique spontanée* des tannins apparaît plus importante que la réaction enzymatique dans la mesure où cette dernière est limitée par la teneur en eau par exemple. Pour des températures inférieures à 38°C et une teneur en eau inférieure à 19%, la réaction d'oxydation des polyphénols interviendra, à la différence de la réaction de brunissement enzymatique (**Maier et Matzer, 1965a et 1964**). **Mutlak et Mann (1984)** ont montré qu'une forte baisse de la teneur en tannins insolubles, résultat d'un traitement micro-ondes. Ils ont conclu que les tannins insolubles étaient plus sensibles à une réaction d'oxydation que comme substrat de la polyphénoloxydase.


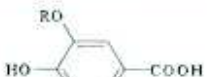
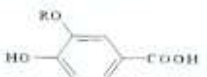
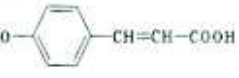

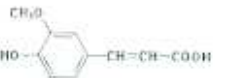
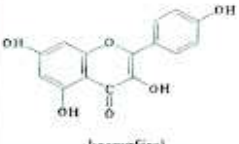
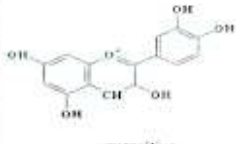
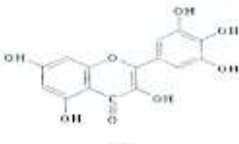
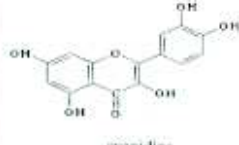
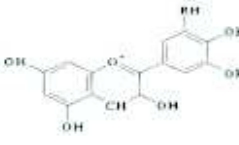
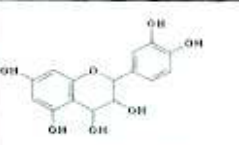
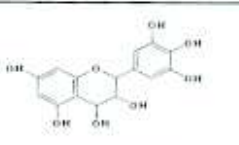
L'autre famille des composés phénoliques présente dans les dattes sont les flavones, les flavonols, les chalcones et les anthocyanes. Ces molécules sont caractérisées par une structure commune en C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, dans laquelle deux cycles benzéniques sont reliés par une chaîne C<sub>3</sub>, dont la structure diffère selon la nature des flavonoïdes.

Parmi ces composés, les plus répandus sont les flavones (hydroxy-3-flavones) responsables par exemple de la couleur jaune dans la datte Bahri. **Metzer (1964, 1965c)** et **Williams et al . (1971)** ont pu noter l'existence puis isoler la quercitine, la luteoline, la tricine, l'isorhamnetine, composés qui ne sont pas des substrats de la polyphénoloxydase selon **Maier et Metzer (1965b)**. **Lorente et Ferreres (1988)** ont confirmé la présence sous forme de sulfates de 5 flavonoïdes dans les dattes : la luteoline et le chrysoeriol 7-glucoside sulfate, la quercitine 3-glucoside sulfate, la luteoline 7-glucoside disulfate et le chrysoeriol 7-glucoside disulfate et de 6 autres flavonoïdes sous forme non sulfatée que sont la chrysoeriol 7-glucoside, la luteoline 7-rutinoside, la quercitine 3-glucoside, l'isorhamnetine 3-glucoside et l'isorhamnéline 3-rutinoside.

De son côté, **Reynes (1997)** rapporte que l'exploitation des spectres enregistrés en cours de la chromatographie CLHP des extraits phénoliques de la datte Deglet Nour a permis la caractérisation d'acides phénoliques typiques de la datte (dactyliférique, isodactyliférique et néodactyliférique), des dérivés hydroxycinamiques (acide férulique et paracoumarique), des composés appartenant à la famille des flavones et flavonols ainsi que des composés appartenant au groupe des flavanes, tels des flavane-3-ols ou flavane-3,4-diols.

Il a été clairement établi que les acides phénoliques (acides cafféoyl-shikimiques, acides *p*-coumarique, *p*-hydroxybenzoïque, férulique et sinapique) jouaient un rôle important dans les mécanismes de défense du palmier dattier contre les maladies et infections particulièrement le Bayoud, maladie infectieuse due au *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* (**Mansfield, 1983; Manibhushanrao, 1988 ; Ziauti et al . , 1996 ; Ziauti et al . , 1998 ; Ziauti et al . , 2001**).



	MONOHYDROXYLES	DIHYDROXYLES	TRIHYDROXYLES
<b>ACIDES BENZOÏQUES</b>	 <p>Acide phloxybenzoïque</p>	 <p>R=H, acide protocatéchine R=CH<sub>3</sub>, acide vanillique</p>	 <p>R=H, acide gallique R=CH<sub>3</sub>, acide syringique</p>
<b>ACIDES CINNAMIQUES</b>	 <p>acide p coumarique</p>	 <p>R=H, acide caféique R=CH<sub>3</sub>, acide férulique</p>	 <p>acide sinapique</p>
<b>FLAVONOÏLS</b>	 <p>kaempférol</p>	 <p>quercétine</p>	 <p>myricétine</p>
<b>ANTHOCYANIDINES</b>		 <p>cyanidine</p>	 <p>R=H, delphinidine R=CH<sub>3</sub>, malvidine</p>
<b>LEUCOANTHOCYANIDINES (flavanediols 3,4)</b>		 <p>leucocyanidine</p>	 <p>leucodelphinidine</p>

*Tableau 9 : Principaux composés phénoliques (Macheix et al ., 1990).*

### 2.2.2.4 Les fibres

Elles représentent la partie insoluble et non nutritive de la pulpe. Leur composition rapportée par **Lund et al . (1983)** comporte de la cellulose (1,55 % base matière fraîche), d'hémicellulose (1,28 %), de lignine (2,01%), de lignocellulose et de pectines (très variable selon les variétés).

Durant la maturation, ces composés sont en partie hydrolysés par diverses enzymes qui rendent le fruit mou. Les dattes commercialisées contiennent entre 2 et 6 % de fibres, celles de moins bonne qualité, utilisées à des fins industrielles (jus, pâte ...) peuvent en contenir jusqu'à 10 %. Des études réalisées sur des variétés iraniennes de Deglet Nour par **Coggins et al. (1968)** et **Ejlali et al. (1975)** montrent que ces fruits en contiennent entre 4,5 et 6,5 g/100g de matière brute de dattes.

### 2.2.2.5 Caroténoïdes, vitamines et minéraux

Les caroténoïdes des dattes ont été peu étudiés (**Gross et al ., 1983 ; Al Farsi et al ., 2005**). Récemment, **Boudries et al . (2007)** ont montré que la teneur totale en caroténoïdes pour la variété DN algérienne se situait dans un intervalle de 61,7 à 167 µg/100 g de matière fraîche durant la maturation (du stade Khalal au stade Tamar) avec la lutéine comme caroténoïde majeur, suivie de la  $\beta$ -carotène. La dégradation des caroténoïdes pourrait être expliquée par la diminution de la teneur en eau qui se produit durant la phase de maturation. Le brunissement progressif durant cette phase ne semble pas affecter la stabilité de ces composés.

**Perrot et Lecoq (1946)** confirmés plus tard par **Gross et al. (1983)** ont rapporté une teneur en vitamine A, de l'ordre de 35-50 U.I en 100 g de fruits frais pour les dattes molles. **Sawaya et al. (1982)** ont montré que cette teneur oscillait entre 100 et 1070 U.I/100g au stade Khalal pour passer à une teneur de l'ordre de 0 à 130 U.I au stade Tamar. **Boudries et al. (2007)** ont rapporté que la DN algérienne contient une faible teneur en provitamine A (due exclusivement à la  $\beta$ -carotène) de 0,5 RE (Equivalent Rétinol). Certaines vitamines (C et D) étaient absentes au stade Tamar (**Munier 1973**) qui étaient toutefois décelées au stade Routab (couleur jaune et, état non mur) (**Randouin, 1961**). Pour la Deglet Nour algérienne, **Belguedj (1996)** a rapporté des teneurs en vitamine C, de nicotinamide, de thiamine (B1), de riboflavine (B2), de niacine, de vitamine A et d'acide folique respectivement de 2, 0,7 ; 0,6 ; 0,1 ; 1,6 ; 0,03 et 0.028 g. par 100 grammes de fruit.

Pour les minéraux, **Ejlali et al . (1975)** rapportent une teneur en potassium la plus élevée (576-620 mg/100 g de fruit, alors que le fer et le sodium étaient présents en quantités les plus faibles par rapport aux autres minéraux (0,75-3,20 et 0,77-1,17 mg respectivement).

La teneur en cendres pour l'ensemble des cultivars algériens est faible (1,8-2,2%) comparativement aux variétés yéménites (1,47-2,25%) et saoudiennes (2-3 %) ou légèrement supérieures à celles des variétés iraniennes (1,54-1,88 %)

La comparaison des matières minérales de la pulpe des dattes présente un bon intérêt nutritionnel. Les rapports *Ca/P* et *Ca/Mg* sont largement supérieurs aux besoins de l'organisme (**Myhara et al ., 1999**).

### **2.2.2.6 Lipides**

La composition lipidique des noyaux de différentes variétés de dattes a été rapportée dans quelques travaux (**Al Shurafa et al ., 1982 ; Al Showiman et al ., 1990 ; Devshony et al ., 1992 ; Al Hooti et al ., 1998 ; Hamada et al ., 2002 et Besbes et al . 2004**). Pour la Deglet Nour, elle est de 10.19 % matière sèche (**Besbes et al. 2004**). Le profil en acides gras également établi par **Kikuchi et Miki (1974)** et **Sawaya et al. (1983)** fait apparaître selon (**Besbes et al . 2004**), l'acide oléique comme l'acide gras insaturé majeur (41,3 – 47,7%) contre l'acide laurique pour les saturés (17,8%). Les acides caprique, myristique, myristoléique, palmitique, palmitoléique, stéarique, linoléique et linoléique étaient également présents mais en quantités moindres.

Dans le fruit, les lipides sont concentrés principalement au niveau de la peau (2,5 à 7,5% base matière humide) où ils joueraient un rôle physiologique contre l'évaporation de l'eau, alors que dans la pulpe, leur concentration est très faible (0,1 à 0,4%). Pour **Ejlali et al . (1975)**, cette faible teneur varie entre 0,37 et 0,87% ; il ne dépasse guère les 1,5%.

### **2.2.2.7 Protéines et acides aminés**

Les dattes sont considérées comme une source limitée en protéines (1,5 à 2 % du poids total) mais néanmoins d'un très grand apport énergétique ( **M inessy et al . , 1975**; **Lambiote, 1981** ; **S awaya, 1982** ; **Ahmad et al. 1995**). Les dattes Deglet Nour contiennent également 3060 calories par kilogramme. Cinq (05) dattes de taille moyenne procurent approximativement 95 calories (**Dowsen et Aten, 1963** ; **Auda, 1980**). En effet, la pulpe contient 3% de protéines par rapport à son poids frais tandis que le noyau semble légèrement plus riche avec une moyenne de 5% de protéines (**Dawson et Aten , 1963** ; **R ygg, 1975**).**Hasegawa et al. (1969)** ont montré que la teneur en protéines pouvait atteindre un maximum de 127 mg par fruit (environ 8 g) au stade de maturité.

**Nour et Magboul (1985)** travaillant sur trois variétés de dattes de Soudan (tableau 10) ont montré que les teneurs les plus élevées étaient celles des acides aspartique et glutamique (242 et 410 mg/100 g pour des concentrations globales de 2068 mg/100 g. Pour la var. Deglet Nour, **Saccani et al. (1991)** a identifié vingt acides aminés dont certains présentaient des concentrations importantes sont par ordre décroissant sont la proline, l'acide  $\gamma$ -aminobutyrique, l'asparagine, l'arginine, l'acide aspartique, la leucine, la glycine et la glutamine, allant de 219,06 à 12.23 mg/100 g de matière sèche.

En se basant sur les analyses des acides aminés totaux des dattes, ces auteurs remarquent que les acides aminés les plus répandus, sont de type aromatique à savoir : la phénylalanine et la tyrosine ; desquelles la phénylalanine seule représente 95,7%, indiquant une très bonne qualité protéique quoique leur concentration soit faible.

Acide aminé	Barakawi	Gundella	Tamoda
Phénylalanine + Tyrosine	94,8	100	97,5
Isoleucine	59,6	100	100
Leucine	72,0	100	100
Lysine	84,0	80,8	88,0
Thréonine	94,4	100	100
Valine	86	100	100

*Tableau 10 : Teneurs en acides aminés de trois variétés soudanaises (Nour et Megboul, 1985).*

Teneurs exprimées en % matière sèche.

Le brunissement des dattes se fait essentiellement par des réactions d'oxydation enzymatiques des tannins (type catéchol) situés sous l'épicarpe et par des réactions d'oxydation non enzymatiques dans la pulpe où existent des conditions favorables pour des réactions de type Maillard (**Rinderknech, 1959** citant les travaux de **Rashid, 1950**).

La contribution des acides aminés libres à ce type de brunissement a ainsi été observée, **Rinderknech (1959)** a constaté durant la phase de maturation, une diminution principalement des concentrations en acides glutamique et aspartique, puis en sérine, leucine et acide pipecolique alors qu'un accroissement des teneurs en acide  $\gamma$ -aminobutyrique, glycine et proline a été observé. La composition des protéines en acides aminés de la pulpe de datte révèle la présence de 6 à 8 acides aminés indispensables, il y a absence de méthionine et de phénylalanine (**H egazi et S alem, 1971**).

### 2.2.2.8 Pectines

Les pectines sont des polymères linéaires de l'acide  $\alpha$  1-4 polygalacturonique, dont les groupements carboxylés sont sous forme d'esters méthyliques.

La protopectine est localisée dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des cellules végétales. Elle est associée aux autres constituants par des liaisons chimiques (liaisons hydrogène, liaisons entre cations  $\text{Ca}^{2+}$ , estérification des fonctions acides, liaisons covalentes...). L'hypothèse des liaisons covalentes entre les pectines, les hémicelluloses et la cellulose semble être assez bien étayée par la présence de chaînes latérales constituées d'oses neutres (hexoses et pentoses). Le rôle de la protopectine, en tant que composant de la paroi primaire est un rôle de membrane. Comme constituant de la lamelle moyenne, elle joue le rôle de ciment qui rattache les cellules entre elles.

Les pectines associées aux celluloses et hémicelluloses des parois cellulaires, interviennent pour une grande part dans la texture des fruits (**Rouau, 1982 ; Schmetler, et al. , 2001**).

Les substances pectiques de la pulpe de datte varient, sensiblement, d'une variété à une autre et diminuent progressivement en cours de maturation (**Nezam El Din et al ., 1984**). Leur taux est assez faible, mais peut atteindre 10% dans certaines variétés fibreuses. Ils sont responsables de la fermeté de la pulpe du fruit (**Myhara et al ., 1999**).

Jusqu'à la maturation, les pectines de la lamelle moyenne sont insolubles, participant ainsi à la rigidité des tissus. Au cours du mûrissement, ces pectines sont dégradées sous l'action d'enzymes, entraînant un ramollissement des tissus.

Les différents types de pectines et les fractions insolubles de la datte Deglet Nour (tableau 11) ont été étudiés par **Coggins et al. (1968)**.

**Tableau 11 : Types de pectines et fractions insolubles dans la datte Deglet Nour (Coggins et al ., 1968).**

Pectine	Teneur (% MS)
Pectine LM	1,3 à 2,2
Pectine HM	0,7 à 0,9
Propectine	1,7 à 2,2
Pectine totale	3,7 à 5,3
Lignine	0,3 à 0,1
Hemicellulose	2,3 à 1,7
Cellulose	0,8 à 1,1

**Al Jasim et Al Ani (1972)** et **Bukhaev et al. (1987)** ont rapporté que la formation de la pectine s'accomplit lentement au début du stade kimri ; elle est suivie d'une chute soudaine au début de la formation de la phase khallal et au début du stade Routa. Une augmentation rapide suivie d'une nouvelle diminution jusqu'au début du stade tamar.

**Benchabane et al. (1996)** ont montré que chez la Deglet Nour, les matières pectiques au stade vert sont exclusivement sous forme de protopectines et qu'au cours de la maturation, elles se solubilisent provoquant ainsi un ramollissement du fruit. Toutefois, la paroi végétale

de la datte mure bien que riche en fibres essentiellement hémicelluloses et lignines, est pauvre en pectines ( $\square$  3 %).

Pour l'ensemble des cultivars, le processus complexe de la maturation s'accompagne par des modifications de nature enzymatique (dépolymérisation et diméthylation), qui affectent la teneur et la structure de la pectine dans les fruits.

### 2.2.2.9 Constituants typiques

Les principaux acides organiques présents dans la datte Deglet Nour au stade immature (tableau 12) ont été identifiés par **Maier et Huber (1966)** cités par **Vandercook (1980)**.

Acide organique	Pourcentage de la teneur totale en acide	
	Acides libres	Acides totaux <sup>(1)</sup>
Acide aspartique	0,5	2,9
Cystéine	0,8	0
Acidec shikimique	Traces	1,3
Acide Quinique	Traces	Traces
Acide galacturonique	0,8	1,9
Acide L-malique	74,7	75,4
Acide citrique	2,9	-
Acide phosphorique	17,0	-

Tableau 12 : Teneurs en acides organiques de la datte Deglet Nour au stade Kimri (**Van Dercook, 1980**).

(1) Acides totaux après hydrolyse.

Durant la phase de maturation, un accroissement du pH (5,3 à 6,3) et une chute de l'acidité titrable de 7,7 à 1,4 meq /100 g matière sèche, ont été rapportés par de nombreux auteurs (**Ejlali et al ., 1975 ; Rouhani et Bassiri, 1976 ; Rygg, 1948a**).

Le pH des dattes est généralement légèrement acide ou acide et varie entre 5 et 6. Il est préjudiciable aux bactéries mais approprié au développement de flore fongique (**Reynes, 1996**).

### 2.2.3 Principales activités enzymatiques de la datte :

Les enzymes de la datte appartiennent généralement à trois groupes : les enzymes pectiques (**Myhara et al. , 2002**), les oxydases (**Côme , 1992**) et les carboxylases. **Reynes (1997)** considère que cinq enzymes interviennent dans la maturation et le brunissement des dattes : l'invertase, la polyphénoloxydase, la peroxydase, la pectine méthylestérase et la polygalacturonase.

#### 2.2.3.1 L'invertase (E.C.3.2.1.2.6)

Cette enzyme qui hydrolyse le saccharose a été particulièrement étudiée par **Kanner et al. (1978)**. Ces auteurs ont constaté que l'activité de cette D-fructofuranosidase dans les dattes molles, était 250 fois supérieure à celle présente dans la Deglet Nour où elle est présente sous une forme soluble et insoluble (**Vinson, 1911 ; Hasegawa et**

**Smolenski, 1970**). Pour ces auteurs, l'activité de l'invertase soluble augmente avec la maturité contrairement à la forme insoluble. Ces deux formes enzymatiques sont actives sur le même substrat spécifique (saccharose, raffinose, melizitose).

L'augmentation de l'activité de l'invertase durant la maturation est fortement liée à la destruction de l'intégrité des systèmes membranaires, facilitant ainsi le contact enzyme-substrat (**Coggins et Knapp, 1966 ; Hasegawa et al., 1972**). L'augmentation comparable des activités de l'invertase et de la polygalacturonase, mais aussi de la synthèse protéique a permis de suggérer que la datte était un fruit climactérique (**Hasegawa et al., 1969**).

**Marouf et Zeki (1982)** ont estimé le poids molaire de l'invertase à 300 000 et l'activité spécifique de la forme soluble à 40,2 UI alors que celle de la forme insoluble était de 1,2 U.I, toutefois, de nombreux paramètres peuvent modifier ces valeurs.

Pour ces mêmes auteurs, le pH (pH optimal voisin de 5) et la température (optimum à 45°C) conditionnent l'activité de l'invertase (formes solubles et insolubles).

Une température de 65°C pendant 10 minutes élimine 90% de l'activité de l'invertase (**Hasegawa et Smolenski, 1970**).

L'inversion du saccharose n'est pas particulière aux dattes à sucres réducteurs (**Marouf et Zeki, 1982 ; Jaddou et al., 1986**). Ce phénomène se produit aussi chez les dattes à saccharose telle que la Deglet Nour, même si l'activité de l'invertase est plus faible (**Kanner et al., 1978**). L'inversion du saccharose est considérée sur le plan technologique comme un phénomène gênant pour les raisons suivantes :

D'une part, elle diminue cette saveur particulière et ce goût agréable due au saccharose est très caractéristique de la variété Deglet Nour.

D'autre part, les sucres réducteurs sont à la base de des réactions de Maillard qui aboutissent à des modifications souvent indésirables chez la datte comme le brunissement de couleur, l'apparition ou de saveurs désagréables (**Cheftel et Cheftel, 1977**).

**Kanner et al. (1978)** ont rapporté que l'activité de l'eau dans les dattes était affectée par une grande activité de l'invertase. La perte d'eau par évaporation sera beaucoup plus faible pour les dattes présentant une forte activité invertasique, ce qui est le cas surtout pour les dattes dites molles ou demi-molles.

### **2.2.3.2 Activité polyphénoloxidasique (E.C.1.14.18.1)**

Les polyphénoloxydases (PPO) sont des métalloenzymes contenant environ 0,2% de cuivre. Les PPO sont localisées dans les organites des cellules des végétaux (mitochondries, chloroplastes, microsomes). Elles peuvent être étroitement liées aux membranes ou totalement solubles (**Lebouteiller, 1991**).

Les PPO interviennent dans les réactions de brunissement enzymatique, qui en présence d'oxygène transforment les ortho et para -diphénols en quinones dont la polymérisation oxydative donne des produits colorés généralement en bruns : les mélanines. Suivant le type de substrat oxydé, on parle de tyrosinase, créolase, catécholase ou diphénoloxydase (**Pelmont, 1993**).

L'activité des PPO est optimale à un pH (4,6 < pH < 6,5) ; elle est stable à des températures inférieures à 63°C, et inactive après un chauffage de 10 minutes à 76°C. Au-delà d'un pH de 7,5, l'activité enzymatique des PPO baisse fortement. **Labuza et Shmidl (1986)** ont montré que l'activité des PPO est proportionnelle à l'Aw. **Hasegawa et Maier**

(1980) ont pu déterminer pour la PPO de la datte, que parmi 20 substrats expérimentés, l'enzyme de datte purifiée attaquait préférentiellement la (-) épicatechine, puis le cathécol, (+) épicatechine, l'acide dactyliférique, l'acide isodactyliférique, la (-) épicatechine gallate, l'acide chlorogénique. Les dattes Deglet Nour, contiennent approximativement 0,39 à 0,40 U d'activité au dernier stade de maturation Tamar.

### **2.2.3.3 Activités peroxydasiques (E.C.1.11.1.7)**

Les peroxydases (POD) sont des protéines combinées à un groupement hémique comportant un atome de fer. La partie protéique est liée à un résidu glucosidique qui constitue l'apoenzyme (Louisot, 1983).

En tant qu'enzymes de transfert, elles arrachent les hydrogènes des substrats pour les faire réagir avec le peroxyde d'hydrogène ou certains peroxydes. Les peroxydases peuvent également avoir une activité oxydasique en utilisant O<sub>2</sub> au lieu de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Luck, 1964). Dans le métabolisme, le rôle protecteur de l'enzyme n'est possible que si le réductant est susceptible à l'oxydation par la présence de la P.O.D. toutefois, sa fonction majeure concerne la synthèse de la lignine. La POD continue à susciter l'intérêt des chercheurs et de nouvelles études sont publiées (Qacif et al., 2007).

Les peroxydases sont très répandues dans le règne végétal (Siegel and Siegel, 1970 ; Gaspar and al., 1983). En général, résistantes aux traitements thermiques; elles peuvent développer des saveurs désagréables au cours du stockage des fruits et des légumes. Dans le cadre d'une étude sur le brunissement durant un stockage prolongé à 38°C, Maier et Schiller (1961b), ont identifié ces enzymes chez la datte et mesuré le changement d'activité pendant le stockage. L'activité de cette enzyme, tant sous gaz neutre qu'en condition standard, diminue régulièrement pour avoir une activité résiduelle au bout de 128 jours, au contraire de la polyphénoloxydase. Robinson (1991) citant les travaux de Burnette (1977) a déterminé les principaux substrats et produits liés à l'activité de cette enzyme (tableau 13).

**Tableau 13 : Action de la peroxydase (Robinson, 1991).**

Substrats	Produits
Pyrogallol	Purpurogalin
Guaiacol	Tetraquaiacoquinone
Hydroquinone	Quinhydorne
Benzidine	<i>p</i> -Quinone di-imide
Catechol	<i>o</i> -Quinone
<i>p</i> -Crésol	"Milky" précipité
<i>o</i> -Crésol	Solution verte
<i>m</i> -Crésol	Solution colorée
Tyrosine	Solution jaune

### **2.2.3.4 La phénylalanine ammonia lyase (PAL) (E.C 4.3.1.5)**

La présence de la PAL a été démontrée chez toutes les plantes supérieures (Dubery, 1990 ; Halbrock et Scheel, 1989). Sa localisation est principalement cytoplasmique mais on la trouve aussi dans la suspension du parenchyme cellulaire des fruits (Jones, 1984 ; Macheix et al., 1981). La P.A.L est constituée de quatre sous unités identiques donnant une masse

d'environ 330 Kda. Cette molécule n'a que deux sites catalytiques fonctionnant avec une coopérativité négative (coefficient de Hill inférieur à 1) (Hermann et al., 1987).

La PAL est l'enzyme responsable de la synthèse de la plupart des composés secondaires phénoliques, qui commence par la désamination de la phénylalanine en acide cinnamique. Elle contrôle effectivement l'orientation du carbone et la production de composés phénoliques plutôt que vers la production de métabolites primaires comme les protéines (Hopkins, 2003).

L'activité de la PAL est stimulée par les radiations infra rouges ou ultra violettes, qui toutes deux stimulent la production de divers flavonoïdes. L'acide cinnamique est rapidement transformé en acide *p*-coumarique par l'addition d'un radical hydroxyle. L'addition séquentielle de radicaux hydroxyle et méthoxy donne naissance respectivement aux acides caféique et férulique. Aucun de ces quatre composés simples ne s'accumule en quantités importantes. Leur fonction principale serait de servir de précurseurs à des dérivés plus complexes comme les coumarines, les lignines, les tanins, les flavonoïdes et les isoflavonoïdes (Hopkins, 2003) (fig. 12 et 13).

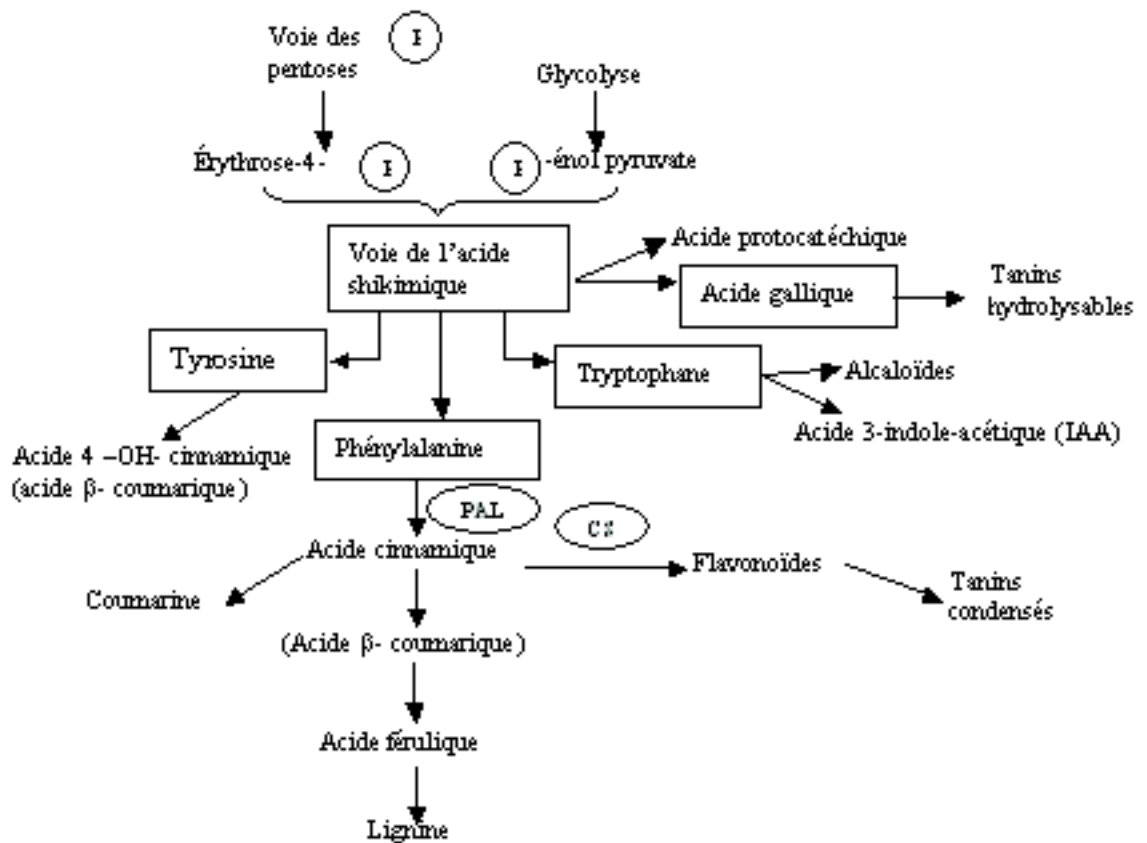


Figure 12 : La voie du shikimate (Hopkins, 2003).



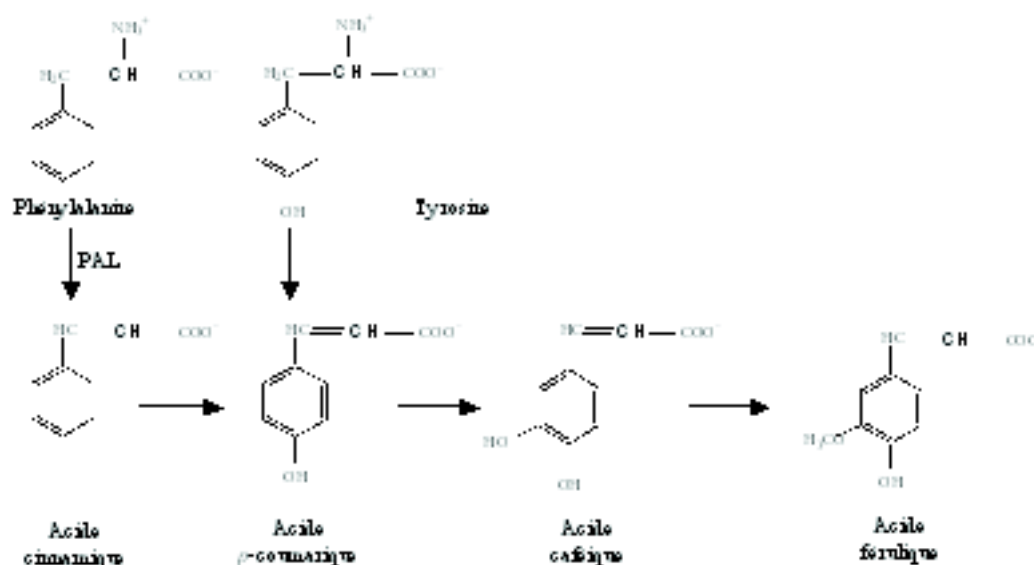


Figure 13 : Désamination de la phénylalanine et synthèse de composés secondaires (Hopkins, 2003).

Dans la datte, la PAL a été très peu étudiée. Son intérêt relevé par seulement quelques auteurs (Ziouti et al., 1996 ; El Modhafar et al., 1999, 2000 a et b ; El Modhafar and El Boustani, 2001 ; El Modhafar et al., 2001) se rapportant à des mécanismes de défense contre la fusariose chez variétés sensibles.

### 2.2.3.5 Enzymes pectinolytiques : polygalacturonases et pectine méthylestérase

Ce sont des hydrolases qui clivent les liaisons 1-4 entre les résidus galacturoniques avec un pH optimum variant de 4 à 7,5. Elles font partie des enzymes dépolymérisantes des pectines des fruits. Les ions Ca<sup>2+</sup> activant l'action de ces enzymes qui interviennent pendant la maturation des fruits en provoquant un ramollissement de ces derniers (Thibault, 1988).

La polygalacturonase et la pectine méthylestérase (Hasegawa et al., 1969 ; Coggins et Knapp, 1967 ; Al Jasim et Al Delaimy, 1972) sont présentes dans la plupart des variétés de dattes, et il a pu être établi une corrélation entre le ramollissement des fruits durant la phase de maturation et l'activité de la polygalacturonase (tableau 14).

Tableau 14 : Activité de la polygalacturonase selon les stades de maturité (Hasegawa et al., 1969).

Maturité (Couleur)	U/g Matière Sèche	U/mg protéine soluble	U/mg protéine totale
Vert	—	—	—
Orange	0,18	0,313	0,006
Rouge	2,3	0,359	0,118
50% molle	2,5	0,304	0,167
100% molle	2,5	0,344	0,200
Tamar	0,81	0,165	0,069

L'Unité d'Activité Enzymatique est la quantité d'enzyme qui catalyse l'apparition d'un microéquivalent de fonction aldéhyde à partir de matériel pectique dans des conditions optimales.

Les principales enzymes intervenant dans la maturation des dattes au stade Tamar ont été particulièrement étudiés par **Hasegawa et al. (1972)** (fig. 14). Ces mêmes auteurs dans une précédente étude (**Hasegawa et al., 1969**) sur différents lots de dattes Deglet Nour au stade Tamar avec un degré de séchage plus ou moins important (75 à 85% de matière sèche) ont constaté que l'activité de la PG avait une valeur de 0,9 à 1,3 U.I par gramme de fruit frais. L'activité des enzymes pectinolytiques est à relier à la fermeté du fruit (**El Zoghbi, 1994**). L'activité pectinolytique des polygalacturonases ne leur permet pas d'être présente dans les derniers stades de maturation (**Rygg, 1975**).

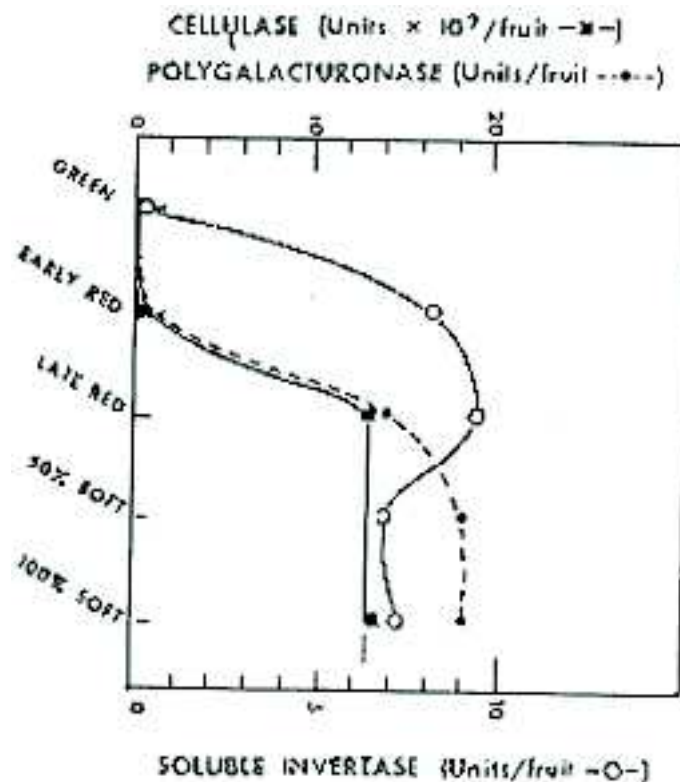


Figure 14 : Activités enzymatiques des dattes (**Hasegawa et al., 1972**).

La **pectine méthylestérase** agit uniquement au voisinage immédiat d'un résidu galacturonique non méthylé en libérant du méthanol. Sa production est induite soit par la pectine ou l'acide pectique, soit par d'autres polymères tels que l'acide alginique ou par des monomères comme le D-glucose. La réduction de quelques unités galacturonates en galactose provoque une inhibition importante de l'activité enzymatique (**Thibault, 1985**).

Pour **Coggins et Knapp (1969)**, il n'y a qu'une pectine méthylestérase dans la datte. Elle serait sous forme insoluble (liée à des structures cellulaires, agirait sur la protopectine à un pH optimum de 7,5 et serait inactive en dessous d'un pH 4,5). **Al Jasim et Al Delaimy (1972)** travaillant sur quatre variétés de dattes irakiennes, ont relevé que l'activité de cette enzyme (tableau 15) au même titre que la polygalacturonase ou la cellulase avaient un pic d'activité au stade de 50% de maturation, puis une activité décroissant rapidement avec la maturation du fruit. L'action des pectine méthylestérases favorise l'action des polygalacturonases et donc le ramollissement du fruit pendant la maturation, puisque ces

dernières n'agissent que sur une liaison osidique impliquant un résidu galacturonique non méthylé.

La PME présente une extrême stabilité confirmée par **Coggins et Knapp (1969)** avec chute de l'activité de 29, 36 et 70% après 10 minutes à 65, 85 et 98°C. Un inhibiteur de la pectine méthylestérase a été identifié par **Giovane et al. (1991)**, d'un poids moléculaire de 30 kDa, restant stable à 100°C pendant 5 minutes.

**Les cellulases** qui joueraient un rôle dans le ramollissement des dattes ont été étudiées par **Hasegawa et Smolenski (1971)** et leur activité cellulasique calculée aux différents stades de maturation de la Deglet Nour. Celle-ci présente une perte d'activité de 25% après un traitement thermique à 65°C durant 5 minutes et de 85% à 80°C.

Stades de maturité	Activité en UI en équiv. COOH/g de fruit frais			
	Variétés Zahdi	Berbin	Khadrawi	Khastawi
Kimri	0,54	0,40	0,39	0,42
Fin Kimri	0,55	0,59	0,40	0,42
Khalal	0,56	0,60	0,69	0,45
Fin Khalal	0,92	0,67	0,72	0,76
Rutab	1,15	0,95	0,95	0,85
Tamar	0,90	0,72	0,90	0,80

*Tableau 15 : Activité de la pectinestérase durant la maturation de quatre variétés de dattes irakiennes (Jasim et Al Delaimy (1972)).*

L'accroissement typique de cette activité hydrolytique durant le dernier stade de maturation caractérise le phénomène climactérique, tel que souligné par **Hasegawa et Smolenski (1970)**, de même que les modifications physico-chimiques observées par **Coggins et Knapp (1969)**, les modifications de structures des fruits (**Coggins et Knapp, 1969**) et les modifications des protéines (**Hasegawa et al. (1969)**).

L'idée de provoquer des maturations artificielles par l'application des enzymes type pectinases a été suggérée par **Smolenski et al. (1973)** ; toutefois, le coût de revient a freiné toute exploitation industrielle.

## 2.3 MATERIEL ET METHODES

### 2.3.1 Matériel végétal

Les dattes variété Deglet Nour, provenant de la palmeraie de Tolga (wilaya de Biskra) ont été récoltées sur différents régimes vers la fin du mois d'octobre (campagnes 2001, 2002 et 2003 au stade de maturation Tamar), puis transportées et maintenues en chambres froides à 4°C. Les dattes sont triées et séparées de leurs branches et les dattes infestées ou écrasées sont éliminées.

### 2.3.2 La thermisation

---

La thermisation est réalisée pendant 20 minutes dans une étuve ventilée réglée à 55°C (± 1°C).

### 2.3.3 Constitution des lots expérimentaux

---

Deux lots sont ainsi constitués : un lot témoin non thermisé (T1) et un lot thermisé (T2). L'expérimentation est réalisée à une température ambiante moyenne de 22±1°C et une humidité relative (HR) de 75 à 80%.

### 2.3.4 Analyses physico-chimiques

---

#### 2.3.4.1- La perte de poids

La perte de poids est déterminée par différence des poids du lot avant et après thermisation.

#### 2.3.4.2- pH

La mesure du pH se fait par lecture directe au pH- mètre de type Digital Denver 215 selon le protocole d'Audigié et al . ( 1984 ).

#### 2.3.4.3- L'acidité titrable

L'acidité est déterminée par un dosage potentiométrique, utilisant la soude 0.1N comme titrant et la phénolphthaléine (1%) comme indicateur coloré (AOAC, 1985).

#### 2.3.4.4- Rapport de qualité (R) :

Le rapport de qualité R est défini par le rapport du poids du noyau sur celui de la datte entière (Munier, 1973).

$$R = \frac{\text{Poids du noyau}}{\text{Poids de la datte entière}} \times 100$$

#### 2.3.4.5- Degré Brix :

Le degré Brix est mesuré à l'aide d'un réfractomètre (modèle Krüss) qui indique la concentration de la solution donnée en g de matière sèche soluble pour 100ml de solution.

### 2.3.5- Les analyses chimiques

---

A partir de chaque échantillon, nous avons réalisé 03 prélèvements constitués chacun de 05 à 06 fruits. Les dattes sont dénoyautées et broyées jusqu'à obtention d'une pâte homogène,

représentative de l'échantillon étudié. Chaque prélèvement a servi à réaliser les analyses suivantes.

#### **2.3.5.1- Activité respiratoire :**

L'activité respiratoire a été mesurée à 30 °C, par le dosage du dioxyde de carbone émis ; pour cela, 1 ml d'air extrait des respiromètres, où avaient été placées les dattes à étudier, a été injecté dans un chromatographe à gaz, équipé de colonnes adéquates pour les dosages d'éthylène et de CO<sub>2</sub>. La température du détecteur de thermo conductivité était de 150 °C et celle du four de 35 °C (Esplá et al., 1999).

#### **2.3.5.2- Teneur en eau :**

déterminée selon le protocole d'Audigié et al. (1984) dont le principe consiste à soumettre une datte dénoyautée représentative du lot à une température de 103 ± 2 °C jusqu'à dessiccation complète

La teneur en eau exprimée en **g H<sub>2</sub>O / 100 g de MF** est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en eau} = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1} \cdot 100 (\%)$$

Où m<sub>1</sub> est le poids de la capsule de pesée vide, m<sub>2</sub> est le poids de la capsule avec l'échantillon et m<sub>3</sub> le poids de la capsule avec l'échantillon après dessiccation.

#### **2.3.5.3- Les sucres totaux par spectrophotométrie**

**Extraction :** L'extraction des sucres selon la technique décrite par **Reynes et al . (1997)** pour chaque prélèvement, est obtenue par addition à 3 g de la pâte de dattes de 100 ml d'éthanol à 80% (v/v) sous reflux pendant 01 heure. Cette opération est répétée 2 fois. Les extraits réunis ainsi obtenus sont concentrés au Rotavapor et ajustés à un volume final de 50 ml avec de l'eau distillée, puis centrifugés à 5000 rpm pendant 15 min et filtrés (0,45 µm). L'extrait alcoolique servira à la détermination des taux de sucres comme suit :

Les sucres totaux sont dosés selon la méthode colorimétrique au phénol sulfurique décrite par Dubois et al. A 2 ml de l'extrait alcoolique sont additionnés successivement, 0,1 ml de la solution de phénol à 80% et 6 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Agiter et laisser reposer pendant 10 min. La coloration présente un maximum à 490 nm et suit la loi de Beer-Lambert pour des concentrations entre 10 et 80mg d'équivalent glucose.

#### **2.3.5.4- Les sucres réducteurs**

Les sucres réducteurs sont dosés selon la méthode originale de **Somogy et Nelsson** modifiée (**Dahia et Passat, 1979**). 1 ml de l'extrait alcoolique est porté à ébullition en présence d'un excès de solution cuproalcaline. L'oxyde cuivreux réagit avec l'arsénomolybdate ajouté au milieu pour donner une coloration bleue dont l'intensité est

proportionnelle à la quantité de glucose en réaction. La DO est lue à 520 nm et la concentration déterminée à partir d'une gamme étalon de glucose de 62.5 à 250mg/ml.

Le taux d'inversion est calculé par le rapport sucres réducteurs/sucres totaux. Il exprime la vitesse d'inversion du saccharose en sucres réducteurs.

### **2.3.5.5- Profil des mono et disaccharides par HPLC**

Les sucres simples (mono, di et trisaccharides) ont été déterminés par chromatographie liquide haute pression (CLHP) comme suit : 30g de l'échantillon de dattes sont additionnés à 200 ml d'eau distillée. Après un broyage de 5 minutes, le mélange est laissé sous agitation pendant 01 heure de façon à permettre la dissolution de tous les sucres. L'extrait est filtré sur papier Whatman No 2, en rejetant les quelques premiers millilitres d'aspect trouble. L'extrait clair est analysé sur un chromatographe à pression liquide de marque Gilson à 2 pompes équipé détecteur différentiel à indice de réfraction. La séparation des sucres se fait dans une colonne à gel de filtration Chromapach C18 Hypersil 5 APS 2 en utilisant un mélange acetonitrile et eau (70/30 v/v) comme éluant. Les pics enregistrés sur un enregistreur Intersmat 5CR-1B étaient comparés avec les pics obtenus par des solutions standard de glucose/fructose/saccharose. Le rapport Glucose/Fructose, le taux d'inversion (Sucres Réducteurs/Sucres totaux) et le rapport Sucres Totaux/Eau étaient calculés.

### **2.3.5.6- Les composés phénoliques :**

#### **2.3.5.6.1- Extraction et dosage : L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par Macheix et al. (1990).**

L'extraction des composés phénoliques est obtenue par addition à 1 g de pâte de datte, de 10 ml d'éthanol à 80% et 10ml de métabisulfite de Na à 10%. Laisser reposer 15 min à 4°C après homogénéisation et filtrer sur papier Whatman n°1.

Le dosage des composés phénoliques totaux est réalisé, selon la méthode **AOAC (1985)** par addition à 5 ml de l'extrait hydroalcoolique de 5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu et de 10ml de métabisulfite de Na dans un volume final de 50 ml (qsp eau distillée). Après 30 min, la DO est lue au spectrophotomètre Pye Unicam Sp. modèle 9000 à 730 nm. L'acide chlorogénique (Sigma Chemical Co.) est utilisé comme standard.

#### **2.3.5.6.2- : Purification des extraits phénoliques**

Les extraits phénoliques purifiés sont obtenus selon la méthode décrite par **Macheix et al. (1990)**. La phase aqueuse est acidifiée par adjonction de sulfate d'ammonium (0.5 partie d'une solution de 20%) et d'acide *m*- phosphorique (0.1 partie d'une solution à 2%). Après filtration, on malaxe une partie d'extrait de dattes salifié dans 2 parties d'éther de pétrole en deux étapes et ceci pendant 5 minutes chacune. La phase inférieure est extraite 4 fois à l'aide d'acétate d'éthyle et les extraits organiques réunis sont concentrés au Rotavapor modèle Büchi 110.

#### **2.3.5.6.3- Essais d'identification des composés phénoliques**

##### **2.3.5.6.3.1 CCM**

Les extraits purifiés sont qualifiés par CCM (**Audigié et al ., 1984**) en utilisant les acides férulique, p- coumarique, gallique et chlorogénique comme gamme standard.

A l'aide d'une micropipette, on dépose les spots n'excédant pas 4 mm de diamètre sur des chromatoplaques type feuilles prêtes à l'emploi marque Polygram<sup>®</sup> SIL G pour chromatographie sur couche mince de 0,25 mm gel de silice. L'opération est répétée 03 fois et en prenant soin de sécher entre chaque dépôt. La chromatoplaque mise dans la cuve, on laisse le développement se poursuivre jusqu'au moment où le front de la première phase mobile atteint le bord supérieur de la plaque. On sort alors le chromatogramme et on le place horizontalement en marquant le front du solvant avant de sécher à l'air puis à l'air chaud. On fait tourner la plaque de 90° et on la remet dans la cuve contenant la deuxième phase mobile et on laisse le développement se poursuivre comme précédemment (**Audigié et al ., 1984**).

Les tâches sont révélées en lumière UV en présence d'ammoniac, de p-nitraniline diazotée puis de bicarbonate de sodium à 15 % (**Chu et al. , 1973**).

### **2.3.5.6.3.2 Spectre UV**

Le spectre UV permet de déterminer les maxima d'absorption des molécules majoritaires dans les extraits.

Les deux extraits sont « scannés » dans des cuves en quartz à l'aide d'un spectrophotomètre KONTRON modèle Uvikon.810 couplé à un PC enregistreur modèle Hewlett Packard.

### **2.3.5.6.3.3 Analyse HPLC**

L'étude des composés phénoliques par CLHP est réalisée selon la méthode **Banwart (1985)**. L'analyse est effectuée par un chromatographe modèle HP1100 muni d'une colonne Alltima Alltech (150 x 4,6 mm, 3µM) thermostatée à 25°C et d'un détecteur à barrette de diodes (PDA) (Hewlett Packard) modèle 1040M séries II. Le débit est de 1 mL.min<sup>-1</sup> avec une pression de 86 atmosphères (ou 8600 Pa). La phase mobile est constituée d'un mélange HCOOH 0,05% ; MeOH ; CH<sub>3</sub>CN (respectivement A-B-C) avec le gradient d'élution suivant :

Minutes	Solvant A	Solvant B	Solvant C
0	0	10	0
50	20	80	0
55	0	0	100
65	0	0	100

Le volume injecté est de 10 µl et une détection simultanée est effectuée à trois longueurs d'ondes 280 nm, 330 nm et 365 nm.

## **2.3.5.7- Activités enzymatiques**

### **2.3.5.7.1- Activité polyphénoloxidasique (PPO) :**

**Extraction :** L'extraction de la PPO a été réalisée selon la méthode développée par **Sachde-Adil et al . (1989)**. Les dattes (7,5 g) congelées et dénoyautées sont homogénéisées dans un mixer pendant deux minutes en présence de 15 mL d'acétone froide (-15°C) et 3g de

polyvinylpyrrolidone (PVP) puis soumis à une filtration sous vide. La pâte sèche et uniforme obtenue est mise en suspension dans un mélange (tampon acétate 0,25 M-acide ascorbique 0,03 M) de pH 7, dans les proportions (1:5 P/V). Le mélange est ensuite centrifugé (21 000 x g) pendant 30 minutes. Le surnageant, représentant l'extrait enzymatique total sert à la mesure de l'activité de la polyphénoloxylase.

**Mesure de l'activité enzymatique (Rivas et Whitaker, 1973):** Le mélange réactionnel est constitué d'un mélange de 6 ml de catéchol 0,01 M dans 0,01 M tampon potassium phosphate, pH 6,2 auquel sont ajoutés des volumes de 0,05 à 0,2 ml de l'extrait enzymatique. Ce milieu est placé dans un bain marie à 30 °C et l'absorbance est lue à 420 nm toutes les 30 secondes pendant 5 minutes dans un spectrophotomètre PUY Unicam (modèle SP 9000).

Une Unité de l'activité de la PPO est définie comme étant la quantité d'enzyme qui provoque une augmentation 0,01 absorbance par minute.

#### **2.3.5.7.2- Activité peroxydasique (POD) :**

**Extraction :** 10 g de dattes congelées et dénoyautées sont mélangées pendant 5 min à 100 ml de tampon potassium phosphate (0,05 M , pH 7). Le mélange obtenu est centrifugé (20 000 x g) pendant 15 min ; le surnageant représentant l'extrait enzymatique total (**Wahid, 1980**).

**Mesure de l'activité enzymatique :** L'activité de la POD est déterminée par la mesure de la couleur développée à 400 nm par l'extrait enzymatique en présence de peroxyde d'hydrogène et de gaïacol. 1 ml de l'extrait enzymatique est mélangé à un 1 ml de gaïacol (0,5 %), 1 ml de peroxyde d'hydrogène (0,5%) et 18 ml de tampon phosphate sodique à pH 6,5. La couleur développée est lue au spectrophotomètre PUY Unicam (modèle SP 9000) toutes les 5 minutes pendant 30 minutes.

Une unité d'activité est définie comme étant la variation de l'absorbance de 0,001 / min.

#### **2.3.5.7.3- Activité polygalacturonique (PG) :**

**Extraction :** 50 g (soit 6 fruits moyens) de dattes congelées et dénoyautées, découpées en petits disques sont mis dans un mixer pendant 2 minutes en présence de 150 ml de NaCl (4%) contenant 0,5 % de P.V.P. Le mélange obtenu est centrifugé (21 000 x g) pendant 15 minutes et le culot est mis en suspension dans 100 ml de solution de NaCl (4%) pour subir une deuxième extraction. Le surnageant sert pour la mesuré de l'activité de la PG (**Hasegawa et al ., 1969**).

**Mesure de l'activité enzymatique :** La mesure de l'activité est réalisée selon la méthode de **Polacsak-Racz et Pozsar-Hajnal (1976)**. 5 ml de l'extrait enzymatique sont mélangés à 0,5 % de pectine de pomme (Unipectine) dans 5 ml d'un tampon acétate de sodium, pH 5. La viscosité est mesurée à l'aide d'un viscosimètre capillaire de type OSWALD dans un bain thermostaté à 50 °C. La détermination de l'activité est basée sur les formules suivantes :



$$\text{Viscosité relative : } \eta_{\text{rel}} = \frac{\text{Temps de chute de soluté(s)}}{\text{Temps de chute de solvant(s)}}$$

$$\text{Viscosité spécifique : } \eta_{\text{sp}} = \eta_{\text{rel}} - 1$$

$$D = \frac{\eta_{\text{spb}} - \eta_{\text{spe}}}{\eta_{\text{spb}}} \times 100$$

$\eta_{\text{spb}}$ : Viscosité spécifique du blanc.

$\eta_{\text{spe}}$ : viscosité spécifique de l'échantillon

D : Exprime le degré de dégradation des pectines.

L'unité enzymatique est définie comme étant la quantité d'enzyme dont l'activité entraîne une réduction de la viscosité de 50 %.

#### 2.3.5.7.4- Activité pectinestérasique (PE) :

**Extraction:** 50 g de dattes congelées, sont dénoyautées et découpées en petits disques puis broyés dans un mixer pendant 3 min en présence de 100 ml de NaCl (1,5 M).

Le pH du mélange est ajusté à 7 par addition d'une solution de NaOH (0,1 N) et la suspension est déposée à + 4°C pendant 60 minutes, puis filtrée sous vide (papier Whatman N°2). 100 ml du filtrat, représentant l'extrait enzymatique total, vont servir pour la mesure de l'activité enzymatique (**EI-Jasim et EI- Delaimy, 1972**).

##### **Mesure de l'activité enzymatique (selon Polacsak-Racz et Pozsar-Hajnal, 1976) :**

On place l'électrode d'un pH mètre (Digital Denver 215) dans une solution contenant 20 ml de l'extrait enzymatique et 20 ml d'une solution pectique (Unipeptine) dont on ajuste rapidement le pH à 7,0 par du NaOH (0,1 N) avant déclencher immédiatement le chronomètre. Le volume est noté toutes les 2 minutes avant de ramener le pH à 7,0. L'opération est considérée comme terminée le pH ne varie plus et tous les volumes et les temps sont sommés (□ des activités).

E : quantité d'extrait enzymatique (ml).

$$\text{Calcul : PE (u/ ml)} = \frac{100 \times V}{E \times T}$$

V : volume de NaOH (0,1 N), (ml).

T : temps de réaction (min).

Une unité de la P.E est définie comme étant la quantité d'enzyme qui libère une micro mole de groupe carboxylique/min dans les condition expérimentales.

#### 2.3.5.7.5- Activité phénylalanine ammonia-lyase (PAL) :

L'activité de la PAL est déterminée sur 10 dattes par production d'acide trans-cinnamique à partir de L-phénylalanine pendant 1h à 30°C. Elle est lue au spectrophotomètre PUY Unicam

(modèle SP 9000) à 290 nm (**Cheng et Breen, 1991**). Les pulpes de dattes (tissus frais) à raison de 5 g chacune, sont homogénéisées dans 100 ml d'acétone et le résidu insoluble est filtré et séché sous vide. L'extraction est réalisée à 4°C par un tampon d'extraction contenant 38 g/L de borate de sodium (pH 8,8), 0,39 g/L  $\beta$ -mercaptoethanol, 0,58 g/L EDTA et du PVPP (polyvinylpolypyrrolidone) à raison de 1 g/100g de datte fraîche. Après 1 h d'extraction, la solution est filtrée et centrifugée à 20 000 x g à 4°C pendant 15 min et le surnageant est collecté. L'essai est mené sur un mélange réactionnel contenant 1,5 mL de tampon borate de sodium, (pH 8,8), 0,5 mL du surnageant et 1 mL de L-phénylalanine à 2,5 g/L ajoutés après 10 min de préincubation. Une unité d'activité de la PAL équivaut à la quantité de PAL produisant 1  $\mu$ mol d'acide cinnamique en 1 h.

#### 2.3.5.8- Evaluation du brunissement non enzymatique :

L'intensité du brunissement est évaluée en mesurant l'absorbance (à 420nm) des pigments responsables, sur un filtrat d'un broyat de la datte selon Peterson et *al.* (1994) à l'aide d'un spectrophotomètre type Novaspec UV/visible.

#### 2.3.5.9- Dosage de l'acide ascorbique (VitC) :

10g de datte sont broyés très finement en présence de 20 ml d'eau distillée à 4 % d'acide oxalique. Le filtrat est complété jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée. La DO est lue au spectrophotomètre UV-Vis Pye Unicam Sp. modèle 9000 à 285 nm et les résultats sont exprimés en mg d'acide ascorbique pour 100g de matière (Loschner et *al.*, 1990 ). Une courbe étalon est établie pour des concentrations croissantes de 25 mg à 200 mg/L d'acide ascorbique.

#### 2.3.5.10- Analyse statistique :

Le traitement statistique des données a été effectué par le logiciel ASSISTAT Software selon le test ANOVAs par comparaison de moyennes post hoc (Newman-Keuls test) avec un niveau de signification  $P < 0.01$  ([Silva and Azevedo, 2006](#)). Le facteur traitement est considéré avec 02 modalités (non thermisé, thermisé).

## 2.4 RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.4.1- Caractéristiques physico-chimiques de la datte Deglet Nour avant et après thermisation

---

L'analyse des caractéristiques physico-chimiques des dattes Deglet Nour a montré un **rapport de qualité R** égal à 8,56 % qui augmente dans les dattes thermisées pour atteindre 8,87 % (fig.14). Bien que, cette augmentation ne soit pas significative ( $p > 0,05$ ), la thermisation ayant provoqué une diminution de la teneur moyenne en eau de la datte et donc une perte du poids, a entraîné par conséquent une augmentation du rapport de qualité R.

Ces valeurs rentrent dans la gamme admise pour les dattes demi-molles variété Deglet-Nour, dont le rapport R est compris entre 8 à 12% (**Munier, 1973, Reynes et al., 1996 ; Reynes, 1997**).

Nous avons enregistré que plus de 49% des dattes analysées avaient une valeur de « R » de plus de 10% dont le calibre maximal enregistré est de 17.83% et seulement moins de 7.2% des dattes d'un pourcentage de 5% avec une valeur minimale de 5.05%.

Ces valeurs sont supérieures aux valeurs moyennes rapportées par Munier (1973) et répondent aux caractéristiques maximales décrites par les normes DF- 08 de CEE / ONU; ce qui permet de classer notre échantillon en catégorie I de la variété Deglet Nour (Anonyme, 2001).

La lecture du pH de ces dattes fraîches a donné une valeur moyenne de 5,30. Cette valeur s'inscrit dans la norme rapportée par Munier (1973) de 5,6 à 6,3 et par Reynes et *al.* (1996), de 5 à 6. La thermisation a provoqué une augmentation significative de cette valeur qui est passée à 5,62 ( $p=0,000$ ). Par contre, l'acidité titrable a diminué de 5,60 à 5,20 mEq/100 g MS dans les dattes thermisées (fig. 15 et 16 respectivement), mais cette diminution n'était pas significative et les lots de dattes sont restés dans un même groupe homogène (a). Ces valeurs s'inscrivent dans l'intervalle donné pour les dattes demi-molles, dont l'acidité varie entre (2,2 à 6,3 mEq/100 g MS) (Munier, 1973).

Azelmat et *al.*, (2006) travaillant sur la variété Boufegous, avec un autre traitement physique, l'irradiation, a toutefois signalé ces mêmes augmentations que celles montrées par la thermisation.

Enfin les lots de dattes n'ont pas montré après thermisation, une perte de poids importante (de l'ordre de 0,67% seulement) par rapport aux lots témoins non thermisés (tab.16).

Le traitement thermique appliqué (55°C/20 min) ayant entraîné une diminution de la teneur moyenne en eau de la datte et donc une perte du poids, a provoqué une augmentation du rapport de qualité R.

De même, l'augmentation significative de la valeur moyenne du pH des dattes sous l'action de la thermisation serait selon **Khatchadourian (1987)** le résultat de l'effet dépressif du traitement thermique sur la flore contaminante. Ceci est confirmé par l'évolution de l'acidité titrable. En effet selon ce même auteur, la thermisation diminue l'activité fermentaire des levures et des acidobacters.

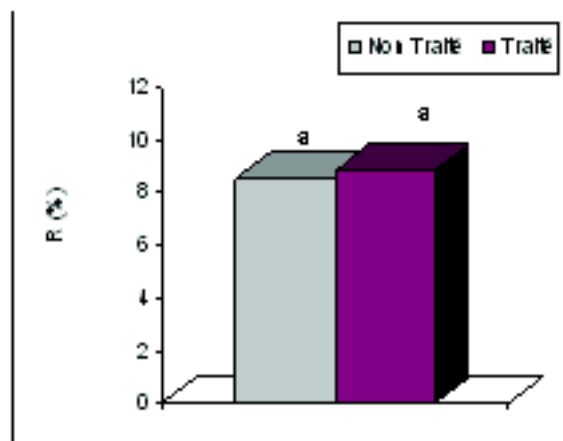


Figure 14 : Effet de la thermisation sur le rapport R de la datte Deglet Nour

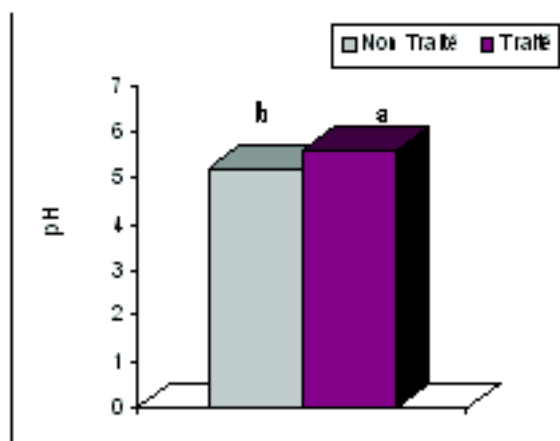


Figure 15 : Effet de la thermisation sur le pH de la datte Deglet Nour

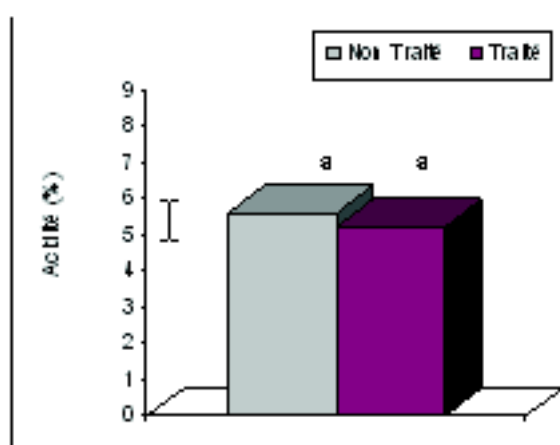


Figure 16 : Effet de la thermisation sur l'acidité de la datte Deglet Nour

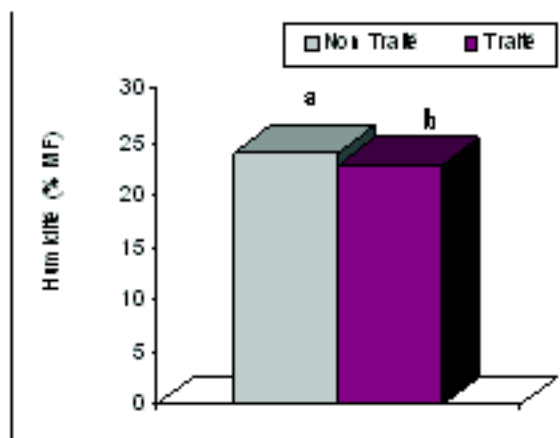


Figure 17 : Effet de la thermisation sur la teneur en eau de la datte Deglet Nour

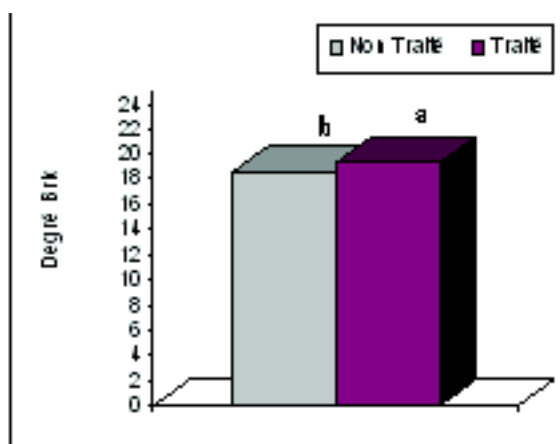


Figure 18 : Effet de la thermisation sur le degré Brix de la datte Deglet Nour

## 2.4.2 - Composition chimique de la datte Deglet Nour avant et après thermisation

### 2.4.2.1- Activité respiratoire

La datte Deglet Nour a montré une faible activité respiratoire (tableau 16) de 0,34 ml CO<sub>2</sub>/ (Kg.H).

Tableau 16 : Activité respiratoire de la datte Deglet Nour (à 25°C)

Poids dattes	Tps ; de respirat. (h)	Vol. respiromètre (ml)	Kb	Aire CO <sub>2</sub> amb.	Aire CO <sub>2</sub> recherch.	% CO <sub>2</sub> (Respiromètre)	CO <sub>2</sub> libéré (ml)	ml CO <sub>2</sub> / Kg.H)	
235,11	24	3000	1 302 523	102 343	191 860	0.15	2.17	1.90	0.34
235,11	24	3000	1 302 523	102 343	193 300	0.15	2.17	1.90	0.34
235,11	24	3000	1 302 523	102 343	189 784	0.15	2.17	1.90	0.34
Deglet Nour 25°C Moyenne									0.34 0.004

Ce résultat s'inscrit dans ce qui a été rapporté par beaucoup d'auteurs qui considèrent que la datte est un végétal à faible respiration (**Kader, 1992, Siddiqui et Gupta, 1994**) et ce contrairement à d'autres auteurs qui considèrent que la datte est un fruit climatérique (**Rouhani et Bassiri, 1977 ; Rygg, 1977 ; Esplá et al., 1999 ; Serrano et al., 2001**).

### 2.4.2.2- Teneur en eau

La teneur en eau des dattes Deglet Nour fraîches - à la réception - était de l'ordre de 24,00% MF. Cette teneur répond aux valeurs données pour les dattes demi-molles (8 - 40% MF) par **Albano (2002)**. Après thermisation, cette teneur est ramenée à 22,89% MF (fig.

17), marquant ainsi une diminution significative ( $p < 0,05$ ) et deux groupes bien distincts (a et b) étaient identifiés.

Cette diminution de la teneur en eau serait vraisemblablement due à l'exposition thermique. La désorption de l'eau par les dattes de la variété Deglet Nour déterminée à la température de 21°C, représente un hystérésis caractéristique des produits alimentaires (Hamdi, 1996 ; Myhara, 1998).

Cette évolution confirme les conclusions de **Falade et al., (2007)** ont souligné l'influence de la variété et de la température de séchage sur l'évolution de la teneur en eau.

#### **2.4.2.3 - Degré Brix**

A la réception, les dattes ont présenté une teneur en matière sèche soluble ou un degré Brix de 18,50%, qui sous l'effet de la thermisation appliquée a montré une augmentation significative ( $P < 0,05$ ) jusqu'à une concentration de 19,25% (fig. 18).

La thermisation ayant diminué la teneur en eau des dattes, a augmenté la concentration en matière sèche soluble.

#### **2.4.2.4- Fraction glucidique**

##### **2.4.2.4.1 - Sucres totaux et réducteurs**

La datte Deglet Nour présente des teneurs en sucres totaux et réducteurs respectivement de 70,50 et 40,05% MF. L'effet de la thermisation se traduit par une diminution de la teneur en sucres totaux, ramenée à 68,65% (fig.19), mais cette diminution reste non significative. Par contre, la thermisation induit une augmentation significative des sucres réducteurs ( $p < 0,05$ ) et deux groupes homogènes (b et a) sont identifiés (fig. 20).

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Rygg (1975)** qui estimait que 90% de l'activité de l'invertase étaient perdus après un chauffage de 10 minutes à 65°C, de **Hasegawa et Smolenski (1970)** qui avaient estimé qu'une température de 60°C, durant 10 minutes apparaissait nécessaire pour inactiver l'invertase à 90% et à 95% pour la même durée à 65°C sans altérer la qualité des sucres de la datte. Toutefois, il faut rester prudent à ne pas détruire l'intégrité des membranes cellulaires lorsque la teneur en eau est importante. Cette hypothèse a déjà été suggérée par **Coggins et Knapp (1969)** ; en effet les dattes ayant une forte teneur en sucres réducteurs (dattes dites molles) sont celles qui ont l'activité invertasique est la plus élevée (**Bukhaev et al., 1987**).

##### **2.4.2.4.2 - Saccharose, glucose et fructose**

Le profil de la datte Deglet Nour en mono et disaccharides a donné une teneur de 34,23% MF en saccharose alors que le glucose et le fructose ont représenté des teneurs respectives de 49,50 et 50,50% des sucres réducteurs dosés. La thermisation des dattes a entraîné une variation significative des teneurs de ces trois sucres ( $p < 0,05$ ). Ainsi, la teneur en saccharose était augmentée jusqu'à 39,50% MF (fig. 21) et les teneurs en glucose et fructose étaient inversement affectés (52,57 et 47,43% des sucres réducteurs) respectivement (fig. 22 et 23). Toutefois, la thermisation n'a pas induit de modification du rapport de qualité (**r**) sucres/teneur en eau qui est resté pratiquement constant (2,94 contre

2,99 pour les lots thermisés), au même titre que le taux d'inversion du saccharose resté également stable après thermisation (0,57 contre 0,63).

### 2.4.2.5 Composés phénoliques simples et complexes

#### 2.4.2.5.1 - Composés phénoliques totaux

La teneur de la datte Deglet Nour fraîche en composés phénoliques totaux est de l'ordre de 479 mg/100 g MF ; cette teneur est significativement ( $p < 0,05$ ) augmentée après thermisation pour atteindre une teneur de 499 mg/100 g MF (fig. 24). Cette différence serait due à l'affectation de l'arôme ainsi l'évaporation d'une partie des composés volatils de la datte suite de l'effet de la thermisation (Al Ogaïdi, et al., 1986).

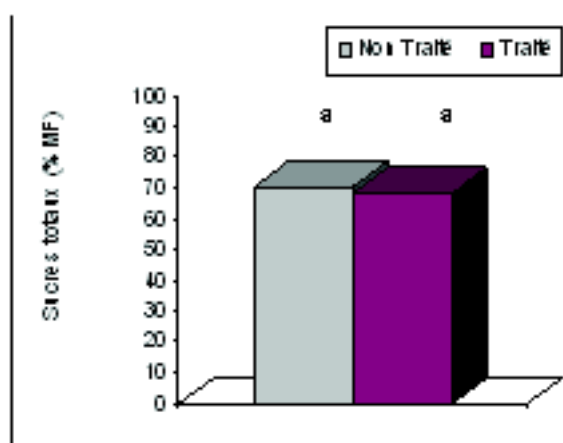
La variation de la teneur en CPT sous divers traitements est aussi rapportée dans des études récentes de Biglari et al. (2007) et de Reyes et al. (2007).

#### 2.4.2.5.2 - Acides phénoliques

L'analyse du profil de la Deglet Nour en acides phénoliques a permis de mettre en évidence la présence des acides gallique, *p*-coumarique, chlorogénique et férulique, quoique en très faibles quantités et avec une nette prédominance de l'acide gallique (tableau 17). Après thermisation, ces mêmes acides sont retrouvés sans variations notables dans leurs proportions et avec la même prédominance de l'acide gallique avec une teneur très proche (1,69 mg/100 g MF) de celle de la datte non thermisée (1,71 mg/100 g MF) ne montrant ainsi aucune variation significative.

**Tableau 17 : Effet de la thermisation (55°C/20 min) sur les teneurs en acides phénoliques de la datte Deglet Nour (mg/100 g MF).**

Acide phénolique	Non Thermisé	Thermisé (55°C/20 min)
Acide gallique	1,71	1,69
Acide <i>p</i> -coumarique	0,58	0,54
Acide chlorogénique	0,44	0,44
Acide férulique	0,23	0,22



*Figure 19 : Effet de la thermisation sur la teneur en sucres totaux de la datte Deglet Nour.*

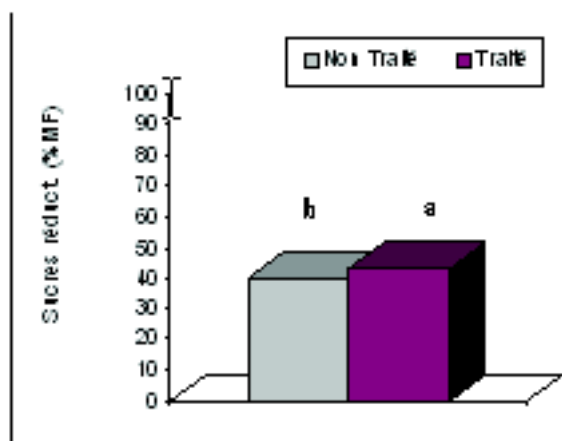


Figure 20 : Effet de la thermisation sur la teneur en sucres réducteurs de la datte Deglet Nour.

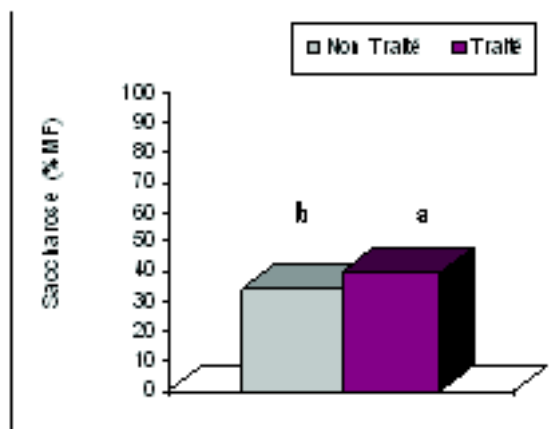


Figure 21 : Effet de la thermisation sur la teneur en saccharose de la datte Deglet Nour.

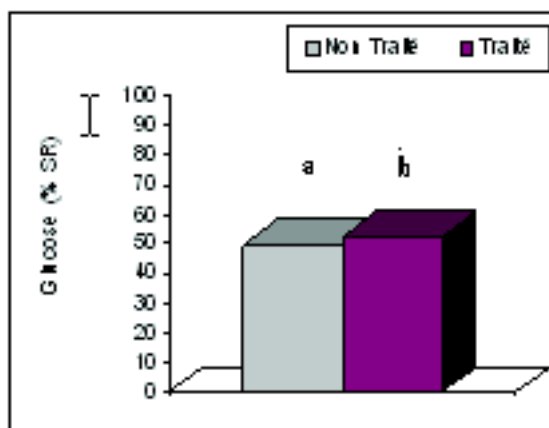


Figure 22 : Effet de la thermisation sur la teneur en glucose de la datte Deglet Nour



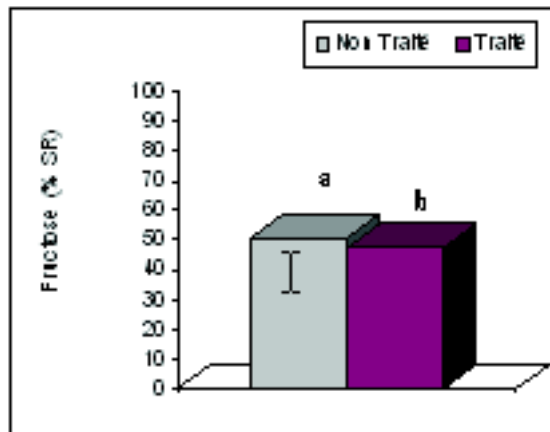


Figure 23 : Effet de la thermisation sur la teneur en fructose de la datte Deglet Nour.

#### 2.4.2.5.3 - Tannins

Les tannins sont présents dans la datte Deglet Nour à une teneur de 54% de l'ensemble des polyphénols de la datte. Cette teneur a diminué d'une manière significative ( $p < 0,05$ ) sous l'effet de la thermisation (43,63%) (fig. 25).

#### 2.4.2.6 - Astringence

L'astringence mesurée dans la Deglet Nour fraîche est de l'ordre de 0,512 (exprimée en absorbance) diminue également significativement ( $p < 0,05$ ) après thermisation jusqu'à une valeur de 0,412 (fig. 26).

Selon **Awad et al.**, (2006), cette astringence est le résultat de la forte teneur en tannins.

#### 2.4.2.7 - Vitamine C

La teneur initiale en vitamine C de la datte Deglet Nour était de l'ordre de 5,05 mg/100 g MF. Après thermisation, celle-ci baisse significativement ( $p < 0,005$ ) jusqu'à une teneur de 4,71 mg/100 g MF et deux groupes homogènes distincts (a et b) sont distingués (fig. 27). Selon **Seung et Kader (2000)** et récemment **Reyes et al. (2007)**, la teneur de la vitamine C peut être influencée par divers facteurs, les différences génotypiques, les conditions climatiques pré-récolte, les pratiques culturales, la maturité et les procédures post-récolte dont les traitements thermiques.

#### 2.4.2.8 - Brunissement non enzymatique (BNE)

La datte Deglet Nour a montré une absorbance initiale de 82,20% qui sous l'action de la thermisation a augmenté jusqu'à 86,75% (fig. 28). La thermisation, en tant que traitement thermique est de nature à favoriser les réactions du brunissement non enzymatique notamment la réaction de Maillard dont le point de départ semble bien être la condensation d'une fonction carbonyle libre d'un sucre réducteur et d'un groupement amine libre d'un acide aminé ou d'une protéine. Toutefois, cette augmentation n'était pas significative ( $p = 0,0757$ ) et les deux échantillons sont restés dans un même groupe homogène (a).

**Labuza et Samarach (1981)** ont comparé d'un point de vue thermodynamique la vitesse de brunissement de la réaction de Maillard avec la disponibilité de l'eau. En effet la diminution d' $A_w$  inhibe les réactions de brunissement non enzymatique qui présentent une vitesse maximale pour une valeur d' $A_w$  voisine de 0,7 (**Cheftel et Cheftel, 1977**), et entre 0,5 et 0,8 selon **Labuza et Baisier (1992)**.

Pour **Saltveit (2000)**, le choc thermique peut être utilisé pour prévenir les altérations, notamment le brunissement des tissus.

#### 2.4.2.9 - Activités enzymatiques

D'une manière générale, toutes les activités enzymatiques étudiées dans la Deglet Nour, ont montré des variations significatives sous l'action de la thermisation. Ainsi, les activités des enzymes oxydatives PPO et POD ainsi que celle de PE ont augmenté, passant respectivement de 0,0098 UI ; 10,25 UI et 0,34 (U/ml) dans la Deglet Nour fraîche à 0,0115 UI ; 11,76 UI et 0,62 (U/ml) dans les dattes thermisées (fig. 29, 30 et 31).

Par contre, les activités de la PG et de PAL ont marqué une baisse d'activité, passant respectivement de 42,48 (%D) et 3,17 U/100 g à des teneurs de 36,07 (%D) et 2,86 U/100 g dans les dattes ayant subi le traitement thermique (fig. 32 et 33).

**Hasegawa et Maier (1980)** ont rapporté qu'un traitement de 67°C détruirait 50% de l'activité de la PPO. L'activité de cette enzyme est maximale à un pH entre 4,5 et 6,5. **Reynes (1997)** a également rapporté une baisse d'activité (au-delà de 40°C/30 min) également présente dans tous les traitements au-delà de 2H30 min, confirmant les

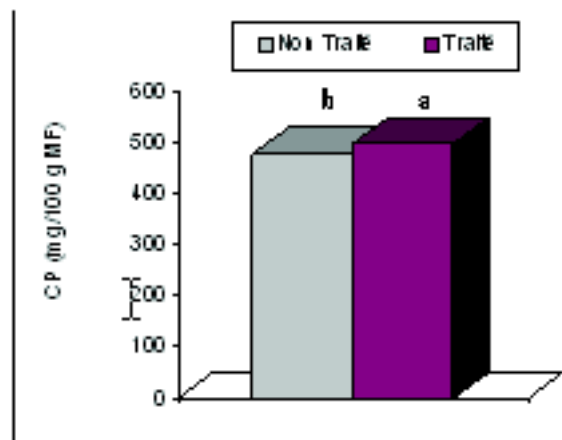


Figure 24 : Effet de la thermisation sur la teneur en composés phénoliques de la datte Deglet Nour.

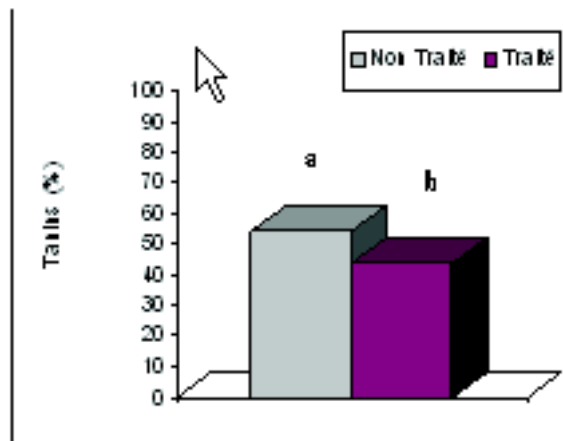


Figure 25 : Effet de la thermisation sur la teneur en tannins de la datte Deglet Nour.

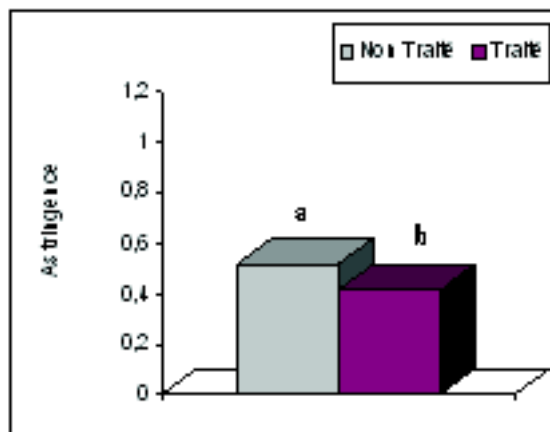


Figure 26 : Effet de la thermisation sur l'astringence de la datte Deglet Nour.

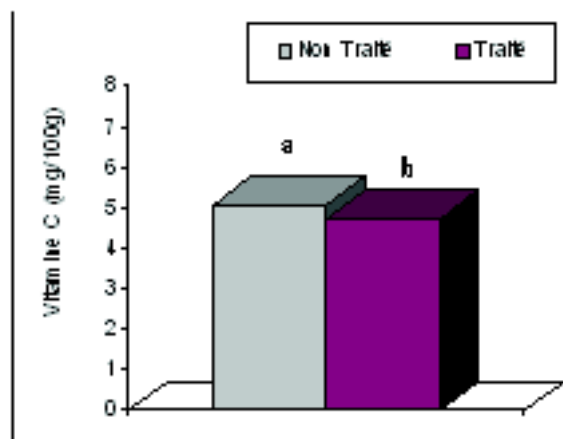


Figure 27 : Effet de la thermisation sur la teneur en vit. C de la datte Deglet Nour.

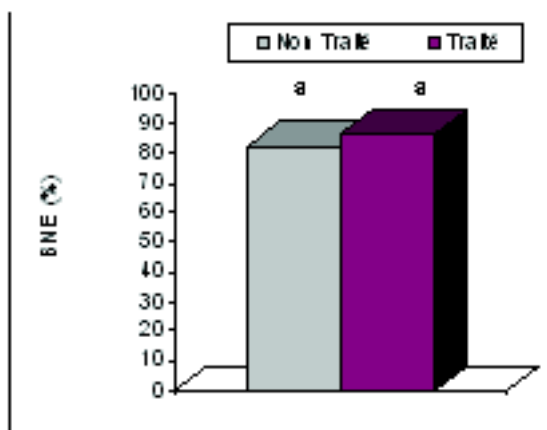


Figure 28 : Effet de la thermisation sur le BNE de la datte Deglet Nour.

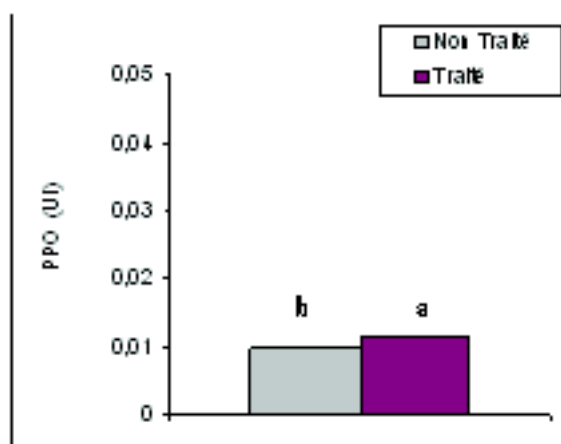


Figure 29 : Effet de la thermisation sur l'activité de la PPO de la datte Deglet Nour.

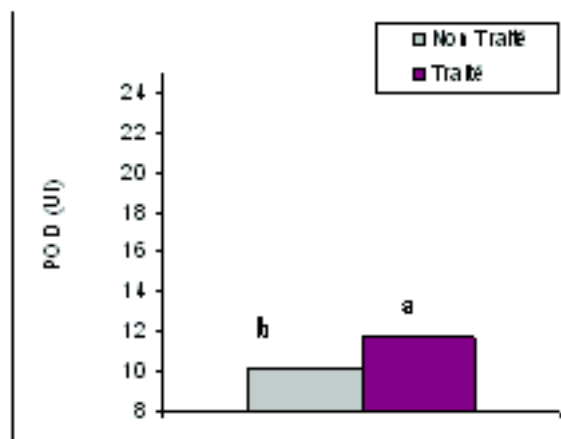


Figure 30 : Effet de la thermisation sur l'activité de la POD de la datte Deglet Nour.

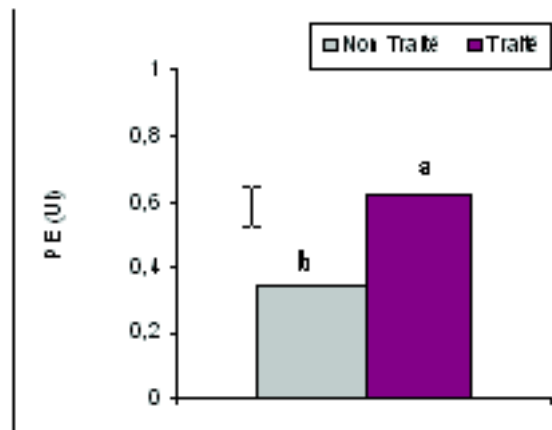


Figure 31 : Effet de la thermisation sur l'activité de la PE de la datte Deglet Nour.

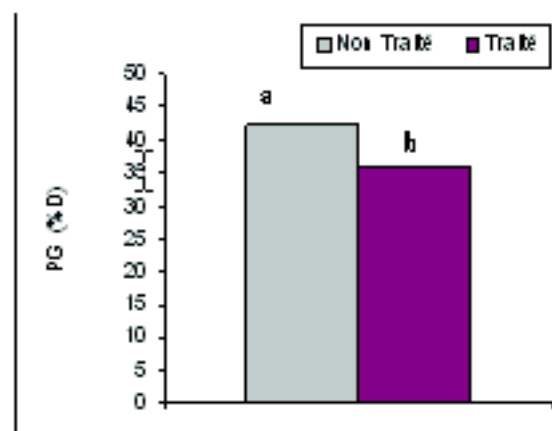


Figure 32 : Effet de la thermisation sur l'activité de la PG de la datte Deglet Nour.

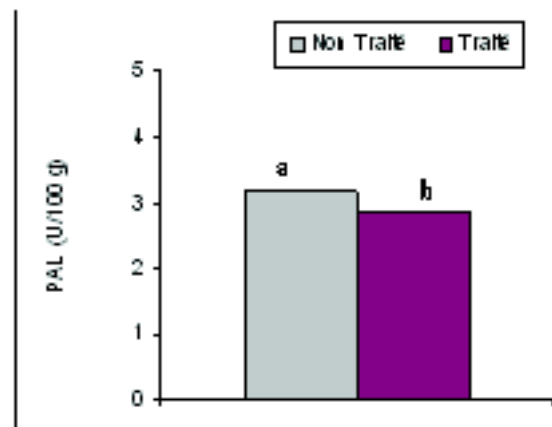


Figure 33 : Effet de la thermisation sur l'activité de la PAL de la datte Deglet Nour

observations faites par **Mutlak et Mann (1984)**. L'augmentation de l'activité de la PPO, était en partie responsable du brunissement des végétaux (**Zhou et al., 2003**).

Les peroxydases ont une implication limitée au niveau du brunissement des dattes (**Mutlak et Mann (1984)**), dans la mesure où il semble que leur présence soit de moins en moins importante durant la conservation (**Maier et Shiller, 1961**). Ces enzymes seraient inactivées en portant les dattes à 100°C durant 14 minutes ou par traitement aux micro-

ondes durant 1 min à 110°C (**Mutlak et Mann, 1984**). Dans certains fruits, les peroxydases en présence d'oxygène et de dihydroxyfumarate pourraient intervenir au niveau de la tyrosine et de la phénylalanine. De la même manière, l'acide paracoumarique pourrait être hydroxylé en acide caféique (**Robinson, 1991**). Dans le cas de la datte, il reste à vérifier que ces conditions soient réunies.

**Reynes (1997)** a montré le caractère thermolabile de l'activité peroxydasique dont la vitesse de réaction diminue d'une part avec la température de traitement thermique et avec la durée de ce traitement d'autre part. Ainsi, selon cet auteur une température de 80°C appliquée pendant 2 h 30 min inactive totalement la POD, ce qui est en contradiction avec les observations de **Mutlak et Mann (1984)**.

**Hasegawa et al. (1969)** avaient constaté une diminution significative de l'activité PG durant la phase de maturation qu'ils attribuent à une conversion des formes inactives, insolubles en formes solubles. Par contre, **Coggins et al. (1968)** ont suggéré que le séchage naturel pourrait freiner le développement des activités enzymatiques telles que l'invertase et la polygalacturonase. **Reynes (1997)** rapporte une diminution des teneurs en acide galacturonique sous l'action du traitement thermique des micro-ondes (70 et 80°C).

**Jasem et Delaimy (1972)** ont estimé que l'activité PE de quatre variétés irakiennes de type demi-molles (avec un teneur en eau élevée) et à l'état tamar, à 0,9 méquivalents COOH/min/g de matière fraîche ce qui confirme l'intérêt d'inactiver rapidement cette enzyme pour conserver la texture initiale. **Reynes (1997)** n'a pas rapporté d'effet significatif du traitement thermique aux micro-ondes (60, 70 et 80°C) sur l'activité PE. L'activité de cette enzyme se développer surtout durant la maturation, la réduction de plus de 50% de son activité au stade tamar pourrait s'expliquer par l'effet d'inhibition du aux tanins d'après ces auteurs.

A la vue de ces résultats, on peut émettre l'hypothèse que le traitement thermique dans les conditions opératoires préétablies n'exalte pas outre mesure, l'activité des enzymes endogènes (participant à la maturation de la datte), la PE et la PG. Cette conclusion est intéressante pour les producteurs qui sont ainsi assurés de maintenir l'état de maturité de la récolte, tout en désinsectisant. Il faut toutefois nuancer cette observation car cette étude n'est menée que sur des dattes en fin de maturation.

L'activité de la PAL se trouve très variée avec le développement de la plante, des cellules et les différenciations des tissus (**Hahlbrock et scheel, 1989 ; Hrazdina et al ., 1984**). Le développement des tâches brunes chez la laitue par exemple, associé d'une activation de la PAL par le CO<sub>2</sub> est dû à l'accumulation et à l'oxydation des phénols solubles, notamment de l'acide chlorogénique et de ses dérivés, et à la formation de lignine sur les zones affectées (**Ke et Saltveit, 1989 ; Siriphanich et Kader, 1985**). Alors que la diminution de l'activité de la PAL serait due au développement d'un système d'inactivation qui se manifeste après l'induction de l'enzyme. D'une autre façon, la diminution de l'activité de la PAL issue des enzymes de la voie phénylpropanoïde, va s'associer avec la synthèse de plusieurs classes des différents composés flavonoïques (**Hrazdina et al ., 1984**).

**Morello et al. (2005)** ont signalé des corrélations significatives entre l'activité de la PAL et la teneur en polyphénols totaux dans l'olive ; ceux-ci diminuaient avec le processus de maturation.

## 2.5 CONCLUSION

L'effet de la thermisation (55°C/20 min) sur la composition chimique des dattes Deglet Nour a montré une augmentation significative du rapport de qualité R et du pH. Parallèlement, l'acidité titrable a diminué mais de manière non significative, et une très faible perte de poids était enregistrée. Le degré Brix a de son côté, montré une augmentation significative.

La thermisation de la datte Deglet Nour a provoqué une diminution non significative de la teneur en sucres totaux, alors que les sucres réducteurs étaient significativement augmentés. La teneur en saccharose était augmentée alors que les teneurs en glucose et fructose étaient inversement affectés. Toutefois, la thermisation n'a pas induit de modification du rapport de qualité (r) sucres/teneur en eau qui est resté pratiquement constant, au même titre que le taux d'inversion du saccharose.

La teneur en composés phénoliques totaux est significativement augmenté après thermisation et on a constaté la présence des mêmes acides phénoliques (gallique, *p*-coumarique, chlorogénique et férulique) avec toujours la prédominance de l'acide gallique. La thermisation a engendré des réductions significatives des teneurs en tannins, en astringence et en vitamine C de la datte Deglet Nour.

La thermisation, en tant que traitement thermique est de nature à favoriser les réactions du brunissement non enzymatique notamment la réaction de Maillard, toutefois l'augmentation notée n'était pas significative.

D'une manière générale, toutes les activités enzymatiques étudiées dans la Deglet Nour, ont montré des variations significatives sous l'action de la thermisation, ainsi, les activités des enzymes oxydatives PPO et POD ainsi que celle de PE ont augmenté, alors que les activités de la PG et de PAL ont marqué une baisse d'activité.

A la vue de ces résultats, on peut dire que la thermisation à 55°C/20 min n'a pas engendré de modifications drastiques dans la composition de la datte Deglet Nour et les changements enregistrés ne sont pas sortis des normes établies pour cette variété tels que le rapport R, teneur en eau, pH et acidité, sucres totaux, réducteurs ou les sucres simples. Certains changements étaient par contre bénéfiques tels que la diminution des tannins et de l'astringence. La thermisation n'a pas semblé trop exalter les activités enzymatiques telles que la PPO et la POD. Ceci est intéressant dans la limitation des phénomènes oxydatifs enzymatiques.

Cette conclusion est intéressante pour les producteurs et les conditionneurs qui sont ainsi assurés de désinsectiser tout en maintenant les critères de qualité de la datte Deglet Nour.

# PARTIE III : TECHNOLOGIE DE LA CONSERVATION DE LA DATTE, FRUIT DU *Phoenix dactylifera* L.

## 3.1 Introduction

Le palmier dattier, «l'arbre providence» des régions désertiques, constitue l'armature de l'écophytocénose des oasis en créant un mésoclimat favorable à la vie des hommes, des cultures et du cheptel. Il permet à l'homme de se maintenir dans un milieu désertique difficile ( **Toutain, 1979** ). Pour plusieurs populations du Moyen Orient et les pays limitrophes du désert saharien, le fruit est la source majeure en aliments énergétiques. **Purseglove (1970)** a recensé plus de 800 utilisations de cette culture. Les dattes jouent un rôle important dans le développement économique de plusieurs pays où elles constituent la source majeure des revenus de nombreuses familles d'agriculteurs. Dans les pays développés, les dattes sont considérées comme un aliment à vertus sanitaires où en plus de la consommation directe du fruit, de nombreux aliments dérivés (sirop, pâte, miel, jus, etc.) en sont. sont préparés (**Auda, 1980 ; Al Hooti et al ., 2002**).

La qualité des dattes commercialisées est tributaire des conditions de culture, de l'irrigation, de protection du régime et de l'ensoleillement ; autant de facteurs qui procurent aux fruits une spécificité de terroir. La production de dattes doit tenir compte des phénomènes de maturation, des problèmes liés à la récolte et des technologies appliquées dans les usines de conditionnement nécessaires pour désinsectiser et stabiliser (séchage) de ces fruits. La durée de vie marchande relativement courte des dattes molles et demi-molles ainsi que leur susceptibilité aux multiples altérations les rend très vulnérables (**Al-Bakir, 1964; Al-Hassan et Abbas, 1986**).

En Algérie, les températures élevées persistent plus de huit mois et sont responsables de nombreuses altérations de la datte. On assiste alors à une perte de poids, mais plus encore le fruit se fissure et brunit, ce qui diminue grandement sa valeur marchande. Après fissuration, la datte devient fibreuse et le goût et l'odeur fruitée disparaissent. Chaque année et selon certains témoignages, près de 70% de cette production dattière sont perdus (Selselet et Khenafou, 1987). Ainsi, les pertes post-récolte, essentiellement dues à l'infestation des stocks de dattes par les insectes ravageurs et les pertes excessives de poids, la dégradation de la couleur due aux réactions photochimiques de brunissement constituent les problèmes majeurs rencontrés lors du stockage des dattes (Djerbi, 1982 ; Reynes et al., 1994).

La fumigation utilisée jusque là pour la désinfestation des dattes stockées (**Hussain, 1974 ; Matter, 1991**), voit son emploi diminuer à travers le monde en raison des effets résiduels de l'agent chimique le  $\text{BrCH}_3$ , et de sa toxicité pour l'homme (**Deschamps et Turpin, 1996**). Celui-ci identifié comme un agent de dysfonctionnement de la couche d'ozone, est de plus en plus contrôlé. Il fait déjà l'objet d'interdiction à l'échelle européenne et on s'achemine vers son bannissement total à l'orée de 2010 (**Anonyme, 1992**). De plus,



des cadavres d'insectes et leurs excréments restent à l'intérieur des fruits et constituent une altération secondaire. De très nombreuses études ont proposé des alternatives à la fumigation au bromure de méthyle **Csinos et al., 1997 ; Bell et Wilson, 1995 ; Zettler et Arthur, 2000 ; Donahaye et al., 1995 ; Bell, 2000 ; Aegerter et Folwell, 2000 ; Donahaye, 2000 ; Reynes, 1997 ; Williams et al., 2000 ; Weller et Graver, 1998**).

Parmi ces traitements, la thermisation en tant que traitement essentiellement de désinsectisation (**Munier, 1973 ; Al-Taweel et al., 1997**) et les emballages pour atmosphères modifiées (**Yang et al., 2002**) peuvent être envisagés. Les effets de ces deux traitements seuls ou de leurs actions combinées peuvent constituer des alternatives intéressantes complémentaires aux bonnes pratiques de conservation à même de garantir une qualité optimale à la datte, particulièrement lorsque au cours d'un entreposage à basses températures (**Jayas and Jeyamkondan, 2002; Sayed Ali et al., 2004 ; Sivakumar and Korsten, 2006**).

## 3.2 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

### 3.2.1 Classification selon les critères de qualité des dattes

---

A la récolte, au stade Tamar, les variétés de dattes sont classées en fonction de plusieurs critères. Les dattes sont généralement de forme allongée, oblongue ou ovoïde, il existe cependant quelques variétés pratiquement sphériques telle que la variété Tanteboucht. Leurs dimensions sont très variables : de 1,5 à 7 ou 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 15g. Leur couleur va du blanc jaunâtre au marron très foncé presque noir, en passant par l'ambre, le rouge et le brun.

Il existe un grand nombre de variétés de dattes très difficiles à dénombrer totalement. Hannachi et al. (1998) en ont recensé 940 dont 2/3 échantillonnés.

Les variétés de dattes sont classifiées et répertoriées, en général selon quatre critères :

#### 3.2.1.1 Le stade de maturité :

Certaines dattes provenant des zones marginales de culture comme le littoral libyen sont dites "dattes fraîches" (au stade Khalal). Elles possèdent une taille, un poids et une teneur en sucres optimaux. Elles sont légèrement astringentes, dures, fibreuses et de couleur jaune-brillant. D'autres dattes dites "sèches" (au stade tamar) possèdent une taille et un poids minimaux, c'est le cas de la majorité des variétés actuelles.

#### 3.2.1.2 La composition en sucres

C'est le principal critère de composition (tableau 18). On distingue les dattes dites à saccharose (saccharose dominant), des dattes dites à sucres réducteurs (glucose et fructose dominants). La première catégorie regroupe par exemple les variétés Deglet Nour et Mech Degla, la deuxième concerne notamment la variété Ghars. La connaissance du rapport *sucres/eau* permet de définir la stabilité du fruit en cours de la conservation ainsi la qualité du cultivar (Reynes et al., 1996).

\* Les teneurs relatives en saccharose et en sucres réducteurs, caractérisent en partie une variété et influencent la texture de la datte (**Coggins et al. , 1967**). **Cook et Furr (1953)** et **Munier (1973)** ont proposé une classification basée sur un rapport  $r$  égale au rapport sucre sur eau et qui permet de distinguer trois catégories de dattes :

Les dattes molles  $r < 3,5$  (généralement dattes à sucres réducteurs)

Les dattes demi-molles  $2,5 < r < 3,5$  (c'est le cas de la Deglet Nour)

Les dattes sèches  $r > 3,5$  (dattes à saccharose, dures, très recherchées) (**Cook et Furr, 1953**).

**Hussein et al. (1976)** puis **Barreveld (1993)** ont repris cette caractérisation pour les dattes saoudiennes classées en trois catégories :

les dattes molles ne contenant pas de saccharose et avec une teneur en eau de l'ordre de 30%

les dattes demi sèches, avec une teneur en eau de l'ordre de 20 à 30% avec une teneur élevée en saccharose, c'est le cas de la Deglet Nour.

Les dattes dites "sèches" contenant moins 20% d'eau et qui possèdent en général une quantité équivalente de sucres réducteurs et de saccharose. Cette classification est particulièrement retenue en Algérie.

Variété	% de Matière Sèche				
	% Eau	Sucres Réducteurs	Saccharose	Sucres Totaux	Sucres/Eau
<i>Molles (&gt;30% eau)</i>					
<i>Amari</i>	28.25	47.70	8.74	56.90	2.00
<i>Hamraye</i>	24.50	60.04	9.02	70.00	2.90
<i>Tantboucht</i>	23.75	46.90	8.80	56.20	2.40

Tableau 18 : Classification des dattes algériennes selon leur composition (**Belguedj, 1996**).

**Munier (1973)** considère le rapport  $R$  (poids du noyau/poids de la datte) -une autre caractéristique- comme fonction des variétés de datte, des facteurs écologiques et des conditions de culture. Ce rapport est de 8 à 12% et 11 à 12% pour les variétés algériennes Deglet Nour et Ghars respectivement. L'extrême variabilité de ce rapport en fait un caractère représentatif du terroir, plus que de la variété.

### 3.2.1.3 Contrôle de la qualité commerciale des dattes entières (normes CEE/ONU-DF-08)

La présente norme vise les dattes à l'état naturel ou traitées, entières non dénoyautées des variétés issues du *Phoenix dactylifera* L., destinées à être livrées aux consommateurs (tableau 19). Elle ne s'applique pas aux dattes destinées aux industries de transformation, aux dattes pressées, ni aux dattes congelées.

La norme a pour objectif de définir les qualités que doivent présenter les dattes au stade de l'expédition, après conditionnement et emballage.

### 3.2.1.3.1 Caractéristiques minimales

\* Dans toutes les catégories, compte tenu des dispositions particulières prévues pour chaque catégorie et des tolérances admises, les dattes doivent être :

*Entières*

*Saines ; sont exclus les produits atteints de pourriture ou d'altération telles qu'elles les rendraient impropres à la consommation.*

*Mûres, charnues et souples.*

*Propres.*

*Exemptes d'insectes vivants ou de tout parasite vivant ou même de leurs traces visibles.*

*Exemptes de moisissures, d'odeur ou de saveur étrangères ou bien de fermentation.*

\* Teneur en eau : pour les dattes de la variété Deglet Nour, à l'état naturel, le taux d'humidité maximal est fixé à 30 %.

### 3.2.1.3.2 Classification

Les dattes font l'objet d'une classification en trois catégories définies ci-après :

#### **Catégorie « Extra »**

Les dattes classées dans cette catégorie doivent être de qualité supérieure. Elles doivent présenter la forme, le développement et la coloration typique de la variété, elles doivent avoir une couleur allant d'ambrées à brune et une chair abondante, grasse ou demi grasse et onctueuse, l'épicarpe doit être translucide et, selon la variété, adhérent à la chair.

Elles doivent être pratiquement exemptes de tout défaut à l'exception de très légères altérations superficielles à condition qu'elles ne portent pas atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité, à sa conservation ou à sa présentation dans l'emballage (**Anonyme, 2001**).

#### **Catégorie « I »**

Les dattes classées dans cette catégorie doivent être de bonne qualité. Elles doivent présenter des caractéristiques typiques de la variété. La chair doit être suffisamment abondante, grasse ou demi grasse, compte tenu de la variété.

	<b>CEE/ONU</b> DF-08	<b>CODEX ALIMENTARIUS</b> FAO/OMS
Taux humidité	< 26%	max 26%
-variété sucre canne (1)	< 30%	max 26%
-variété sucre inverti (1)	< 30%	max 26%
-variété Deglet Nour (1)		

*Tableau 19 : Normes de qualité (Anonyme, 2001)*

(1) le mot variété est utilisé d'une manière générique pour indiquer les dattes riches en saccharose (sucre de canne, les dattes appelées "sèches"), les dattes à sucre inverti, riches en glucose et fructose que sont les dattes appelées "molles" ; la variété Deglet Nour contenant les sucres invertis et du saccharose étant appelée datte "demi-molle"

Elles peuvent comporter les légers défauts suivants, à condition que ceux-ci ne portent pas atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité, à sa conservation ou à sa présentation dans l'emballage :

- Un léger défaut de l'épicarpe n'affectant pas la pulpe.
- Un léger défaut de forme ou de développement.
- De légères rides.

#### **Catégorie « II »**

Cette catégorie comporte les dattes qui ne peuvent être classées dans les catégories supérieures, mais correspondent aux caractéristiques minimales ci-dessus définies. Elles peuvent comporter les défauts suivants à condition de garder leurs caractéristiques essentielles d'aspect général, de qualité, de conservation et de présentation.

- Défauts de l'épicarpe n'affectant pas la pulpe.
- Défauts de forme ou de développement.
- Défauts de coloration.

#### **- Le calibrage :**

Le calibrage est déterminé par le poids minimal des fruits, quelque soit la variété, le poids des dattes entières est fixé à **4.75 g**.

#### **- Les tolérances :**

Des tolérances de qualité et de calibre (tableau 19) sont admises dans chaque colis pour les produits non conformes aux exigences de la qualité indiquée (**Anonyme, 2001**)

#### **Tolérance de qualité**

##### **Impuretés minimales**

Pas plus d'un gramme par kilogramme. Cependant, pour les dattes entières à l'état naturel, 2 grammes par kilo au maximum.

##### **Tolérances de calibre**

Pour toutes les catégories 10% de dattes d'un poids unitaire inférieur à 4.75 g, mais aucune inférieure à 4 g (Anonyme, 2001).

### 3.2.2 Letraitement de la datte en usine

---

La récolte est stockée au maximum deux à trois jours avant d'être traitée. Les traitements (fig. 34) visent à lutter contre les insectes, les souris et autres ravageurs (Munier, 1973).

#### 3.2.2.1 Les dattes seront débarrassées de toutes impuretés, par 2.1- Le triage

L'objet du triage est de séparer les dattes normales des dattes incomplètement mûres ou anormalement humides et d'enlever aussi les particules de terres, de poussières et les débris végétaux.

Les dattes triées sont échelonnées selon les catégories suivantes :

Dattes extra 1<sup>ier</sup> choix : translucides, exportables.

Dattes marchandes 2<sup>ème</sup> choix : exportables.

Dattes immatures.

*Martrouba* : fruits presque murs et cireux.

*Freeza* : dattes sèches.

Dattes écrasées.

Dattes desséchées.

#### 3.2.2.2- Le nettoyage

ventilation à l'air pulsé, par brossage avec des brosses douces, par pulvérisation sous une série de jets d'eau très fins ou enfin par brassage dans des tambours contenant de l'eau sucrée.

#### 3.2.2.3- Le séchage ou essuyage

Le séchage des dattes est surtout effectué dans un four à courant d'air chaud à une température ne dépassant pas les 70°C et appliquant des vitesses de passage d'air sur les dattes comprises entre 1 et 2 m.s<sup>-1</sup>.

#### 3.2.2.4- Mûrissage complémentaire

Ce traitement consiste à soumettre les dattes grasses ou sèches à une température entre 30 et 60 °C et une humidité variant entre 25 et 60 % pendant 45 minutes à 4 heures (Munier, 1973 et Myhara et al. , 2000).

#### 3.2.2.5- Conditionnement

Après traitement, les dattes sont mises en emballage dans des présentations variables : ravier, cartons, plaquettes, barquettes, selon que le produit soit destiné au marché local ou à l'exportation (Munier, 1973 ; Anonyme, 2001).

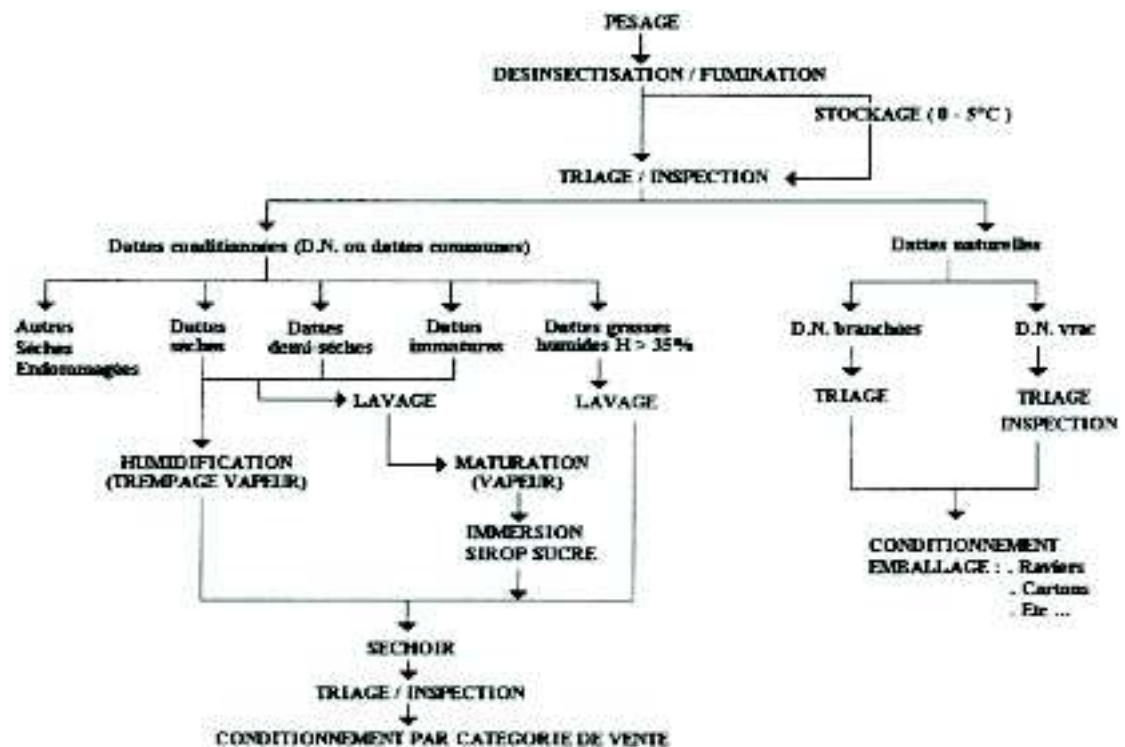


Figure 34 : Procédés de traitement de la datte en usine (Reynes et Themelin, 1994).

### 3.2.3 Les principales altérations de la datte

Il est fréquent d'observer des phénomènes de brunissement chez les organes végétaux charnus (fruits et légumes), notamment au cours des manipulations après récolte, pendant la conservation et au cours des transformations technologiques (broyage, décongélation). L'apparition de pigments bruns, dont la couleur vient se superposer aux teintes naturelles, entraîne des modifications importantes des qualités organoleptiques et nutritionnelles avec généralement une dépréciation des organes végétaux et des produits qui en dérivent (Tirilly et Bourgeois, 1999).

Le phénomène de brunissement recouvre un ensemble de réactions généralement très complexes. Sur le plan des mécanismes de base, on peut classer ces réactions en deux groupes principaux (Macheix et al., 1990).

#### 3.2.3.1 - Les Réactions de Brunissement Enzymatique

Le brunissement enzymatique s'observe chez les végétaux qui sont riches en composés phénoliques, naturellement présents dans la datte (Albagnac et al., 2002). Ces composés phénoliques s'oxydent facilement en quinones, en présence d'oxygène, sous l'action d'enzymes dont les principales sont les polyphénoloxydases (PPO) et les peroxydases (POD). (Mayer and Harel, 1979 et 1991). Les quinones formées s'oxydent à leur tour, sans

faire appel à des enzymes particulières, et se polymérisent en donnant des composés bruns « mélanines » (Figure 35) (Chavéron, 1999 ; Tirilly et Bourgeois, 1999).

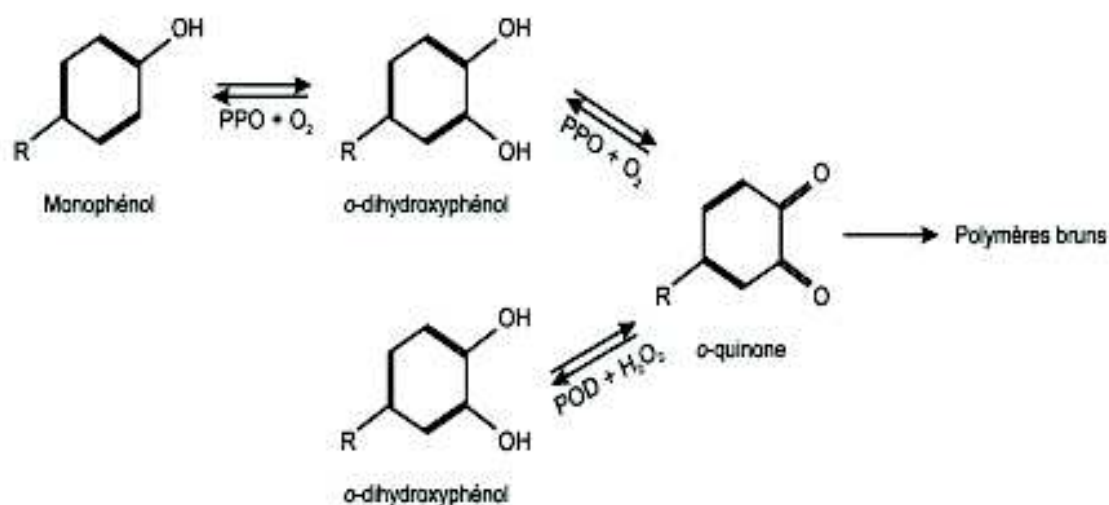
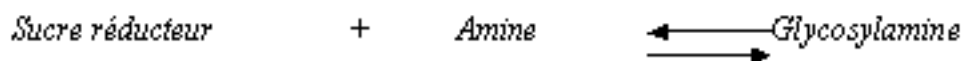


Figure 35 : Bilan réactionnel des étapes du brunissement enzymatique (Tirilly et Bourgeois, 1999).

Le brunissement enzymatique pose d'importants problèmes de couleur avec certains fruits et certains légumes, en particulier lorsque les tissus de ces végétaux sont malades ou qu'ils ont été endommagés par des contusions lors des opérations de manutention ou par certains traitements comme c'est assez souvent le cas avec les dattes (Al-bekr, 1972). Le brunissement des dattes était en relation l'activité des PPO (Hasegawa and Mayer, 1980 ; Benjamin and *al.*, 1979 ; Mutalk and Mann, 1984). La formation de ces pigments bruns n'est cependant pas toujours indésirable. Un certain degré de brunissement est en effet recherché lors de la maturation des dattes (Cheftel et *al.*, 1979). Ce brunissement peut être évalué en mesurant le brunissement potentiel, dans des conditions standardisées, d'un broyat du végétal, sur le filtrat par spectrophotométrie à 450nm (Albagnac et *al.*, 2002).

### 3.2.3.2- Brunissement non enzymatique

Le brunissement non enzymatique, connu par "Réaction de Maillard" se manifeste selon la réaction globale suivante :



(Ou autre composé

à fonction C=O libre) (p. ex : aa, protéine, etc.) (ou généralement

Carbonylamine)

En raison de sa composition (sucres réducteurs, acides aminés, protéines, phénols et minéraux...), la datte fait l'objet d'altération par le brunissement non enzymatique. Le BNE désigne un ensemble très complexe de réactions aboutissant à la formation de pigments bruns ou noirs « mélanoïdines », défavorables dans la datte, et souvent aussi à des

modifications indésirables de l'odeur, de la saveur et de la qualité nutritionnelle ( **Cheftel et al., 1979 ; Chavéron, 1999** ).

Le brunissement non enzymatique se manifeste lors des traitements technologiques ou lors de l'entreposage de la datte. Il est accéléré par la chaleur ( **Cheftel et al., 1979** ).

Les réactions de brunissement non enzymatique de la datte regroupent principalement :

Réaction de Maillard ( **Chavéron, 1999** )

Chélation des métaux par les orthophénols (qui peuvent former des chélates fortement colorés en présence d'ions métalliques comme le cuivre, le fer et le zinc) ( **Miche, 1974** ).

De manière générale, dans le cas de la datte, la réaction principale s'effectue entre les groupements carbonyles des sucres réducteurs (glucose et fructose) et les groupements aminés des acides aminés ( **Chavéron, 1999** ).

La réaction de Maillard comprend en fait un ensemble de réactions complexes dont le point de départ est la condensation des groupements carbonyles sur les fonctions amines libres. Finalement et globalement cette série de réaction aboutit à la formation d'arôme et à l'apparition de coloration ainsi qu'à un dégagement de CO<sub>2</sub> ( **Chavéron, 1999** ).

Les réactions qui se déroulent peuvent être classées en cinq étapes principales :

Condensation des groupements « carbonyles » (C=O) avec les amines. Il en résulte des carbonylamines. Avec les sucres, on obtient plus précisément les aldosylamines ou les cétosylamines. Cette étape est appelée également (condensation de Maillard) ( **Chavéron, 1999** ).

Réarrangement d'Amadori ou de Heyns-Carson Formation en milieu acide des cétosamines ou des aldosamines, respectivement à partir des aldosylamines et des cétosylamines ( **Chavéron, 1999** ).

Décomposition des cétosamines ou des aldosamines

Dégradation de Strecker Dégradation des acides aminés par les composés dicarbonylés formés au cours de la décomposition des cétosamines et des aldosamines ( **Chavéron, 1999** ).

Formation des mélanoïdines et des produits volatils et odorants. Les composés obtenus lors des réactions précédentes donnent :

par scission : des produits volatils et odorants

par condensation aldolique : des mélanoïdines

La figure 36 résume de manière schématique les principales étapes de la réaction de Maillard.

**Chélation des métaux par les orthophénols** : Le BNE de la datte peut être dû aussi à la chélation des métaux par les orthophénols. Cependant la réaction de Maillard reste la réaction principale du BNE de la datte ( **Miche, 1974** ).



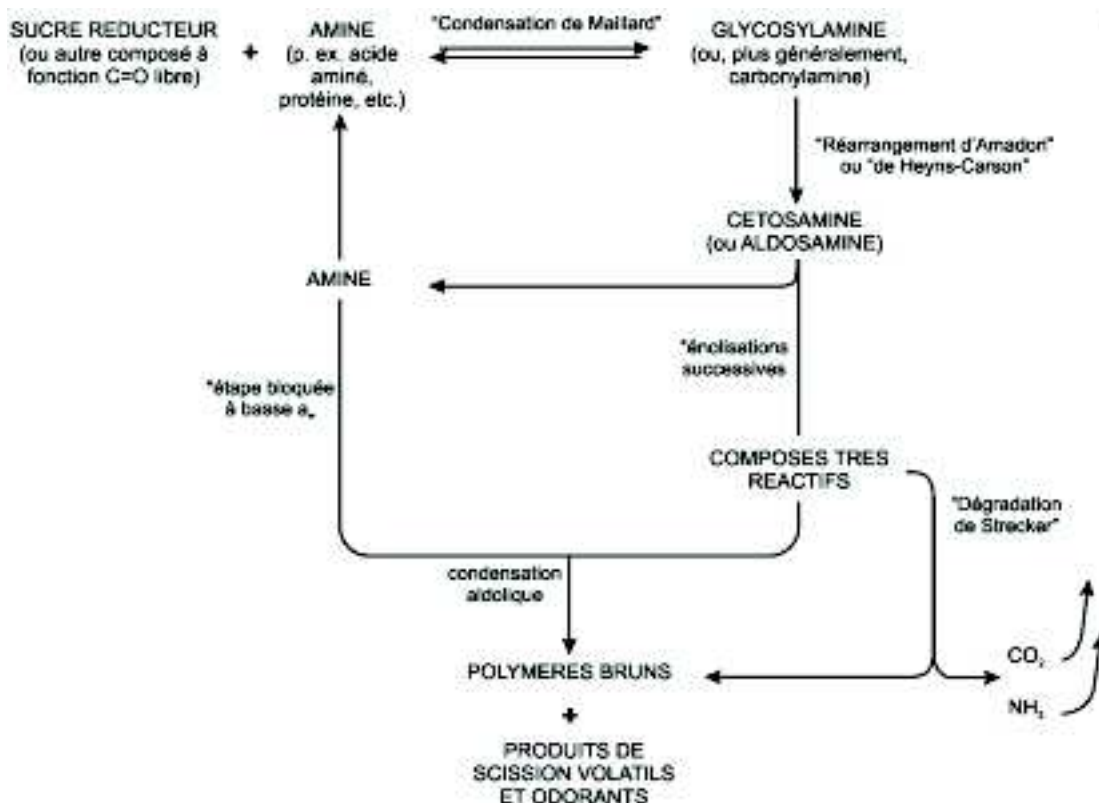


Figure 36 : Etapes de la réaction de Maillard (Cheftel et al., 1979).

### 3.2.4 Technologies post-récolte de conservation des dattes comme Alternatives à la fumigation.

La recherche de la qualité de la datte Deglet Nour relève du domaine technologique qui recouvre toutes les opérations qui, de la récolte à la commercialisation, ont pour objet de préserver les principaux critères de qualité du fruit. Les insectes qui s'introduisent dans le fruit, empêchent toute consommation en frais, toute exportation, toute conservation. La nécessité de maîtriser la qualité des dattes implique de revoir certains traitements comme la désinsectisation. Afin de commercialiser un produit sain, les producteurs de dattes ont mis en œuvre diverses techniques de désinsectisation dont la plus répandue aujourd'hui la fumigation au bromure de méthyle. En Algérie, cette méthode reste pratiquement la seule méthode utilisée à l'échelle industrielle pour désinsectiser les stocks de dattes bien que la toxicité et les dangers environnementaux du bromure de méthyle aient été bien établis. Après fumigation, le stockage des dattes est souvent conduit au froid.

La conservation des dattes Deglet Nour a pour objectifs :

Préservation des qualités du fruit de toutes détériorations, dans le but de livrer après une durée précise de stockage des dattes ayant un attrait **Naturel** et qui sont dans un état de salubrité et/ou de fraîcheur qui ressemble –que ce soit sur le plan bactériologique ou organoleptique- à celui du produit initial.

Réduction des pertes post-récolte et constituer des stocks de sécurité en cas d'irrégularités saisonnières.

Conditionnement en vue des transports sur de longues distances.

Valorisation en domaine agro-alimentaire pour l'obtention de produits nouveaux (boissons, miel de datte, marmelades, vinaigre, etc.).

#### **3.2.4.1- La fumigation :**

Selon **Reynes (1997)**, la fumigation au bromure de méthyle n'entraîne pas un brunissement mais son effet sur les critères de qualité n'est pas toujours très clarifié.

Sur la composition chimique, **Hassouna et al .(1996)** ont rapporté qu'aucune différence significative des quantités de sucres réducteurs et totaux, de protéines totales et solubles, d'acides aminés totaux n'a été observée dans les dattes traitées par des doses croissantes de bromure de méthyle et ventilées durant 1 ou 5 jours à 25°C, à des doses variant de 40 à 100 mg/ml.

Ces résultats suggèrent que le bromure de méthyle ne modifie pas la composition chimique globale des composés majeurs des dattes traitées. Ils confirment des conclusions similaires faites par **Al Hakkak et al . (1986)** sur les dattes irakiennes et traitées à la phosphine (PH<sub>3</sub>). De même, la dégradation des résidus de la phosphine est obtenue après 03 jours d'aération à 25°C et 8 à 9 jours à 4°C (**Hamdi et Hamdi, 1991**).

#### **3.2.4.2- Le froid :**

Après la récolte, les produits végétaux sont le siège d'une respiration intense, un refroidissement immédiat est jugé indispensable, car tout retard peut être lourd de conséquences (**Côme, 1992**). Toutefois, la température choisie doit être maintenue tout au long des opérations d'entreposage et/ou de transport, jusqu'à la livraison au consommateur (**Cheftel, et al ., 1980**).

La préservation de la qualité des dattes par le froid reste assez faiblement explorée (**Hassan and El-Sheemy, 1989**). Le froid permet un stockage de longue durée des dattes (**Estanove, 1990**). Il permet de limiter la perte de poids, de différer le brunissement et de stabiliser l'acidité et les caractéristiques organoleptiques. Il semble que l'attaque par les insectes (**Oteng-Gyang, 1984**) et par le *Myelois* ne serait que très peu inhibée (**Hussain, 1974 ; Rygg, 1975 ; Nixon et Carpenter, 1978 ; Ahmed et al ., 1985 et Kamal, 1995**). De plus, le recours au froid en tant que moyen de conservation des dattes pour les pays en voie de développement reste onéreux.

**Sur la composition chimique :** L'effet le plus remarquable du froid sur les dattes semble être la perte très aisée de l'odeur. On a constaté qu'à 27°C, la durée maximum de conservation de l'odeur était de deux semaines et de deux mois à 0°C (**Anonyme, 1992**). La couleur et la saveur du fruit sont largement influencées par les phénomènes du brunissement enzymatique ou non enzymatique, ces derniers s'accroissent très lentement à la température de congélation de l'eau (**Côme, 1992 ; Oteng-Gyang ,1984**).

Une des premières propositions émises sur l'altération au froid est un métabolisme altéré et une accumulation des composés phytotoxiques. Le froid altère le taux et les produits de nombreuses réactions métaboliques et induit la synthèse d'enzymes spécifiques et d'isoenzymes (**Saltveit, 2000a**). Sur le plan technologique, on parle de "*Chilling Injury*" (**CI**).

Bien que la littérature soit très prolixe sur le *chilling injury* particulièrement pour les fruits tropicaux et subtropicaux (**Pérez-Tello et al ., 2001 ; Nguyen et al . 2003 ; Lafuente**

et *al.* , 2003 ;Trakulnaleumsai et *al.* , 2006), ceux se rapportant aux dattes restent peu nombreux.

Ainsi, plusieurs variétés de dattes montrent la formation durant un stockage ordinaire, au dessous de la peau et à travers de la pulpe de " *Sugar spot* " Ces taches de sucre étaient plus importantes quand la teneur en humidité est au alentour de 22-33% (adsorption de l'eau) que pour des valeurs au-dessous ou au delà de ses valeurs critiques. Ces taches peuvent être minimisées à des températures suffisamment basses (**Choehom et al., 2004**).

Le phénomène de la sorption ou la désorption de la vapeur d'eau par les dattes, est un facteur qui influe sur les conditions de stockage de ces fruits. Les dattes sèches entreposées dans des conditions d'hygrométrie élevée fixent de la vapeur d'eau par échange avec ce milieu, par contre les dattes molles, maintenues dans un endroit de stockage à hygrométrie plus basse que celle de la pulpe, perdent de l'eau du profit du milieu environnant. Pour une conservation optimale, le taux d'humidité des dattes doit être compris entre 65 et 75 % du degré hygrométrique de l'air (**Hamdi, 1996**).

A cause du phénomène d'adsorption d'humidité, les dattes molles et demi-molles deviennent sirupeuses (**Hamdi, 1996 ; Anonyme, 1992**).

Le pourcentage de perte de poids est le plus bas à 0°C comparativement à des températures élevées de stockage (20°C). **Heikal et al. (1960)** et **Khalifa (1973)** cités par **Kamal (1995)** ont constaté que la vitesse de perte de poids chez les dattes, diminue avec l'abaissement de la température de stockage et vice versa. Alors que le pH diminue rapidement pour des températures supérieures à -1°C.

#### **Sur les constituants cellulaires et les enzymes**

Découvrir une corrélation entre la sensibilité ou au contraire, la résistance au froid des tissus végétaux et la teneur en différents constituants cellulaires ou l'activité d'enzymes a motivé de nombreuses recherches. Ainsi, **Saltveit (2000)** a montré que les basses températures non gelantes entraînent à plus au moins long terme l'enrichissement des tissus en sucres réducteurs, pectines insolubles, acides citrique, acide pyruvique, acétaldéhyde, éthanol et acides cétoniques, acide chlorogénique et composés phénoliques analogues, acide abscissique, etc. Les sucres totaux atteignent leurs minima à 0°C. En revanche, le froid provoque une diminution de l'acide malique et l'acidité totale titrable, des pectines solubles, de l'acide ascorbique, etc. Selon le même auteur, l'activité de la phénylalanine ammonia-lyase, de l'hydroxycinnamyl CoA, de la quinate hydroxycinnamyl transférase, s'accroît sous l'action contraignante du froid, tandis que l'activité des peroxydases et de l'ascorbate oxydase diminuerait.

Selon **Kacperska (1989)**, le froid influence l'activité de la PAL dans les plantes. Ainsi, une température de 2°C a pour résultat une augmentation marquée de l'activité de la PAL observée après deux jours, par la suite l'activité spécifique de la PAL a été maintenue presque au niveau constant alors que l'activité totale a augmenté de 30% pendant six jours.

#### **3.2.4.3 - La thermisation ou conservation par la chaleur :**

Le traitement thermique consiste à placer les dattes dans une enceinte hermétiquement close et à une température suffisante pendant un laps de temps nécessaire à la désinsectisation, ainsi qu'à la destruction des formes végétatives et sporulées des micro-organismes et l'inactivation les enzymes responsables des altérations biochimiques (**Nussinovitch et al., 1988**).

**Reed (1924)** trouvait que les dattes supportaient une température de 74 à 79 °C sans altération du goût. Les températures supérieures à 79°C conférant aux dattes un goût de cuisson, et la caramélisation obtenue à 88°C.

Le traitement thermique consiste à placer les dattes dans une enceinte hermétiquement close et à une température suffisante pendant un laps de temps nécessaire à la désinsectisation qu'à la destruction des formes végétatives et sporulées des micro-organismes ainsi pour inactiver les enzymes responsables des altérations biochimiques (**Nussinovitch et al. , 1988**).

L'extension de la durée de vie de fruits frais par un traitement thermique a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs. L'exposition de végétaux frais à un choc thermique (supérieur à la température ambiante) entraîne une modification de la physiologie et dans de nombreux cas l'interruption de la synthèse des protéines cellulaires et l'inactivation des enzymes responsables des pertes de qualité des fruits (**Brodli, 1989 ; Klein and Lurie, 1990**).

D'autres auteurs ont utilisé les "traitements thermiques" en référence à des traitements supérieurs à 33°C (**Li and Han, 1998 ; Budde et al ., 2002**). Il a été rapporté que les traitements thermiques post-récolté induisent une tolérance du fruit au froid (**Kerbel et al., 1985 ; Li and Han, 1998 ; Budde et al ., 2002**). Dans ce cas, le but de la thermisation ou le traitement thermique est de mettre le fruit à une température de stress thermique qui peut produire une réaction de défense des tissus, capable de les protéger contre d'autres stress, tel que froid

Pour les dattes, très peu de littérature sur les effets de la conservation par la chaleur a été répertoriée, bien que les rares travaux effectués semblaient augurer de résultats satisfaisants : la thermisation a permis de diminuer les pertes post-récoltes en limitant le taux d'infestation et d'atténuer certains phénomènes indésirables tels que le brunissement qui affecte gravement l'aspect externe et la qualité générale de la datte (**Munier, 1973 ; Reynes et tabuna, 1996 et Al Taweel et al. , 1997**).

**Nussinovitch et al . (1988)** ont rapporté qu'après un traitement à 90°C pendant 20 secondes, le goût des dattes traitées était similaire à celui des dattes fraîches. Toutefois, les propriétés naturelles du fruit étaient perNE CHANGE PAS LE GOUT, LA TEXTURE ET LES PROPRIETES OPTIMALES DES DATTESdues et 10 à 20 % des dattes visuellement abîmées par l'apparition de fissures sur l'épiderme. De plus, la perte de poids du fruit augmente avec des températures élevées au cours du stockage (**Kamal, 1995**).

Pour **Hamdi (1996)** et **Al Namrood et al. (1985)** , les sucres totaux atteignant leur maximum à une température de stockage de 20°C.

L'acidité titrable augmente avec l'augmentation de la température et diminue graduellement avec l'augmentation de la durée de stockage (**Al Namrood et al. , 1985**) .

Le séchage des dattes à des températures entre 30 et 70°C, réduit l'activité de l'eau jusqu'à une valeur assurant leur conservation (**Kechaou et al ., 1996**).

**Falade et Abbo (2007)** dans une étude récente sur le séchage des dattes dans un intervalle de 50-80°C, ont rapporté qu'une température de 15-45°C permettait généralement de maintenir un rapport fruit : eau de 1:25 (p/p).

La peroxydase est connue comme l'une des enzymes les plus thermostables Sa résistance a été signalée par **Müftügil (1985)**.

Les variations de températures affectent significativement le contenu en tanins. Les valeurs les plus basses sont obtenues en températures élevées (20°C) et le contenu en tanin diminue proportionnellement avec l'élongation de la période de stockage atteignant son maximum à la fin (Côme, 1992 et Al-Ogaidi, *al.*, 1986).

Saltveit (2000b) rapporte que certains traitements comme un chauffage intermittent semblent réduire le développement d'altérations dues au froid parce qu'ils facilitent le métabolisme de ces composés toxiques accumulés et permettent de réparer les composés cellulaires endommagés ; le métabolisme altéré suite à l'effet du froid, était la seule théorie largement étudiée. Un rapide choc thermique ou un traitement prolongé (Sabehat et *al.*, 1995) confère une tolérance aux altérations par le froid à de nombreux tissus végétaux. L'effet protecteur d'un court stress thermique pourrait être dû à l'interruption de ces nombreux processus métaboliques ou du à l'inhibition de la synthèse d'enzymes responsables des voies d'altérations, plutôt qu'à la synthèse de niveaux protecteurs de quelques hsp (heat shock proteins) spécifiques. Toutefois, l'apparition de hsp est corrélée avec l'acquisition de tolérance aussi bien avec des températures élevées que basses. La capacité du court choc thermique de prévenir la synthèse de protéines induites par un second stress peut être aussi importante que sa capacité d'induire la synthèse de hsp (Saltveit, 2000b).

#### 3.2.4.4- Les atmosphères modifiées :

La connaissance de la physiologie de la datte est nécessaire pour pouvoir mieux contrôler la maturation, et donc de préconiser les meilleures conditions d'entreposage. Ainsi, Kader (1992) a classé la datte dans le groupe des fruits non climactériques. Par ailleurs, pour une variété donnée, Siddiqui et Gupta (1994) ont abouti à une absence de corrélation entre production d'éthylène et maturation. D'autres travaux indiquent que l'éthylène peut être impliqué dans l'initiation de la maturation. Ainsi selon Rouhani et Bassiri (1977) la datte répond aux traitements après-récoltes à l'éthylène par une augmentation de l'intensité respiratoire ce qui en ferait selon ces deux auteurs, un fruit climactérique. Abbas et Ibrahim (1996) concluent de leur côté que la datte du cultivar Hilawi présente un comportement climactérique puisqu'elle produit un pic CO<sub>2</sub> précédé d'un pic éthylène avant la transition *Khallal-Routab*. D'autres auteurs ont identifié un pic climactérique lors de du changement de couleur du vert au jaune (Rygg, 1977). Esplá et *al.* (1999) travaillant sur des dattes de la palmeraie d'Elche (présentant une grande diversité génétique) ont rapporté que les dattes étudiées ont émis des taux d'éthylène détectables pendant une période relativement longue (entre 7 et 8 semaines). La fin de cette période de production de C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> est intervenue souvent avant le passage du fruit au stade *Routab* et l'obtention de sa maturation organoleptique, mais à la différence des résultats obtenus par Abbas et Ibrahim (1996), cette production d'éthylène n'a pas entraîné un accroissement de l'intensité respiratoire des fruits. Cependant, l'examen de la production de CO<sub>2</sub> montre un léger ralentissement de l'activité respiratoire du fruit pendant la période où l'émission d'éthylène a été maximale. Serrano et *al.* (2001) ont rapporté qu'aux premiers stades de maturation de datte *Negros* cultivées en Espagne, un petit pic de production d'éthylène était détecté suivi d'un pic de l'activité respiratoire, suggérant ainsi, que la datte est un fruit climactérique.

A la différence du climactérisme défini comme un ensemble de changements biochimiques, accompagnés de l'augmentation de l'activité respiratoire, qui serait déclenchée par un accroissement autocatalytique de la quantité d'éthylène (Hasegawa

et *al.*, 1972) et aboutissant à la maturation du fruit. Dans les cas d'Elche, la production d'éthylène observée n'a été suivie d'aucun pic de CO<sub>2</sub> (Esplá et *al.*, 1999).

Le principe des atmosphères modifiées repose sur l'utilisation d'un mélange gazeux spécifique avec des concentrations déterminées en CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, et N<sub>2</sub> qui jouent un rôle bien déterminé dans la physiologie des produits vivants que sont les végétaux et aussi dans les attaques fongiques. **Varoquaux et Nguyen-The (1993)** en donnent une définition très simple : une atmosphère modifiée est simplement une atmosphère de conservation dont la composition est différente de celle de l'air et peut résulter pour les tissus vivants d'un équilibre entre les échanges respiratoires du produit végétal et la diffusion gazeuse à travers une membrane semi-perméable.

Certains produits végétaux frais et surtout les produits de 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> gammes ont fait l'objet de nombreux travaux pour leur conservation en atmosphères dites « modifiées » (appelées

aussi MAP = Modified Atmosphere Packaging) ou « contrôlées » (appelées aussi CAP = controlled atmosphere packaging) (**Kader, 1986 ; Kader, 1992 ; Varoquaux et Nguyen-The, 1993**). Ces travaux ont permis de réaliser d'énormes progrès dans le développement d'emballages biodégradables et comestibles (**Brody, 1996 ; Damarli et al ., 1998 ; Bell et al ., 1997 ; Bell, 2000**), et de nombreux modèles théoriques pour prédire les taux respiratoires de produits frais en fonction de la concentration en CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>, ont été proposés (**Hasegawa et al ., 1975; Lee et al ., 1991 ; Fonseca et al. , 2002 ; Murray et al., 2007**).

Cette prolifération bibliographique contraste avec la quasi absence de travaux sur l'application des MAP ou CAP aux dattes, qui ne semblent pas avoir encore - à ce stade - suscité cet intérêt. Les rares études sur les emballages et les dattes (**Glasner et al. , 1999 ; Awad, 2006**) se sont intéressées à l'augmentation de la maturation des dattes en régimes et non comme atmosphères de conservation post-récolte.

Dans la littérature, l'utilisation des atmosphères modifiées ou contrôlées pour les produits d'origine végétale est souvent associée à un stockage à basse température. L'ensemble de ces études bien que combinant des pourcentages variés en CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>, assurés par différentes atmosphères modifiées ont montré dans leur majorité des effets positifs (**Meir et al ., 1995 ; Nguyen et al ., 2004 ; Choehom et al ., 2004 ; Hertog et al ., 2004 ; Gomez et al ., 2005 ; Escalona et al ., 2006 ; Serrano et al. , 2006 ; Shen et al ., 2006**).

**Tableau 20: Caractéristiques physiques de films utilisés en Atmosphères Modifiées (Varoquaux et Nguyen-The, 1993).**

	Perméabilité (*) à l'oxygène cm <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> .24h.1atm	Perméabilité (*) au CO <sub>2</sub> cm <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> .24h.1atm	Perméabilité (*) à la vapeur d'eau cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .24h.1atm	Epaisseur µm
OSMOLUX	850	252	3500	18
OPP (Oriented PolyPropylen)	100	100	très faible (**)	35
CRYOVAC PD.9000	10000	100000	10	80 ± 5
Macroperforé	Témoin	Air	>100	13,5

(\*) Cette perméabilité désigne la Perméance. La Perméabilité = la Perméance x l'épaisseur.

(\*\*) valeur <  $1\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$

La combinaison de traitement thermique aux atmosphères modifiées ou contrôlées commence à susciter un intérêt croissant et des études récentes sont rapportées (**Murray et al. , 2007**). A notre connaissance, la combinaison de la thermisation et des atmosphères modifiées pour la conservation des dattes n'a fait l'objet d'aucune étude

## 3.3 MATERIEL ET METHODES

### 3.3.1 - Matériel végétal

---

Les dattes variété Deglet Nour, provenant de la palmeraie de Tolga (wilaya de Biskra) ont été récoltées sur différents régimes vers la fin du mois d'octobre (campagnes 2003, 2004 et 2005 au stade de maturation Tamar), puis transportées et maintenues en chambres froides à 4°C. Les dattes sont triées et séparées de leurs branches et les dattes infestées ou écrasées sont éliminées.

### 3.3.2 - La thermisation

---

La thermisation est réalisée pendant 20 minutes dans une étuve ventilée réglée à 55°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). Un lot témoin non thermisé est constitué. Les dattes (thermisées ou non) sont réparties en lots homogènes dans des barquettes en plastique.

### 3.3.3- Réalisation des lots homogènes

---

Avant de procéder à la répartition des échantillons en lots homogènes, les dattes passent par une période de « repos d'équilibre thermique » (Myhara et al., 2000).

Les dattes sont mélangées manuellement avec précaution et d'une manière minutieuse, plusieurs fois afin d'obtenir des lots homogènes d'un point de vue apparence (couleur, calibre), puis disposés en une couche uniforme de faible épaisseur. Les dattes débarrassées d'impuretés et de poussières, ont été disposées dans des barquettes propres à raison de  $500 \pm 5$  g chacune et maintenus en chambre de congélation (-18°C) afin de bloquer le processus de maturation.

### 3.3.4 L'emballage en film pour atmosphère modifiée

---

Les atmosphères modifiées ou MAP sont assurées par l'emploi d'un film monocouche microperforé (Mi-P) en polyéthylène étirable de basse densité (PEbd). Les lots témoins sont conditionnés dans un film non étanche macroperforé (Ma-P)) et sont considérées comme non emballées (tableau 21)

Tableau.21: Caractéristiques physiques des films utilisés

---

## Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.

	Perméabilité à l'oxygène g/m <sup>2</sup> .24h.1atm	Perméabilité au CO <sub>2</sub> g/m <sup>2</sup> .24h.1atm	Perméabilité à la vapeur d'eau g/m <sup>2</sup> .24h.1atm	Perméabilité à l'azote g/m <sup>2</sup> .24h.1atm	Epaisseur µm
PolyEthylène basse densité	2,6.10 <sup>-10</sup>	2,1.10 <sup>-10</sup>	2,0	0,8.10 <sup>-10</sup>	35
Macroperforé	Témoin	Air	>100	Air	13,5

### 3.3.5- Stockage

Les dattes sont conditionnées en lots de 01 Kg. Les échantillons de dattes ont été répartis en deux groupes de lots à raison de six échantillons chacun, correspondant à la durée de stockage (0, 1, 2, 3, 4 et 5 mois) avant d'être testés pour le premier à température ambiante (22°± 1°C) avec une humidité relative de 75% à 80% et le second à température basse de 10°C (± 2°C) avec une humidité relative de 85% à 90%.

### 3.3.6 Constitution des lots expérimentaux

Les lots expérimentaux sont ainsi constitués (tableau 22 et figure 37)

Tableau 22 : Lots expérimentaux.

<b>T1</b> : Non thermisé - non emballé : <b>NTNE</b> (Lot témoin)	<b>T2</b> : Non thermisé - non emballé : <b>NTNE</b> (Lot témoin)
<b>Lot 1</b> : Thermisé - non emballé : <b>TNE</b>	<b>Lot 1</b> : Thermisé - non emballé : <b>TNE</b>
<b>Lot 2</b> : Non thermisé – emballé : <b>NTE</b>	<b>Lot 2</b> : Non thermisé – emballé : <b>NTE</b>
<b>Lot 3</b> : Thermisé - emballé : <b>TE</b>	<b>Lot 3</b> : Thermisé - emballé : <b>TE</b>



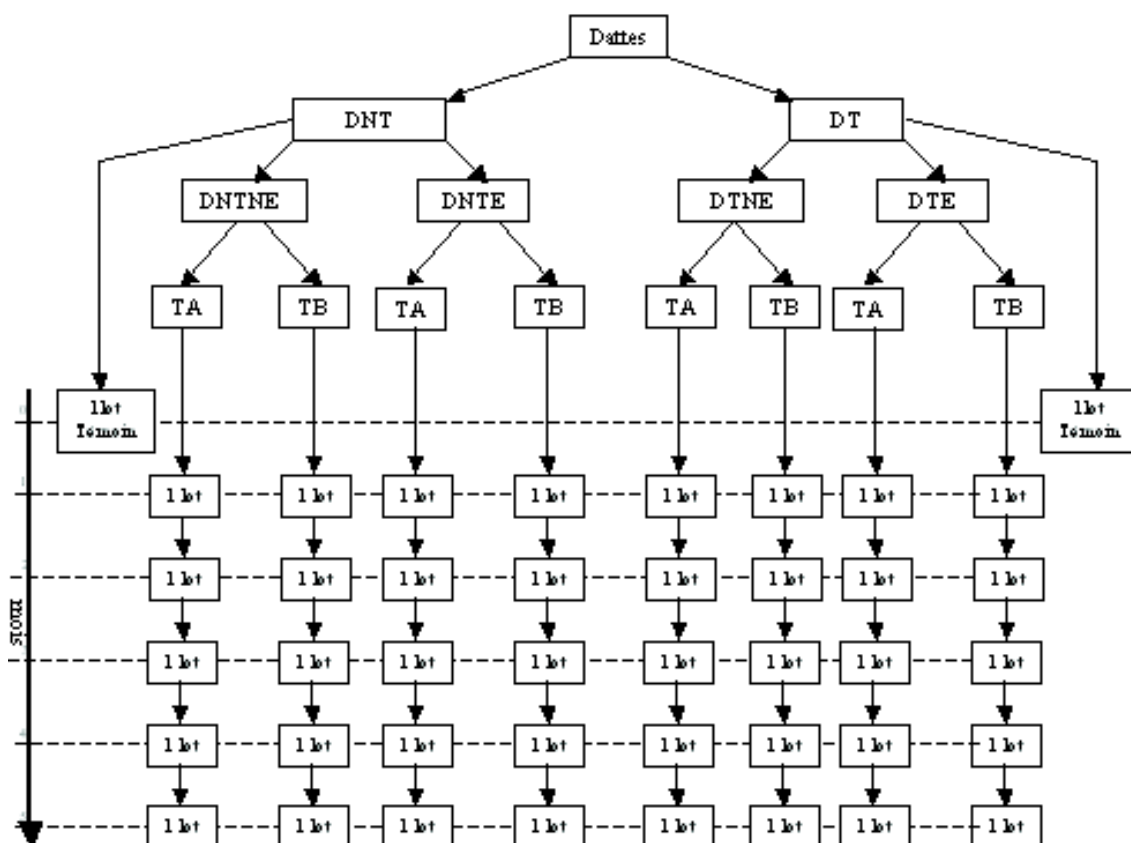


Figure 37 : Diagramme de constitution des lots expérimentaux.

DNT : Dattes Non Thermisées DT : Dattes Thermisées.

DNTNE : Dattes Non Thermisées Non Emballées. DNTTE : Dattes Non Thermisées Emballées.

DTNE : Dattes Thermisées Non Emballées. DTE : Dattes Thermisées Emballées.

TA : Température Ambiante TB : Température Basse.

6- Analyses physico-chimiques

### 3.3.7 Les analyses physicochimiques :

sont réalisées dans les mêmes conditions et selon les mêmes protocoles que ceux décrits dans la partie II. Ces analyses ont porté sur la perte de poids, pH (Audigié et al., 1984), acidité titrable (AOAC, 1985), le rapport de qualité R (Munier, 1973) et le degré Brix.

### 3.3.8 Détermination du taux d'infestation

Le taux d'infestation est déterminé par la relation suivante (Dhouibi et Jemmazi, 1996) :

$$\text{Taux d'infestation} = \frac{\text{Nombre de dattes infestées}}{\text{Nombre de dattes observées}} \cdot 100$$

### 3.3.9 - Les analyses chimiques

A partir de chaque échantillon, nous avons réalisé 03 prélèvements constitués chacun de 05 à 06 fruits. Les dattes sont dénoyautées et broyées jusqu'à obtention d'une pâte homogène, représentative de l'échantillon étudié. Chaque prélèvement a servi à réaliser les différentes analyses dans les mêmes conditions et selon les mêmes protocoles décrits dans la partie II. Ces analyses ont porté sur la teneur en eau (Audigié et *al.*, 1984), les sucres totaux extraits selon Reynes et *al.*(1997) et dosés soit par spectrophotométrie, les sucres réducteurs (Somogy et Nelsson modifiée (Dahia et passat, 1979), le profil des mono, di et trisaccharides par HPLC avec le même appareillage et les mêmes paramètres opératoires décrits précédemment.

Les composés phénoliques sont extraits selon Macheix et *al.* (1990) et dosés selon la méthode AOAC (1985). Les extraits phénoliques sont purifiés (Macheix et *al.* (1990) identifiés par CCM (Audigié et *al.* (1984) et (Chu et *al.*, 1973). Les extraits sont « scannés » dans des cuves en quartz à l'aide d'un spectrophotomètre KONTRON modèle Uvikon.810 couplé à un PC enregistreur modèle Hewlett Packard pour déterminer les maxima d'absorption (spectre UV) des molécules majoritaires dans ces extraits. L'analyse HPLC des composés phénoliques est réalisée selon la méthode Banwart (1985) par un chromatographe modèle HP1100 muni d'une colonne Alltima Alltech (150 x 4,6 mm, 3µM) thermostatée à 25°C et d'un détecteur à barrette de diodes (PDA) (Hewlett Packard) modèle 1040M séries II. Le débit est de 1 mL.min<sup>-1</sup> avec une pression de 86 atmosphères (ou 8600 Pa).

La phase mobile est constituée d'un mélange HCOOH 0,05% ; MeOH ; CH<sub>3</sub>CN (respectivement A-B-C) avec le gradient d'élution suivant :

Minutes	Solvant A	Solvant B	Solvant C
0	0	10	0
50	20	80	0
55	0	0	100
65	0	0	100

Le volume injecté est de 10 µl et une détection simultanée est effectuée à trois longueurs d'ondes 280 nm, 330 nm et 365 nm.

Les activités enzymatiques ont porté sur respectivement l'extraction puis le dosage des activités de la polyphénoloxidasique (PPO) (selon **Sachde-Adil et al.** , 1989 et **Rivas et Whitaker, 1973**), de la peroxydase (POD) (selon **Wahid, 1980**), de la polygalacturonase (PG) (selon **Hasegawa et al.** , 1969 et **Polacsak-Racz et Pozsar-Hajnal (1976)**, de la

Pectinestérase (PE) (selon **El-Jasim et El- Delaimy, 1972** et **Polacsak-Racz et Pozsar-Hajnal, 1976**) et de la PAL (**Cheng et Breen, 1991**).

Les tanins condensés sont dosés selon la technique de **Burns (1971)** ou technique à la vanilline. A partir de 1 gramme de pulpe de datte, les tanins sont extraits en présence de 50 ml de méthanol (80%) après homogénéisation pendant 8 heures à température ambiante et filtration. Le réactif de dosage est préparé par addition à volumes égaux d'une solution à 8% d'acide chlorhydrique concentrée dans le méthanol et une solution à 4% de vanilline dans le méthanol (préparée le jour même de l'analyse). Le mélange est effectué juste avant le dosage et ne doit pas être utilisé si des traces de coloration apparaissent.

A 1 ml de l'extrait hydroalcoolique, on ajoute 5 ml du réactif et on laisse reposer pendant 20 minutes à température ambiante. La densité optique est lue à 500 nm au moyen d'un spectrophotomètre Pye Unicam Sp. modèle 9000.

Le test d'astringence est réalisé par la méthode de **Schwimmer et Weston (1961)**. 5 g de datte sont broyés et homogénéisés en présence de 10 ml d'une solution tampon phosphate (pH 7). 2 ml du filtrat sont dilués dans 50 ml d'eau, auxquels on ajoute 1 ml de 0.0125% de dinitrophényl hydrazine dans l'acide hydrochlorique 2N et on chauffe à 37°C pendant 10 min. La densité optique est lue à 420 nm après addition de 5 ml de NaOH 0.6N.

L'intensité du brunissement est évaluée en mesurant l'absorbance (à 420nm) des pigments responsables, sur un filtrat d'un broyat de la datte selon **Peterson et al. (1994)**.

L'acide ascorbique (Vit. C) est extrait en présence d'acide oxalique et dosé selon **Loschner et al. (1990)**.

L'analyse organoleptique et sensorielle de la datte a porté sur les paramètres de texture ou consistance, de saveur et d'acceptation générale, évalués selon la méthode **Larmond (1977)**, par un jury composé de 11 personnes en adoptant le barème de notation suivant :

Fortement accepté : 9 points Fortement rejeté : 1 point

Toutes les données ont fait l'objet de traitement par le logiciel ASSISTAT Software ([Silva and Azevedo, 2006](#)) selon le test ANOVAs par comparaison de moyennes post hoc (Newman-Keuls test) et détermination de la plus petite différence significative avec un niveau de signification  $P < 0.01$ . Les facteurs considérés sont le traitement (avec 02 modalités non thermisé, thermisé), l'emballage (avec 2 modalités non emballé et emballé), la température (avec 2 modalités ambiante et basse) et la durée (avec les modalités 0, 1, 2, 3, 4, et 5 mois).

## 3.4 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.4.1 Influence de la thermisation et de l'emballage en polyéthylène pour atmosphères modifiées au cours du stockage.

---

#### 3.4.1.1 Sur les caractéristiques physico-chimiques

##### 3.4.1.1.1 Perte de poids

---

L'évolution de la perte de poids des lots de datte n'est devenue intéressante qu'à partir du second mois de stockage où des différences significatives étaient enregistrées.

Dans les lots témoins non thermisés la perte de poids s'accroît au cours du stockage à température ambiante et enregistre un niveau hautement significatif ( $p < 0,001$ ) de -6,98% au 5<sup>ème</sup> mois (fig. 38 a).

L'effet de la thermisation semble atténuer la perte de poids au cours du stockage et les niveaux de perte enregistrés sont significativement moins importants que ceux des lots non thermisés. Cette différence est aussi hautement significative au 5<sup>ème</sup> mois (-4,09%).

L'emballage des dattes se traduit par un effet positif et les pertes de poids sont nettement plus faibles que dans les lots non emballés. Au 5<sup>ème</sup> mois au cours du stockage, la différence est significative par rapport aux premiers mois (2 et 3<sup>ème</sup> mois), mais nettement moins faible (-1,18%) par rapport aux lots non emballés.

La combinaison thermisation-emballage a permis de freiner ce phénomène et aucune perte de poids n'est enregistrée. Au contraire, des gains progressifs de poids sont notés pour atteindre un gain de +3,09% au 5<sup>ème</sup> mois ; gain hautement significatif ( $p < 0,001$ ) par rapport au lot témoin non thermisé non emballé

L'entreposage des dattes à 10°C (fig.38b) n'a pas changé la tendance à la perte de poids et des pertes importantes sont enregistrées au cours des différents mois de stockage en comparaison aux lots entreposés à température ambiante. Cette perte atteint un niveau hautement significatif ( $p < 0,001$ ) au 5<sup>ème</sup> mois (-8,42%).

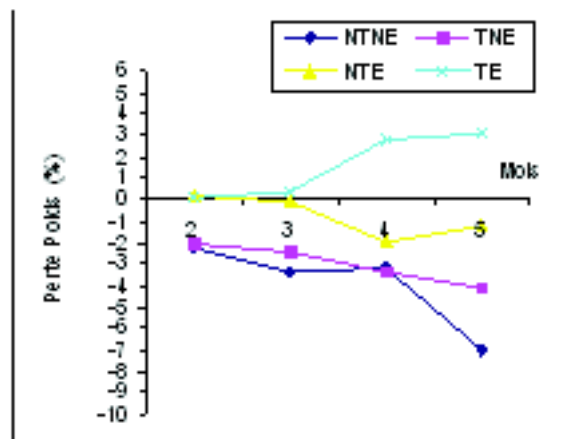


Fig. 38 a : Evolution de la perte de poids (%) des dattes stockées à température ambiante.

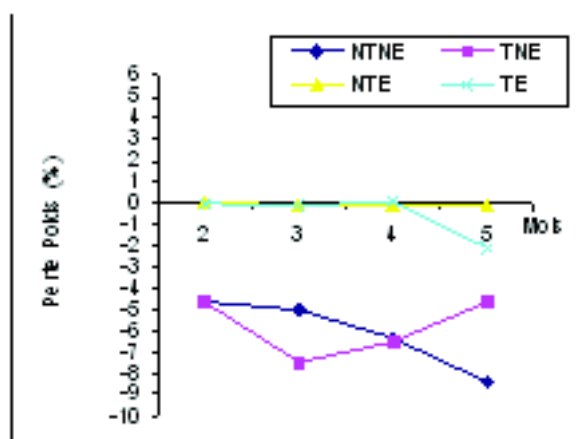


Fig. 38 b : Evolution de la perte de poids (%) des dattes stockées à 10°C.

L'effet combiné de la thermisation et du stockage à 10°C a quelque peu atténué cette tendance mais de manière non significative ( $p > 0,05$ ) sauf au 5<sup>ème</sup> où la perte de poids était significativement diminuée (4,63%).

L'introduction de l'emballage en PEbd a eu pour effet de réduire significativement ( $p < 0,001$ ) la perte de poids dans tous les lots de dattes et à tous le mois de stockage en comparaison aux lots non thermisés non emballés ou thermisés non emballés. A 10°C, les pertes les moins importantes sont signalées dans les lots thermisés-emballés, avec une stabilité significative du poids bien que la tendance à la diminution du poids réapparaît au 5<sup>ème</sup> mois. D'une manière générale, le meilleur comportement a été noté dans les lots thermisés-emballés entreposés à température ambiante suivis des de leurs homologues maintenus à 10°C. Cette observation concernant la limitation de la réduction de poids est confirmée par des études récentes (Jacobson *et al.*, 2004 ; Serrano *et al.*, 2006 et Perez-Tello *et al.*, 2007).

Pour Côme (1992), à toute perte d'eau correspond une perte de poids ; et comme les pertes d'autres substances à l'état gazeux ( $CO_2$ , éthylène, essences...) sont négligeables en masse devant la perte d'eau, on peut admettre que la diminution du poids de ces dattes donne la mesure de perte de poids

Les pertes ou les gains d'eau par transpiration ou adsorption de vapeurs d'eau, sont proportionnels à la différence des tensions de vapeurs d'eau des tissus ou de l'atmosphère des méats d'une part et du milieu extérieur d'autre part (Hamdi, 1996).

### 3.4.1.1.2 Rapport de qualité R

Le rapport R de la datte Deglet Nour fraîche montre une augmentation au cours du stockage de 8,36 à 9,98% au 5<sup>ème</sup> mois de stockage toutefois cette augmentation n'était pas considérée comme significative (fig. 39a).

La thermisation a entraîné une augmentation non significative du rapport R ( $p = 0,095 > 0,05$ ). A la fin du stockage, on a constaté que les dattes présentaient une diminution non significative des valeurs de R ( $p = 0,3582$ ) du 1<sup>er</sup> au 5<sup>ème</sup> mois sauf au 4<sup>ème</sup> mois où une augmentation significative ( $p = 0,0434$ ) était enregistrée. D'une manière générale, la thermisation n'a pas modifié le rapport R de façon significative aussi bien à température

ambiante qu'à 10°C. Toutefois, les dattes entreposées à température ambiante présentaient un rapport R moyen de 9,46% légèrement plus faible que celui des dattes entreposées à température basse (9,82%). L'humidité relative de l'atmosphère a probablement provoqué un gain du poids des dattes entreposées à température ambiante ce qui se traduit par un rapport R plus faible de ces dattes et donc une qualité marchande meilleure.

L'emballage des dattes en film en PEbd a montré une légère diminution bien que non significative du rapport R ( $p=0,9460$ ). De même les lots non emballés présentaient une variation non significative au cours du stockage à température ambiante et à 10°C. Les films en PE basse densité limiteraient -un tant soit peu- les pertes d'eau par évaporation (Varoquax et Nduen-Thé, 1993).

Le stockage des dattes à 10°C (fig. 39b) n'a pas entraîné de variation significative au même titre que leurs homologues conservés à température ambiante.

De même, l'association thermisation-emballage a montré une variation non significative pour l'ensemble des lots aux différents mois de stockage. En conclusion, la thermisation seule ou combinée à l'emballage aussi bien à température ambiante qu'à 10°C n'a pas modifié R de manière significative. Les lots emballés enregistrent les rapports R les plus stables permettant de maintenir une bonne qualité des dattes et un bon critère commercial. L'emballage sous atmosphère modifiée apparaît comme le meilleur mode de conservation du rapport de qualité.

Néanmoins, tous les résultats obtenus indépendamment du traitement, de l'emballage ou de la température de stockage s'inscrivent dans les normes requises pour la datte Deglet Nour (Reynes et al., 1996 et Reynes, 1997 ; Anonyme, 2001).

### **3.4.1.1.3 pH**

La datte Deglet Nour fraîche avait un pH moyen de 5,30, conforme à la littérature (Dowsen et Aten, 1963 ; Munier, 1973 ; Reynes et al. 1996 ; Reynes, 1997). Au cours du stockage, celui-ci a montré une nette et significative tendance à la baisse aussi bien à température ambiante (fig. 40a) qu'à 10°C (fig. 40b) pour atteindre des valeurs respectives de 4,92 et 5,23 au 5<sup>ème</sup> mois de stockage.

Sous l'action de la thermisation, ce pH est augmenté significativement ( $p<0,05$ ) pour atteindre la valeur de 5,69. Les lots thermisés ont montré une diminution significative du pH du 1<sup>er</sup> ( $p=0,0396$ ) au 4<sup>ème</sup> mois ( $p=0,0002$ ) à température ambiante, confirmant la tendance observée dans les lots témoins non thermisés. Par contre, à 10°C, les lots thermisés montraient une diminution toutefois, non significative avec des pH moyen supérieurs à leurs homologues thermisés et entreposés à TA ou non thermisés.

Par contre, l'emballage des dattes a également provoqué une diminution non significative du pH du 1<sup>er</sup> mois ( $p=0,8792$ ) au 5<sup>ème</sup> mois ( $p=0,5210$ ) sauf au 4<sup>ème</sup> mois qui laisse apparaître un niveau significatif (pH de 4,62) confirmant également la tendance à la stabilisation du pH observée dans les lots non emballés. Selon Nussinivitch et al. (1988), l'emballage exerce un effet positif sur la stabilité du pH. Decosta (1989) a montré que l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> suite de l'utilisation de l'emballage exerce un effet inhibiteur sur la prolifération microbienne ; cette dernière est responsable de goût aigre des dattes du fait de la diminution du pH (Salik et al., 1978 et Ahmad et al., 1995).

La combinaison thermisation-emballage a montré une diminution tout aussi significative ( $p < 0,05$ ) pour les thermisés-emballés stockés que ce soit à température ou à 10°C.

Pour **Khatchadourian (1987)**, les variations du pH seraient en relation avec l'effet dépressif du traitement thermique et du froid sur la flore contaminante. Sur un autre plan, la diminution sensible des valeurs du pH aux températures élevées confirme les résultats obtenus par **Maier et Shiller (1961)** sur la stabilisation des dattes par la chaleur. La diminution du pH semble être due à une réaction de brunissement de type non oxydatif. Cette modification de pH selon ces mêmes auteurs, pourrait être entraînée par la condensation des acides aminés avec des sucres réducteurs.

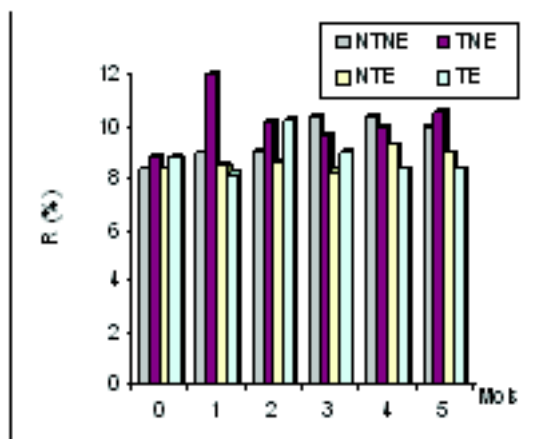


Fig. 39 a : Evolution du rapport R des dattes stockées à TA.

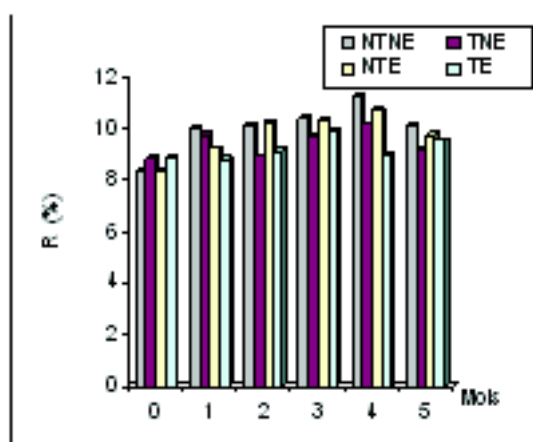


Fig. 39 b : Evolution du rapport R des dattes stockées à 10°C.

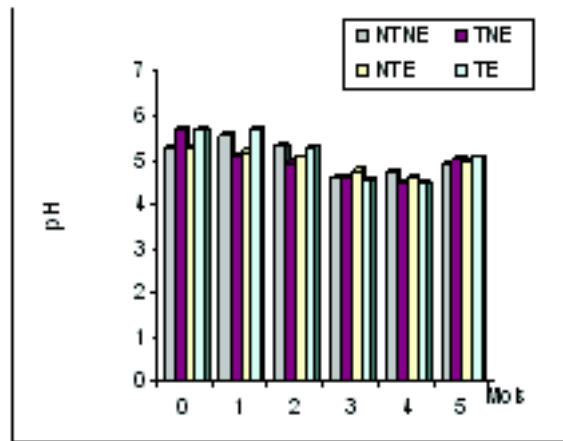


Fig. 40 a : Evolution du pH des dattes stockées à TA.

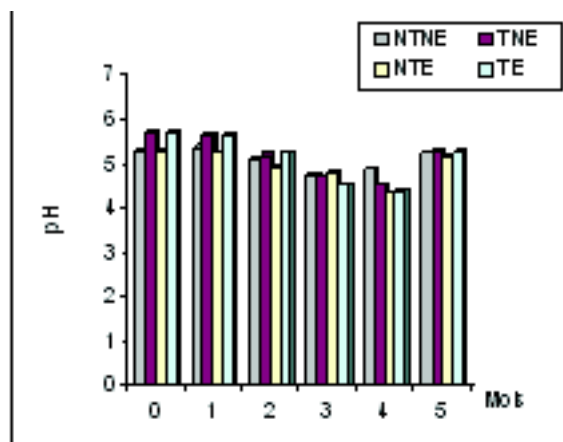


Fig. 40 b : Evolution du pH des dattes stockées à 10°C.

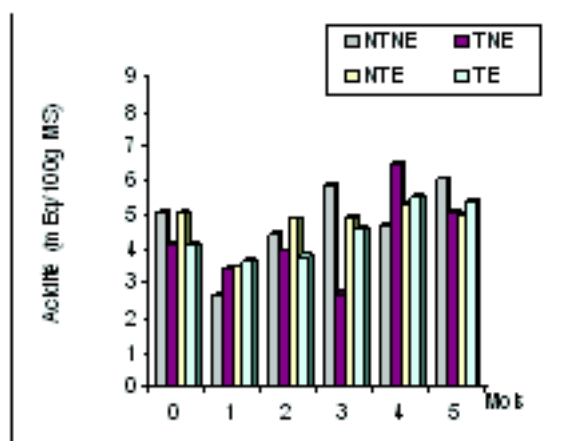


Fig. 41 a : Evolution de l'acidité des dattes stockées à TA.



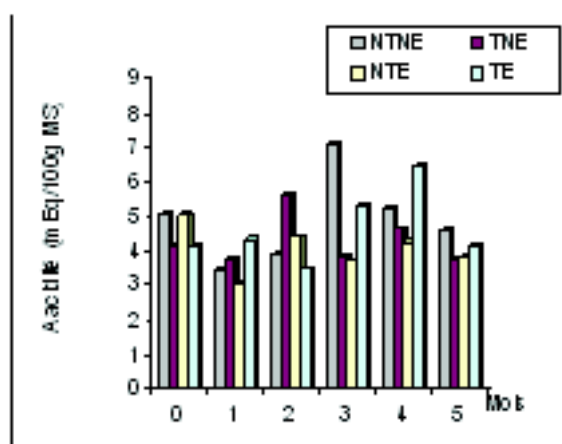


Fig. 41 b : Evolution de l'acidité des dattes stockées à 10°C.

#### 3.4.1.1.4 Acidité titrable

L'évolution générale de l'acidité (fig. 41 a et b) fait apparaître une tendance générale à l'augmentation. Ainsi, les lots témoins non thermisés non emballés entreposés à température ambiante montrent une augmentation de l'acidité titrable avec des valeurs moyennes allant de 5,04 au 1<sup>er</sup> mois à 6,03 mEq/100 g MS au 5<sup>ème</sup> mois. Cette même tendance a été enregistrée dans les lots de dattes stockées à température basse (10°C) jusqu'au 4<sup>ème</sup> mois (5,48 mEq/100 g MS) ; au-delà, une diminution est enregistrée (4,58 mEq/100 g MS). Les valeurs de l'acidité sont affectées significativement par la durée de stockage.

La thermisation a diminué significativement l'acidité des dattes, qui est passée de 5,04 à 4,10 mEq/100 g MS. Les lots thermisés montrent une diminution importante de l'acidité moyenne jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois de stockage mais qui augmente significativement pour la suite du stockage notamment au 4<sup>ème</sup> mois (6,47 mEq/100 g MS), en accord avec l'évolution des lots témoins non thermisés. La comparaison des valeurs moyennes de l'acidité montre une acidité moyenne de 4,28 mEq/100 g MS pour les lots thermisés entreposés à température ambiante contre une acidité moyenne légèrement plus importante (4,79 mEq/100 g MS) pour leurs homologues non thermisés. Alors qu'elle est nettement plus élevée à 10°C (5,12 mEq/100 g MS).

L'emballage des dattes en un film en polyéthylène basse densité a montré une augmentation de l'acidité titrable au cours du stockage, qui atteint 5,42 mEq/100 g MS au 5<sup>ème</sup> mois à température ambiante, confirmant la tendance observée dans les lots non emballés thermisés ou non. La valeur moyenne de l'acidité des lots emballés entreposés à température ambiante était de 4,83% très proche de celle des lots témoins non thermisés non emballés (4,79 mEq/100 g MS) mais plus élevée que celle des lots emballés entreposés à 10°C (4,05 mEq/100 g MS). L'emballage semble avoir un effet positif sur l'acidité notamment dans les lots sont stockés à température ambiante.

L'association thermisation-emballage a montré une acidité titrable moyenne du lot de 4,51 mEq/100 g MS, inférieure à celles des lots témoins non thermisés non emballés (4,79 mEq/100 g MS), des lots emballés non thermisés (4,83 mEq/100 g MS) mais supérieure à celle des lots thermisés non emballés (4,28 mEq/100 g MS) et entreposés à température

ambiante. Les lots thermisés-emballés et entreposés à 10°C ont donné une acidité moyenne stable de 4,64 mEq/100 g MS. Cette combinaison semble exercer un effet meilleur sur la préservation de l'acidité de la datte permettant ainsi de conserver la saveur agréable de la Deglet Nour.

Les levures dans les aliments sont facilement détruites par le chauffage, leur présence est donc souvent une indication d'un processus de traitement thermique très inadéquat ou insuffisant ou d'une contamination postérieure (**Al Shaickaly et al., 1986 ; Khatchadourian, 1987 ; Oteng-Gyang, 1984**). Ce traitement à des températures élevées pour une courte durée paraît d'être efficace contre les levures, mais moins contre les bactéries lactiques (**Salik, 1978 ; Nussinovitch et al. , 1988**).

Cette influence positive des emballages pour atmosphères modifiées sur les caractéristiques physico-chimiques (pH et acidité) a été également rapportée par **Gomez et Artes (2005)**.

### 3.4.1.2 Sur l'infestation

Il apparaît clairement que le taux d'infestation des dattes Deglet Nour augmente significativement avec le stockage à température ambiante ( $p < 0,001$ ) pour obtenir au 5<sup>ème</sup> mois des dattes entièrement infestées (93,58%) (fig.42a). Cette même tendance est observée dans les dattes entreposées à 10°C mais à des niveaux nettement moins élevés (54,86% au 5<sup>ème</sup> mois) (fig.42b).

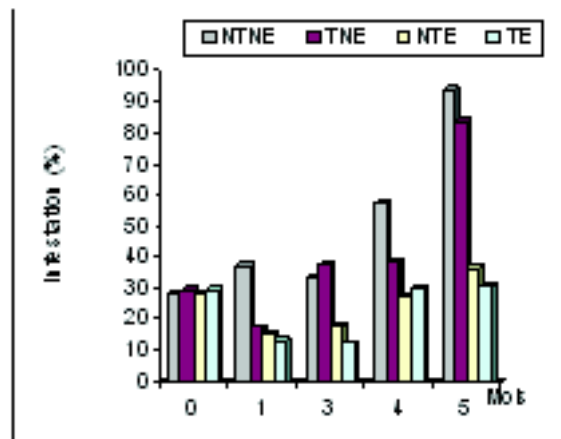


Fig. 42 a : Evolution de l'infestation (%) des dattes stockées à TA.

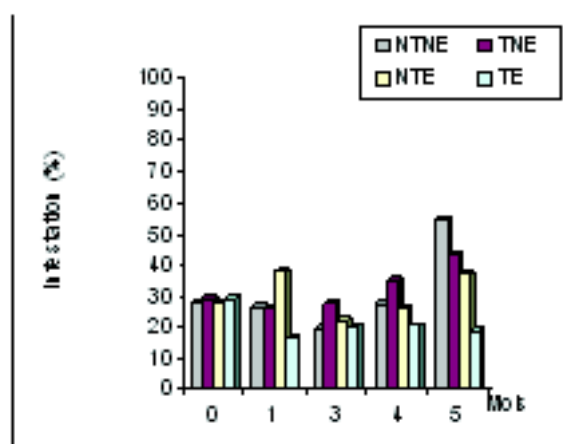


Fig. 42 b : Evolution de l'infestation (%) des dattes stockées à 10°C.

Les lots thermisés continuent d'être infestés au cours du stockage particulièrement à température ambiante (83,5% au 5<sup>ème</sup> mois) contrairement aux lots entreposés à 10°C, qui malgré la continuité de l'infestation mais à des niveaux nettement moins importants. Celle-ci est plus prononcée aux 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> mois de stockage (35,17% et 43,33% respectivement).

L'emballage des dattes a montré un effet remarquable dans la limitation de l'infestation des stocks de dattes, même non thermisés et ce aussi bien à température ambiante qu'à 10°C. Ainsi, des niveaux d'infestation significativement moins élevés ( $p < 0,001$ ) sont observés (36,36% et 37,33% respectivement au 5<sup>ème</sup> mois à Ta et à 10°C).

Les taux d'infestation les plus faibles étaient observés dans les lots thermisés-emballés et à tous les mois de stockage. Ces différences étaient significatives par rapport à tous les lots thermisés, emballés ou non. Toutefois, les lots thermisés-emballés-réfrigérés à 10°C se distinguaient de ceux maintenus à température ambiante, par des niveaux d'infestation remarquablement ( $p < 0,001$ ) plus faibles que tous les autres lots (19% au 5<sup>ème</sup> mois). Ces résultats concordent avec ceux de **Hofman et al ., (2003)** pour qui le conditionnement à basse température seul u en association avec un traitement thermique présente un potentiel e désinsectisation.

**Munier (1973), Ahmed et al. , (1985), Reynes (1997) et Donahaye et al . (1991)** ontrapporté que les températures basses freinent le développement des infestants. L'emballage constitue une barrière effective contre la réinfestation.

Ces résultats indiquent l'intérêt de la combinaison entre la réfrigération et la thermisation dans la diminution du taux d'infestation. De même, selon **Al Azawi (1985)**, le traitement thermique associé aux atmosphères modifiées est plus effectif pour obtenir une mortalité totale des insectes. L'effet combiné de la température et des atmosphères modifiées su la limitation de l'infestation a été signalé par **Donahaye et al . (1996)**. L'atmosphère modifiée limite l'intensité respiratoire à l'intérieur du micro biotope, perturbant ainsi le cycle biologique des insectes (**Ali et al ., 1987**).

Nos résultats confirment ceux de **Jang et al . (2001)** qui ont rapporté qu'un traitement thermique combiné au froid est un très bon moyen de désinsectisation.

### 3.4.1.3 Sur les caractéristiques chimiques

### 3.4.1.3.1 Teneur en eau

L'eau, le constituant principal de la plupart des denrées alimentaires est aussi le caractère responsable de l'aptitude à la détérioration; les dattes trop humides sont plus sensibles à la fermentation. La teneur en eau de la dattes Deglet Nour fraîche à la réception est 18,17% MF, permettant de classer notre dattes dans la norme des variétés demi- molles (**Dowsen et Aten, 1963, Munier, 1973 ; Albano, 2002**). Cette teneur marque une diminution significative au cours du stockage aussi bien à température ambiante (fig. 43a) qu'à 10°C (fig. 43b) et atteint les faibles teneurs de 9,31% MF et de 8,79% MF au 5<sup>ème</sup> mois, montrant ainsi une diminution hautement significative ( $p < 0,001$ ). D'une manière générale, la durée et a température de stockage, ont exercé un effet hautement significatif sur la diminution de la teneur en eau ( $p < 0,001$ ).

Tout organe végétal en état de vie active est riche en eau, ses cellules sont turgescentes ; il perd une partie de cette eau dans l'atmosphère ambiante, d'autant plus que l'air est plus chaud et plus sec. L'évaporation de l'eau qui entraîne la perte de poids, augmente avec l'augmentation de tension de vapeur, celle-ci étant d'autant plus faible que la température est basse (**Côme, 1992**), tel qu'observé dans les lots non emballés stockés à température ambiante. De même, la désorption de l'eau par les dattes de la variété Deglet Nour représente une hystérésis caractéristique des produits alimentaires (**Hamdi, 1996**). Selon **Mutlak et Mann (1984)**, cette diminution est provoquée par une destruction partielle des parois cellulosesques.

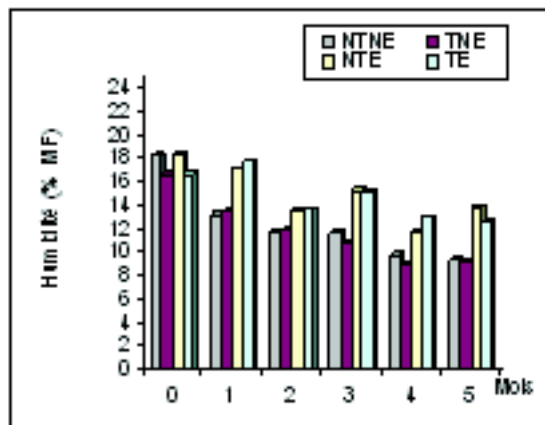


Fig. 43 a : Evolution de l'humidité des dattes stockées à TA.

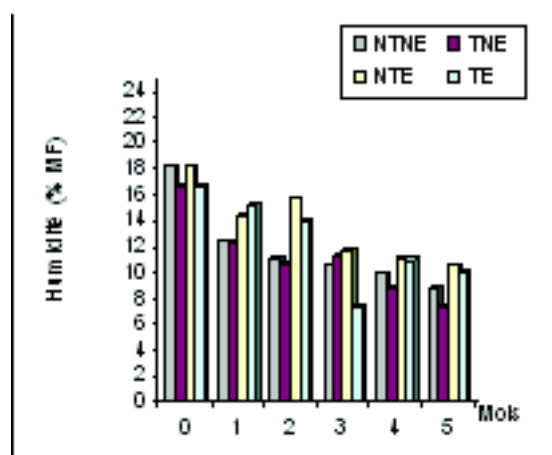


Fig. 43 b : Evolution de l'humidité des dattes stockées à 10°C.

La thermisation a provoqué une diminution hautement significative ( $p=0,000$ ) de cette teneur en eau qui descend à 16,59% MF. Cette tendance à la baisse se poursuit tout aussi significativement dans les lots thermisés du 1<sup>er</sup> ( $p=0,0018$ ) au 5<sup>ème</sup> ( $p=0,0251$ ) de stockage à température ambiante que dans ceux stockés à 10°C ( $p<0,005$ ).

Le conditionnement des dattes en film en PEbd a montré au cours du stockage à température ambiante un abaissement significatif de la teneur en eau du 1<sup>er</sup> mois ( $p=0,000$ ) au 5<sup>ème</sup> mois ( $p=0,000$ ) confirmant ainsi ce qui a été observé dans les lots non emballés. Néanmoins, les teneurs moyennes en eau des lots emballés étaient nettement supérieures à celles des lots témoins non thermisés non emballés ou des lots thermisés non emballés, notamment à température ambiante. L'augmentation du taux d'humidité dans les lots emballés peut être attribuée à la perméabilité du film affectée par l'augmentation de la température ; comparativement aux lots stockés à 10°C qui montrent une certaine stabilité de valeurs. La teneur en eau moyenne des dattes emballées (11,41% MF) supérieure à celle des dattes non emballées (8,33% MF) pourrait être due aux propriétés de l'emballage en polyéthylène basse densité qui présente une faible perméabilité à la vapeur d'eau (**Sandor, 1996**). De plus, l'emballage réduit les phénomènes de dessèchement de la datte en réglant les échanges hygroscopiques entre la datte et le milieu environnant (**Hamdi, 1996**).

L'association thermisation-emballage a montré une diminution significative de la teneur en eau pour l'ensemble des lots testés aussi bien à température ambiante (12,55% MF) ou à 10°C (10,09% MF). Les lots thermisés-emballés ont pu conserver des teneurs moyennes en eau moins faibles que celles des autres lots qu'ils soient témoins, ou thermisés emballés ou non mais toutefois inférieures à celles des lots non thermisé emballés notamment à température ambiante.

D'une manière générale, les fluctuations des valeurs des teneurs en eau des dattes peuvent également être imputées aux variations climatiques qui modifient l'humidité relative de l'atmosphère environnante et par conséquent la teneur en eau. Ainsi, l'humidité relative de l'atmosphère enregistrée relativement élevée pendant la période du stockage serait à l'origine du gain en eau des lots de dattes stockées à température ambiante.

En conclusion, l'emballage en film PEbd seul reste le meilleur mode de conservation contre le dessèchement de la datte en préservant la consistance demi-molle de la Deglet Nour.

### 3.4.1.3.2 Degré Brix

A la réception, les dattes présentaient une teneur en matière sèche soluble « degré Brix » de 17%. Cette concentration augmenté significativement ( $p < 0,05$ ) au cours du stockage aussi bien à température à température ambiante (fig. 44a) qu'à 10°C (fig. 44b) pour atteindre des concentrations très proches de 21,75 et 22% respectivement au 5<sup>ème</sup> mois de stockage.

La thermisation des dattes a entraîné une augmentation du degré Brix qui est passé de 17% à 18,25%.

Au cours de l'entreposage, les lots thermisés-emballés et stockés à température ambiante montraient une augmentation de la teneur en matière sèche soluble (de 17,75% au 1<sup>er</sup> mois à 19,5% au 5<sup>ème</sup> mois) avec une valeur proche du témoin thermisé (18,5%) obtenus au 4<sup>ème</sup> mois. Les lots thermisés-non emballés aussi bien conservés à température ambiante qu'à température basse montraient la même tendance. De même, les lots non thermisés-emballés et stockés à température ambiante montraient une augmentation progressive et significative ( $p < 0,05$ ) du degré Brix qui devient plu prononcée à partir du 3<sup>ème</sup> mois et se poursuit jusqu'au 5<sup>ème</sup> et dernier mois du stockage (21%).

La comparaison des moyennes en teneur en matière sèche soluble montre que les lots thermisés-emballés et stockés à température ambiante présentaient la valeur la plus proche de celle de la dattes fraîche (18,08%). Les autres lots présentaient des teneurs moyennes en matière sèche soluble supérieures à celle de la dattes fraîche.

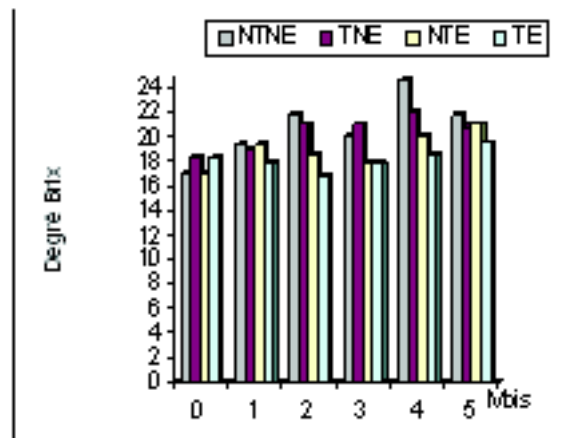


Fig. 44 a : Evolution du degré Brix des dattes stockées à TA.

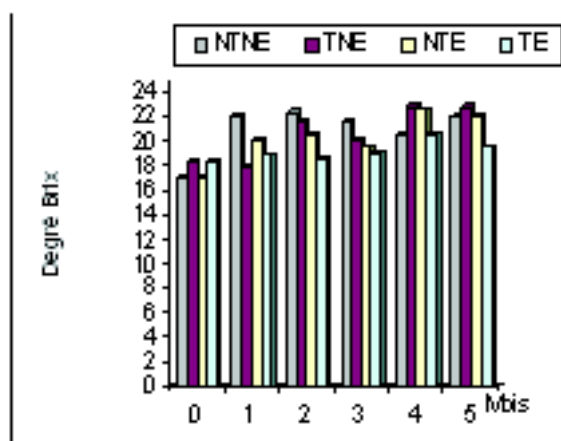


Fig. 44 b : Evolution du degré Brix des dattes stockées à 10°C.

La thermisation ayant diminué la teneur en eau des dattes, a augmenté la concentration en matière sèche soluble.

### 3.4.1.3.3 Fraction glucidique

#### 3.4.1.3.3.1 - Sucres totaux et réducteurs

La datte Deglet Nour présente des teneurs en sucres totaux et réducteurs respectivement de 70,81 et 48,08% MF. Au cours du stockage, cette tendance à la baisse est significativement ( $p < 0,05$ ) accentuée aussi bien pour les sucres totaux que les sucres réducteurs et des teneurs des lots de dattes non thermisées (respectivement de 39,16 et 31,16% MF) enregistrées au cinquième mois à température ambiante, alors qu'à 10°C, ces teneurs sont légèrement plus élevées (49,20 et 36,65% MF). De toute évidence la température et la durée de conservation exercent un effet hautement significatif sur la diminution de la teneur en sucres totaux (fig. 45 a et b).

L'effet de la thermisation se traduit par une diminution -toutefois non significative de la teneur en sucres totaux (fig.45 a) alors que sur les sucres réducteurs, la thermisation induit une augmentation significative ( $p < 0,05$ ).

Dans les de dattes thermisées, la tendance à la baisse en sucres totaux se poursuit bien que les teneurs enregistrées sont un peu plus élevées par rapport aux lots non thermisés. Ainsi, au 5<sup>ème</sup> mois de stockage à température ambiante, la teneur en sucres totaux était maintenue à 49,45% MF, sensiblement proche de la teneur enregistrée au même mois à température basse pour son homologue non thermisé. Cet effet est encore plus notable pour les lots thermisés et entreposés au froid de 10°C où les teneurs en sucres totaux étaient maintenues à des niveaux sensiblement plus élevés et proches de ceux des dattes fraîches.

L'emballage des lots de dattes non thermisées en films en PEbd avant leur entreposage a permis de ralentir considérablement la diminution des sucres totaux tout au long du stockage aussi bien à température ambiante que basse et cet effet stabilisant était

significatif ( $p < 0,05$ ). La combinaison de la thermisation à l'emballage a montré au cours du stockage à température ambiante des teneurs en sucres totaux en diminution mais moins

brutale que leurs homologues respectifs non thermisées et non emballés. Toutefois, ce sont les lots thermisés-emballés et entreposés à 10°C qui présentent la meilleure stabilité des teneurs en sucres totaux même jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de stockage.

Sur les sucres réducteurs, la thermisation associée à l'emballage permet de stabiliser considérablement les teneurs de ces sucres à des niveaux proches de ceux de la Deglet fraîche en dépit du stockage que ce soit à température ambiante qu'à 10°C (fig. 46 a et b).

Le rapport de qualité (r) a considérablement augmenté au cours du stockage et de manière plus prononcée à 10°C qu'à température ambiante, pour atteindre des valeurs élevées au 5<sup>ème</sup> mois (7,25 et 4,21 respectivement) pour l'ensemble des lots témoins non thermisés et non emballés, sauf les lots du 3<sup>ème</sup> mois à température ambiante qui conservent un rapport r de 3,92 très proche de celui des dattes fraîches (3,90).

La thermisation n'a provoqué une forte variation du rapport (4,13) mais ce rapport marque une nette tendance à l'augmentation aussi bien à température ambiante qu'à 10°C et on atteint des niveaux supérieurs à 5 pour l'ensemble des lots thermisés. Dans les lots emballés, le rapport r était nettement stabilisé et la valeur moyenne n'a pas dépassé 4 notamment dans les lots emballés entreposés à température ambiante.

Dans une étude, Hofman et al. (2003), ont considéré que la teneur et la composition en sucres présentaient une importance dans la tolérance au froid et sont impliqués dans l'acclimatation du fruit aux conditions de stockage à basses températures.

Les meilleurs rapports (r) étaient obtenus dans les lots thermisés-emballés et entreposés à température ambiante où une nette stabilité du rapport (r) était notée (3,97 au 5<sup>ème</sup> mois) contrairement à leurs homologues stockés à 10°C où les rapports (r) étaient largement plus élevés (5,57 au même 5<sup>ème</sup> mois de stockage).

Les teneurs élevées en sucres solubles pourraient plasmolyser les cellules et altérer et la rigidité de la membrane de la datte durant les différents stades de maturité. Ces teneurs favoriseraient la contamination microbienne et les phénomènes d'altération physico-chimiques du fruit (Mark et Stadtman, 1946; Al-Hassan et Abbas, 1986; Al-Shaickly et al., 1986)

#### **3.4.1.3.3 .2- Saccharose, glucose et fructose**

La teneur en saccharose, montre une importante et progressive diminution ( $P < 0,001$ ) au cours du stockage et atteint au 5<sup>ème</sup> mois une teneur de 19,09% MF, très faible par rapport à la teneur initiale de 38,22% MF.

La thermisation a induit une augmentation hautement significative ( $p < 0,001$ ) de cette teneur qui atteint 48,24% MF mais qui diminue avec le stockage tout en gardant des niveaux supérieurs à leurs témoins respectifs non thermisés (fig. 47 a et b).



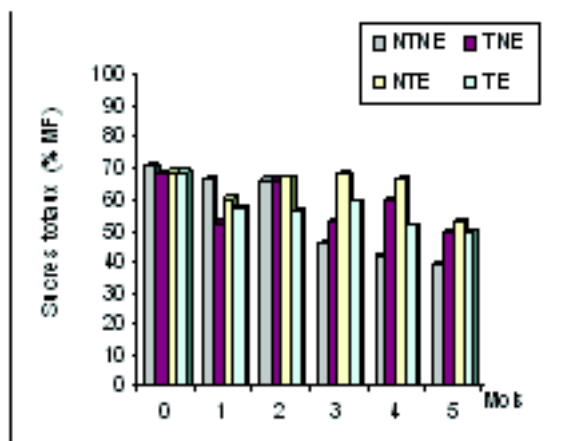


Fig. 45 a : Evolution de la teneur sucres totaux des dattes stockées à TA.

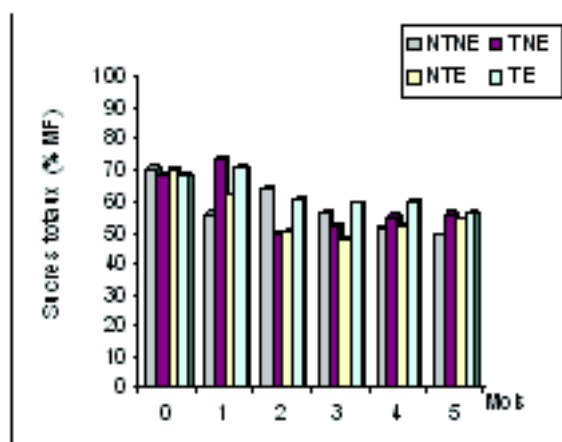


Fig. 45 b : Evolution de la teneur sucres totaux des dattes stockées à 10°C.

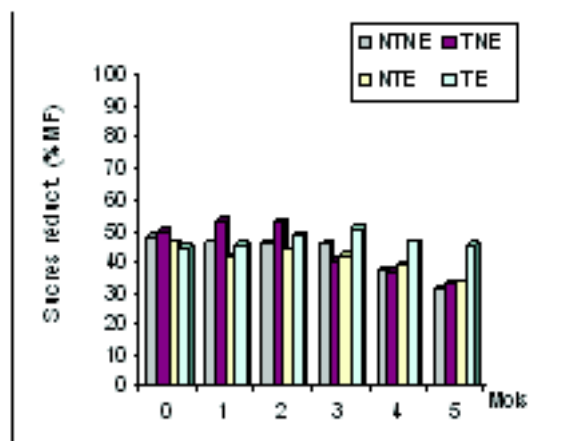


Fig. 46 a : Evolution de la teneur en sucres réducteurs des dattes stockées à TA.

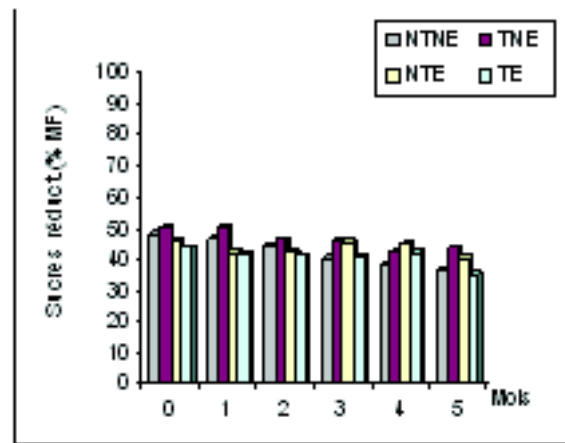


Fig. 46 b : Evolution de la teneur en sucres réducteurs des dattes stockées à 10°C.

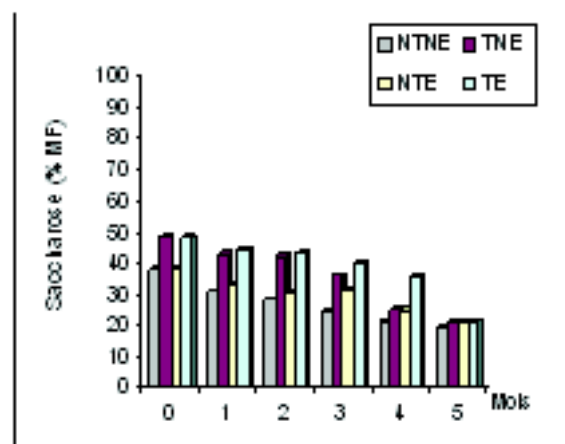


Fig. 47 a : Evolution de la teneur en saccharose des dattes stockées à TA.

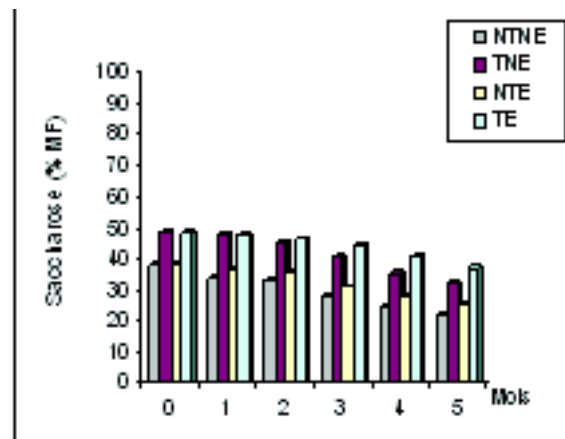


Fig. 47 b : Evolution de la teneur en saccharose des dattes stockées à 10°C.

L'emballage des lots non thermisés a montré des teneurs en saccharose meilleures que celles des lots témoins non thermisés non emballés mais inférieures à celles des lots thermisés. Cet effet est plus marqué dans les lots thermisés emballés notamment ceux entreposés à 10°C, où on a enregistré les teneurs en saccharose moyennement proches de celles des dattes fraîches.

L'augmentation de la teneur en saccharose observée, a été également signalée par Perez-Tello et *al.* (2001) durant un stockage à 10°C pendant 2 mois, et serait pour ces auteurs, considérée comme une réponse physiologique aux altérations du froid (chilling injury). La température de 10°C, serait en mesure de réduire la réponse du fruit au chilling injury. Cette même observation était faite par Holand et *al.* (2002).

L'analyse du glucose et du fructose montre une variation en sens inverse. Au cours du stockage, les teneurs en glucose ont montré une baisse progressive parallèlement, celles du fructose étaient en augmentation. Cette évolution n'étant pas significative aussi bien à température ambiante que basse (10°C) (fig. 48 a et b).

L o t s	Température ambiante				
	Température basse (10°C)				
	Mois	Rapport Suc/Eau	Taux d'inversion (%)	Rapport Suc/Eau	Taux d'inversion (%)
NTNE (Témoins)	0	3,90	0,68	3,90	0,68
	1	5,03	0,70	4,86	0,84
	2	5,66	0,70	6,33	0,70
	3	3,92	1,01	6,58	0,72
	4	4,29	0,89	6,21	0,65
	5	4,21	0,80	7,25	0,74
TNE	0	4,13	0,73	4,12	0,74
	1	3,92	1,01	5,98	0,73
	2	5,55	0,70	4,66	0,93
	3	4,90	0,76	4,64	0,88
	4	6,73	0,62	6,23	0,77
	5	5,42	0,66	7,55	0,79
NTE	0	3,79	0,68	3,88	0,65
	1	3,55	0,69	4,29	0,68
	2	4,97	0,65	3,21	0,90
	3	4,50	0,62	4,10	0,95
	4	5,67	0,59	5,22	0,83

Tableau 23 : Evolution du rapport (r) et du taux d'inversion des sucres des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.

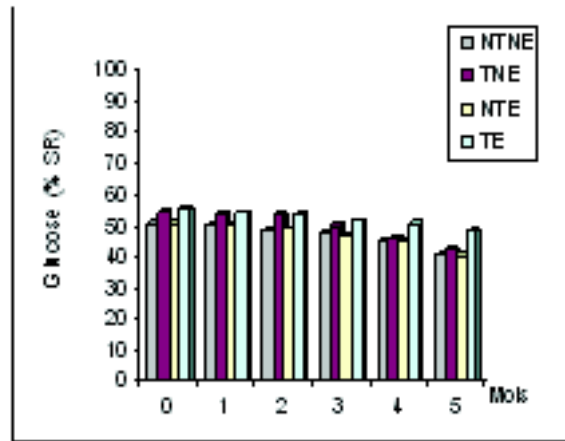


Fig. 48 a : Evolution de la teneur en glucose des dattes stockées à TA.

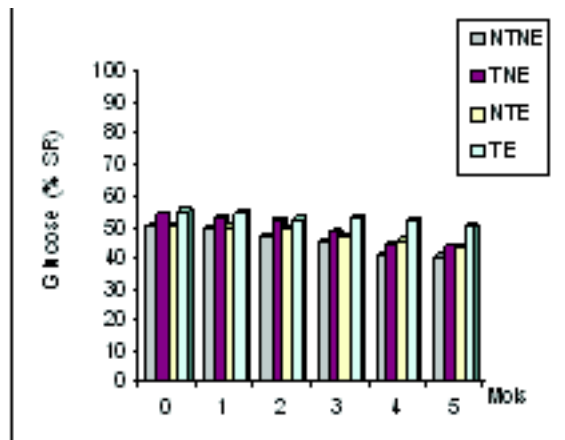


Fig. 48 b : Evolution de la teneur en glucose des dattes stockées à 10°C.

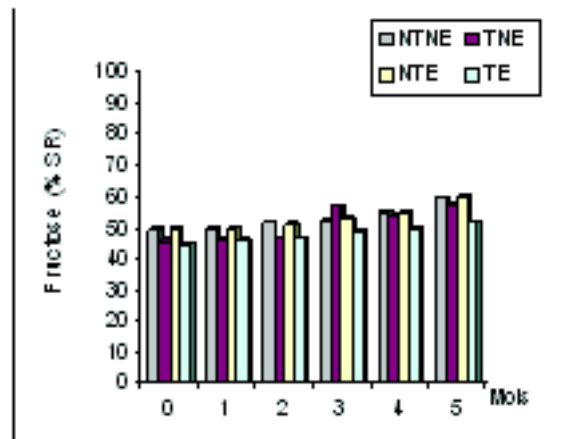


Fig. 49 a : Evolution de la teneur en fructose des dattes stockées à TA.

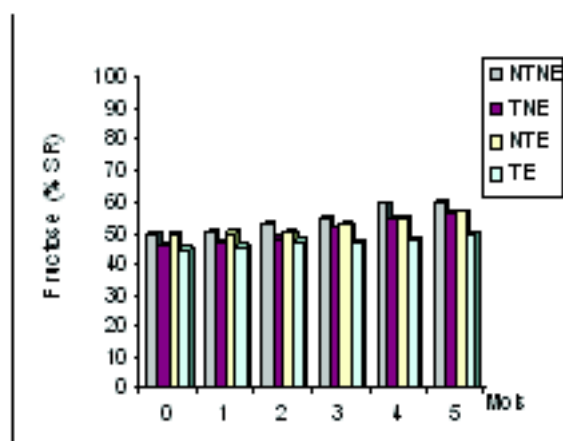


Fig. 49 b : Evolution de la teneur en fructose des dattes stockées à 10°C.

La thermisation a exercé une action significative ( $p < 0,05$ ) sur ces deux sucres et leurs teneurs étaient inversement affectées (54,47% SR contre 50,72 pour le glucose témoin non thermisé et 45,53% SR contre 49,28 pour le fructose).

Pour les lots thermisés et au cours du stockage, la tendance à la baisse pour le glucose est maintenue, de même que la tendance à l'augmentation pour le fructose toutefois, à des niveaux significativement moins importants. L'emballage, ne change pas l'évolution de ces sucres et les teneurs enregistrées sont assez proches de celles des lots témoins non thermisés non emballés ou thermisés non emballés. La combinaison thermisation-emballage par contre montre une bonne stabilisation des teneurs en glucose et en fructose tout au long du stockage particulièrement à température base (10°C).

### 3.4.1.3.4 Composés phénoliques simples et complexes

#### 3.4.1.3.4.1 - Composés phénoliques totaux

Les composés phénoliques totaux (CPT) de la datte Deglet Nour fraîche diminuent significativement au cours du stockage aussi bien à température ambiante (fig. 50a) qu'à 10°C (fig. 50b).

Ces diminutions peuvent être dues à l'affectation de l'arôme ainsi qu'à l'évaporation des composés volatils des dattes au cours du temps. Ces diminutions étaient confirmées par l'apparition de brunissements visibles (changement de couleur vers le noir).

La thermisation a entraîné une légère mais néanmoins significative augmentation de la teneur de ces composés (de 490 à 507 mg/100 g MF) qui se poursuit au 1<sup>er</sup> mois de stockage à température ambiante pour amorcer par la suite une diminution jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de stockage. Cette même tendance est observée dans tous les lots thermisés entreposés à 10°C où l'augmentation la plus importante en CPT est notée au 2<sup>ème</sup> mois ; puis les teneurs diminuent à des niveaux moins élevés que ceux des lots thermisés entreposés à température ambiante (428 contre 455 mg/100 g MF au 5<sup>ème</sup> mois à température ambiante).

Par contre, **Revero et al. (2001)** ont rapporté qu'un stress thermique à 35°C entraîne une accumulation des polyphénols comme dans le melon.

Les lots emballés montrent une tendance générale à la diminution des teneurs en CPT, mais les teneurs moyennes restent significativement ( $p < 0,05$ ) supérieures à celles des lots thermisés ou non, aussi bien à température ambiante qu'à  $10^{\circ}\text{C}$ . L'emballage semble avoir un effet positif sur la conservation de la teneur en composés phénoliques totaux des dattes ; cet effet est encore amélioré si les lots sont réfrigérés.

La combinaison du froid aux atmosphères modifiées est de nature à stabiliser la teneur en polyphénols (Alasalvar et al., 2005 ; Serrao et al., 2006).

La combinaison de la thermisation à l'emballage n'a pas montré de variation significative ( $p > 0,05$ ) des teneurs en CPT par rapport aux autres lots aussi bien non thermisés, thermisés-non emballés ou non thermisés-emballés. Les lots thermisés-emballés et entreposés à  $10^{\circ}\text{C}$  ont montré les teneurs moyennes les moins fluctuantes tout au long du stockage.

Ces résultats sont en accord avec ceux d'Al Ogaïdi et al. (1986) qui imputent la diminution des composés phénoliques des dattes au cours du stockage à la conversion des tannins solubles en tannins insolubles et aussi à l'oxydation enzymatique qui est une indication de la disparition des flavanes et l'acide cafféoylshikimique.

Ce résultat établi, nous avons cherché à caractériser ces constituants polyphénoliques par des techniques analytiques plus fines (CCM et CLHP).

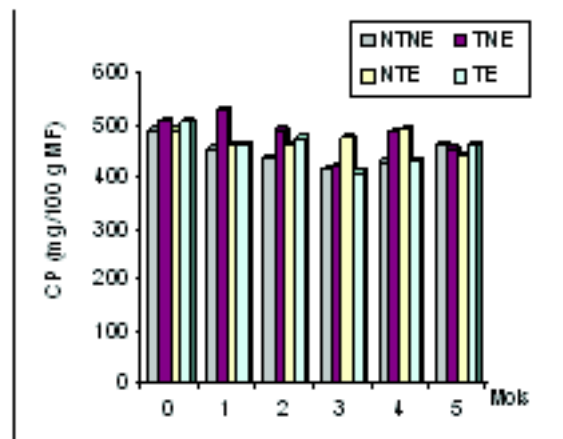


Fig. 50 a : Evolution de la teneur en composés phénoliques des dattes à TA.

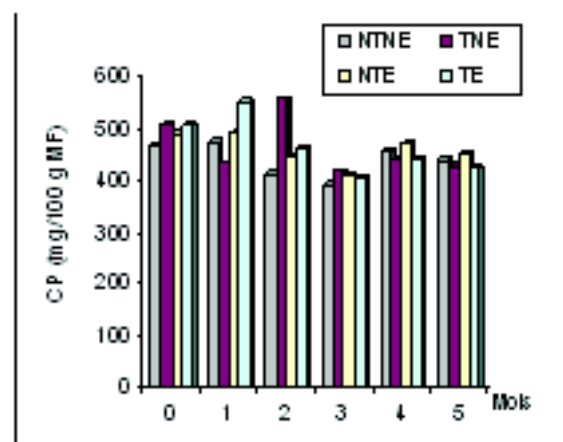


Fig. 50 b : Evolution de la teneur en composés phénoliques des dattes stockées à 10°C

### 3.4.1.3.4.2 - Résultats des analyses CLHP et comparaison des spectres UV

L'examen des résultats d'analyse des composés phénoliques par CLHP associée à l'enregistrement automatique des spectres d'absorption UV, nous a permis d'évaluer l'influence de ce traitement sur cette famille de composés.

L'exploitation de spectres UV enregistrés en cours de chromatographie par des données de la littérature et une banque de données disponibles à l'INRA-Avignon a permis la caractérisation de certains composés majeurs. On relève ainsi dans la datte fraîche (fig. 51) :

- acides phénoliques typiques de la datte ; dactyliférique, isodactyliférique et néodactyliférique.
- dérivés hydroxycinnamiques : acides férulique et paracoumarique
- composés appartenant à la famille des flavones (groupe flavonols)
- composés appartenant au groupe des flavanes

Par contre dans les échantillons thermisés ou stockés, la majorité des composés élués des ne présentent pas de spectres caractéristiques et les tentatives de rattachement à une famille en particulier avec les flavonols restent à vérifier.

Les dattes témoins non thermisées présentent un pic majoritaire à 30.296 min (hauteur de pic 200 mAU) qui a une forte absorbance à 325 nm, typique de dérivé hydroxycinnamique et 5 autres pics sans spectres typiques à 18.7, 19.7, 23.7, 36.1 et 41.0 (tableau 24.1).

La thermisation a entraîné la disparition de ce pic et l'apparition concomitante de petits pics à faible absorbance (tableau 24.2).

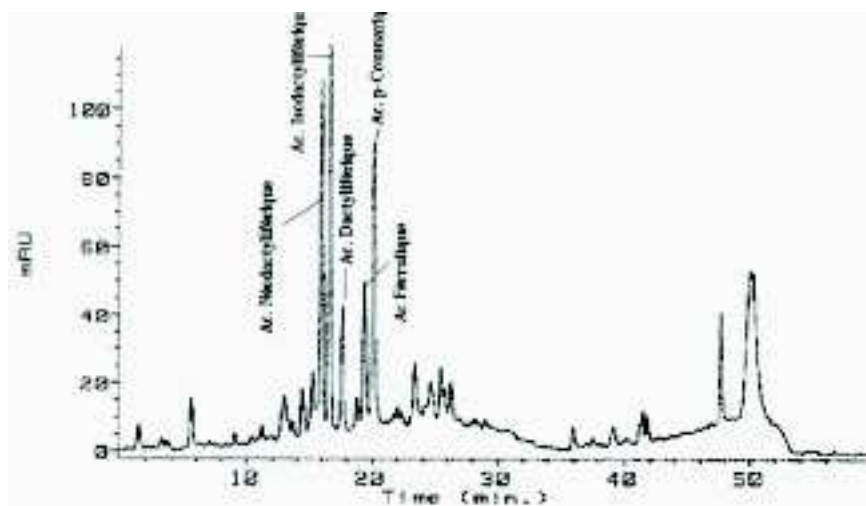


Fig. 51 : Profil chromatographique d'un extrait de datte Deglet Nour non thermisée.

A la fin du stockage (5<sup>ème</sup> mois) à température ambiante, les dattes non thermisées ont montré 6 pics importants à 23.7, 30.4, 34.4, 37.4, 38.04 et 41.06 et toujours les pics à 18.3 et 19.7 min. Les pics 18.3, 19.7, 23.7, 30.4, 34.4 et 41.06 sont communs avec ceux trouvés dans la datte non thermisée témoin mais seraient en moins grande concentration (tableau 24.3). Alors que les témoins non thermisés entreposés 5 mois à 10°C, laissent

apparaître des pics à absorbances inférieures à 10 mAU avec la disparition complète du pic 30.4, permettant de noter une moins bonne conservation de ces composés à 10°C qu'à température ambiante (tableau 24.4).

Les dattes thermisées et stockées 5 mois à température ambiante montrent la disparition du composé à 30.3 et une diminution du composé 23.7. On note l'apparition d'un composé important à 325 nm mais pas un spectre typique de dérivé caféique. Les pics à 37.4 et 38.04 semblent être en plus grande concentration que dans les dattes non thermisées. A 10°C, les lots thermisés montrent également la disparition du composé majoritaire de la datte à 30.3. Les pics à 18.3, 19.6, 23.6 et 34.3 sont toujours présents (tableau 24.5). Comme dans les dattes thermisées maintenues à température ambiante, les pics à 37.4 et 38.04 semblent être en plus grande concentration que dans les dattes témoins non thermisées et gardées à 10°C pendant 5 mois (tableau 24.6).

#### **3.4.1.3.4.3 - Essai d'identification des acides phénoliques :**

##### **a) Par CCM**

Après révélation, nous avons comparé nos résultats avec les données établies par **Ribereau-Gayon (1968) et Amiot et al . (1989)**. Certains flavonoïdes apparaissent directement, par leur coloration propre en lumière visible (ex : l'acide gallique en jaune brun), alors qu'un grand nombre de composés phénoliques détectés possèdent des colorations variées en lumière ultraviolette. La disparition de ces couleurs caractéristiques après suppression de la lumière excitatrice a été révélée pour les structures poches des acides chlorogénique (jaune) et férulique (jaune-vert). Par ailleurs, certaines bandes (structures proches de l'acide *p*- coumarique ; bleues-vertes de contours grisés) restent visibles après suppression de la lumière UV.

Ainsi, ces résultats ont montré la présence des acides férulique et *p*-coumarique représentatifs des acides phénoliques de la datte dans tous les lots même ceux ayant subi une thermisation. De l'acide chlorogénique ou cafféoyl-3 quinique a été trouvé dans les lots de dattes témoins et ceux non thermisées non emballées et stockées à température ambiante bien qu'en quantité faible (fig.52).

Il est intéressant de noter pour **Reynes (1997)** que ces phénols présents dans les dattes sont en grande proportion sous forme libre. Cependant, de l'acide chlorogénique ou cafféoyl-3 quinique a été détecté dans les lots thermisés et réfrigérés, bien qu'en quantité faible. Selon **Côme (1992)**, les tissus s'enrichissent en acide chlorogénique et l'activité de la phénylalanine ammonialyase s'accroît sous l'effet du froid.

**Van Dercook et al . (1980)** signalent la présence de l'acide dactyliférique (3-0-cafféoyl shikimique) ainsi ces deux isomères, principal polyphénol soluble dans l'acétate d'éthyle et soulignent sa participation probable aux processus de brunissement enzymatique de la datte et que cet acide qui s'accumule dans la datte plutôt que l'acide chlorogénique.

##### **b) par CLHP (standard externe)**

Les résultats obtenus (tableaux 30.1 et 30.2) ont montré la présence de l'acide gallique pour les composés benzoïques, dans tous les lots mais en très faible quantité par rapport aux autres acides phénoliques de la datte.

L'acide chlorogénique présent dans tous les lots voit sa teneur nettement diminuer à partir du 3<sup>ème</sup> mois. Cet acide est représentatif des composés du groupe des flavanes.



L'acide *p*-coumarique, très représentatif des dérivés cinnamiques est présent en quantité importante dans tous les lots thermisés ou non. L'acide férulique plus présent à température ambiante marque une variabilité très marquée notamment lors de la conservation à 10°C.

Dans les lots de datte non thermisée, les teneurs moyennes en acide gallique, *p*-coumarique, férulique et chlorogénique sont respectivement de 28,25 mg/100g MF, 247,49 mg/100g MF, 271,36 mg/100g MF et 23,59 mg/100g MF contre des teneurs légèrement plus faibles dans leurs thermisés respectifs.

L'emballage en film en polyéthylène basse densité pour atmosphères modifiées semble exercer un effet positif sur les teneurs en acides phénoliques qui restent relativement stables.

La combinaison de la thermisation-emballage sembler assurer une bonne stabilité des teneurs en acides phénoliques testés.

**Tableau 24.1: Spectres observés dans la datte fraîche.**

Min	Spectres
24.071	Abs. max à 300 nm
30.204	Abs. max à 330 nm
33.280	Pas de spectre
34.527	Pas de spectre
36.109	Abs. max à 325 nm
41.026	Spectre typique flavonoïde, famille flavanol
41.394	Abs. max à 285 nm
43.190	Abs. max à 280 nm

**Tableau 24.2: Spectres observés dans la datte thermisée.**

Min	Spectres
18.9	Abs. max à 325 nm
19.5	Abs. max à 325 nm
20.07	Abs. max à 325 nm
20.7	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
21.3	Absorb. max à 325-330 nm
22.7	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
23.8	Absorb. max à 325 nm
29.1	Spectre typique flavonoïde, famille flavanol
32.7	Spectre typique flavonoïde, famille flavanol
32.3	Spectre typique flavonoïde, famille flavanol
41.05	Spectre typique flavonoïde, famille flavanol

**Tableau 24.3: Spectres observés dans la datte non thermisée au mois 5 à TA.**

**Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.**

Min	Spectres
18.3	Abs max à 325 nm
19.7	Abs max à 325 nm
23.7	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
30.4	Abs max à 325 nm
34.3	Abs max à 325 nm
37.4	Abs max à 325 nm
38.0	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
41	Spectre flavonoïde, famille flavanonol
45	Pas de spectre

**Tableau 24.4: Spectres observés dans la datte Thermisée au mois 5 à TA**

Min	Spectres
18.3	Abs. Max à 325 nm
19.3	Abs. Max à 325 nm
23.7	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
34.3	Abs. Max à 325 nm
37.4	Abs. Max à 325 nm
38.0	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
41	Spectre de flavonoïde, famille flavanonol
45	Pas de spectre

**Tableau 24.5: Spectres observés dans la datte non thermisée au mois 5 à 10°C.**

Min	Spectres
19.7	Abs. Max à 325 nm
23.7	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
34.3	Abs. Max à 325 nm
37.4	Inconnu
38.0	Spectre de dérivé caféique
41	Spectre de flavonoïde, famille flavanonol

**Tableau 24.6: Spectres observés dans la datte thermisée au mois 5 à 10°C.**

Min	Spectres
18.3	Abs. Max à 325 nm
19.7	Abs. Max à 325 nm
23.7	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
34.3	Abs. Max à 325 nm
37.3	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
37.9	Abs max à 325 nm spectre typique de dérivé caféique
41	Spectre de flavonoïde, famille flavanonol

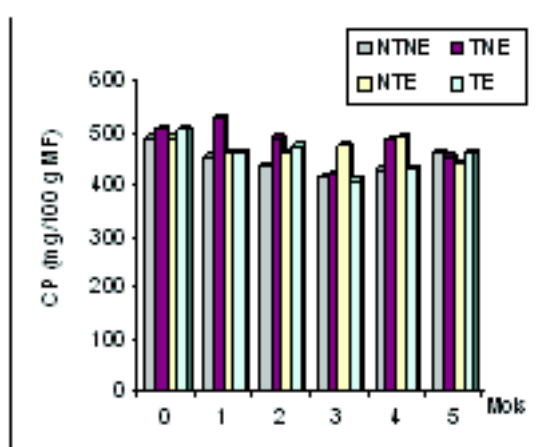


Fig. 52 a: CCM au 1 mois de stockage.

- J.B : jaune-brun (ac.gallique)
- J : jaune (ac. chlorogénique)
- B.V : bleu-vert (ac.p-coumarique)
- J.V : jaune-vert (ac. férulique)
- R : rouge (composé non identifié)

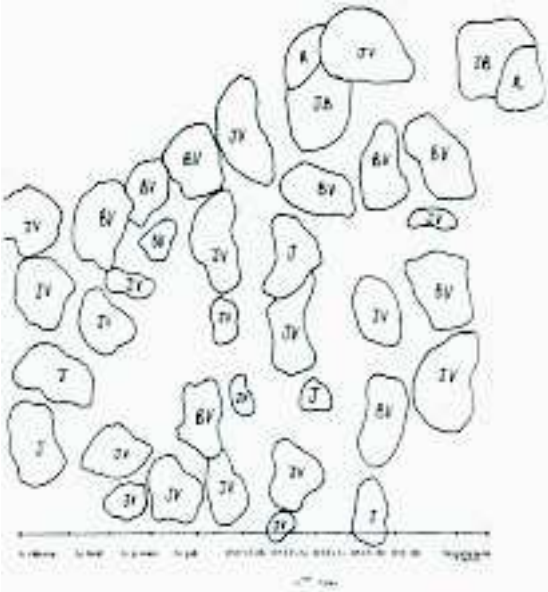


Fig. 52 b: CCM au 4 de stockage.

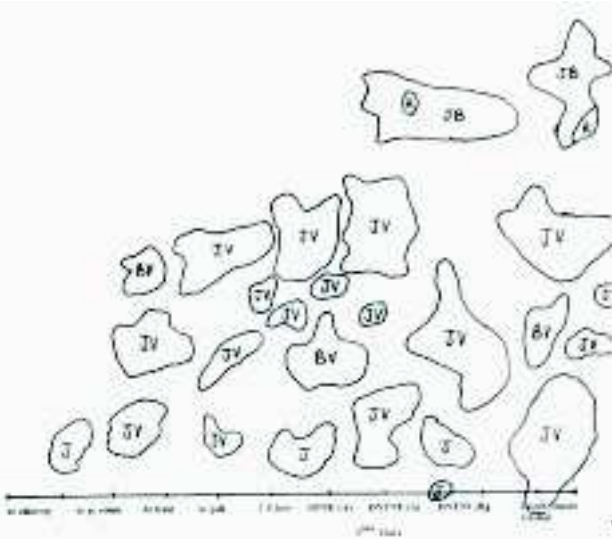


Fig.52 c: CCM au 2 mois de stockage.

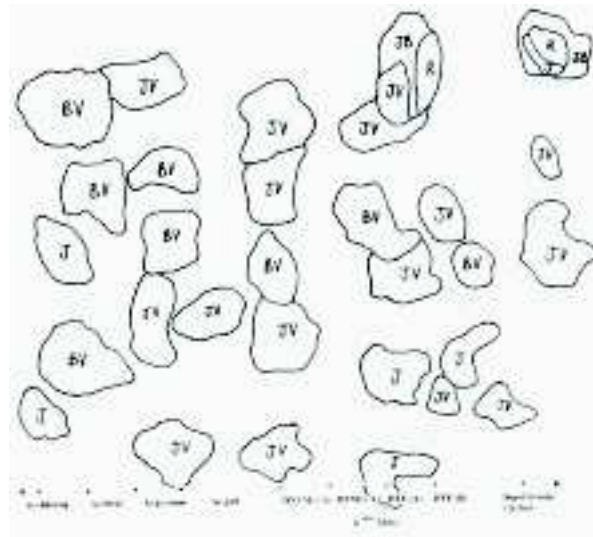


Fig. 52 d: CCM au 5 mois de stockage.

	Température ambiante			Température basse (10°C)	
	Mois	Acide gallique (µg/100g MF)	Acide p-coumarique (mg/100g MF)	Acide gallique (µg/100g MF)	Acide p-coumarique (mg/100g MF)
NTNE	0	1,71	/	1,71	/
	1	142,68	312,26	41,42	71,10
	3	122,59	260,41	/	/
	5	/	/	45,93	87,33
TNE	0	1,69	/	1,69	/
	1	67,03	295,08	71,77	363,08
	3	54,09	/	149,47	368,38
	5	/	/	54,39	373,25
NTE	0	1,71	/	1,71	/
	1	145,28	156,86	95,64	397,30
	3	85,95	/	54,12	317,91
	5	115,80	167,50	43,16	408,78
TE	0	1,69	/	1,69	/
	1	73,22	242,00	78,87	36,56
	3	86,89	/	76,35	330,06
	5	97,60	348,03	148,89	222,25

Tableau 25.1: Teneurs en acides phénoliques des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.

	Température ambiante			Température basse (10°C)	
	Mois	Acide chlorogénique (mg/100g MF)	Acide férulique (mg/100g MF)	Acide chlorogénique (mg/100g MF)	Acide férulique (mg/100g MF)
NTNE	0	/	/	/	/
	1	/	/	/	/
	3	31,95	/	/	393,00
	5	/	/	6,68	/
TNE	0	/	/	/	/
	1	/	205,77	/	/
	3	13,02	352,80	/	/
	5	/	/	/	/
NTE	0	/	/	/	/
	1	/	160,79	/	/
	3	17,88	373,06	37,88	/
	5	/	158,60	/	/
TE	0	/	/	/	/
	1	/	146,75	/	19,21
	3	/	321,46	/	/
	5	16,71	/	19,51	/

Tableau 25.2: Teneurs en acides phénoliques des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.

#### 3.4.1.3.4.4 - Tannins

L'évolution des tannins (fig. 53 a et b) montre d'une manière générale une augmentation importante et significative des tannins aux premiers mois de stockage aussi bien à température ambiante qu'à 10°C. Ainsi, dès le 1<sup>er</sup> mois, cette teneur atteint à température ambiante 85,74% contre 62,5% pour la datte à la réception et 87,41 à 10°C. Puis une tendance significative (p<0,05) à la baisse est amorcée et qui se prolonge jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de stockage, de manière plus prononcée à température ambiante qu'10°C

La thermisation a provoqué une diminution significative (p<0,05) de la teneur en tannins (de 62,50 à 42,92%). Cette teneur augmente significativement dès le 1<sup>er</sup> mois de stockage à TA (86,02%) puis diminue légèrement par la suite du stockage, alors qu'à 10°C, une diminution significative est observée dès le 1<sup>er</sup> mois de stockage.

Les lots emballés non thermisés montrent des teneurs en tannins les moins élevées par rapport aux autres non emballés lot sauf au 4<sup>ème</sup> mois à température ambiante où une teneur de 78,30% est enregistrée. L'ensemble de ces variations étaient significatives.

Les lots thermisés emballés montraient une similitude remarquable avec les lots thermisés non emballés et des teneurs en tannins très proches étaient enregistrées. Ces teneurs diminuent au cours du stockage, sauf au 1<sup>er</sup> mois qui marque une augmentation significative aussi bien à température ambiante qu'à 10°C.

### 3.4.1.3.5 Astringence

L'astringence des dattes DN était de 0,720 (exprimée en termes d'absorbance). Elle connaît une augmentation significative au cours du stockage aussi bien à température ambiante qu'à 10°C pour atteindre au 5<sup>ème</sup> mois de stockage 0,852 à ces deux ambiances de stockage (fig. 54 a et b). L'astringence moyenne est plus importante dans lots entreposés à température ambiante (0,831) que celle des lots maintenus à 10°C (0,741).

Après thermisation, l'astringence diminue de façon significative ( $p < 0,005$ ) jusqu'à une absorbance de 0,552. Les lots de dattes thermisées augmentent d'astringence notamment ceux entreposés à température ambiante où elle atteint 0,854 au 5<sup>ème</sup> mois par rapport à leurs homologues entreposés à 10°C 0,742 au 5<sup>ème</sup> mois).

L'astringence montre une valeur moyenne par lot de 0,807 pour les lots thermisés, supérieure à celle des lots témoins non thermisés non emballés (0,786).

Les lots emballés se distinguent par les astringences les plus élevées notamment au 1<sup>er</sup> mois de stockage et conservent des valeurs moyennes (0,844) supérieures à celles de tous les lots témoins non thermisés non emballés (0,786), thermisés non emballés (0,807) ou thermisés-emballés (0,802). L'emballage augmente ainsi significativement ( $p < 0,05$ ) l'astringence des dattes.

Les lots thermisés non emballés présentent les astringences moyennes les plus faibles aussi bien à température ambiante (0,807) qu'à 10°C (0,696) suivis des lots thermisés-emballés (0,813 et 0,792 respectivement).

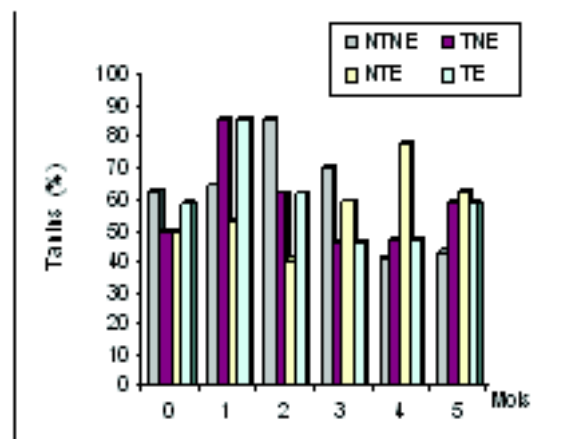


Fig. 53 a: Evolution de la teneur en tanins des dattes stockées à TA.



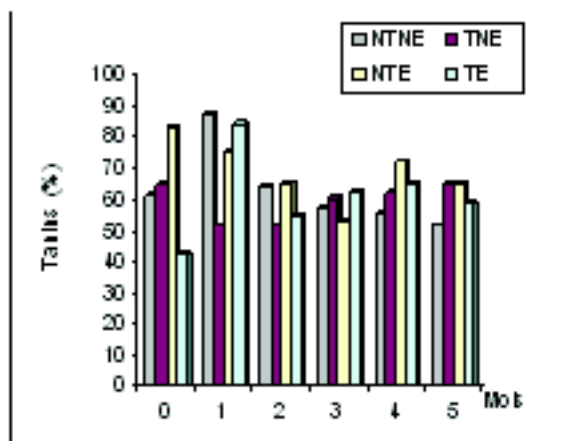


Fig. 53 b: Evolution de la teneur en tanins des dattes stockées à 10°C.

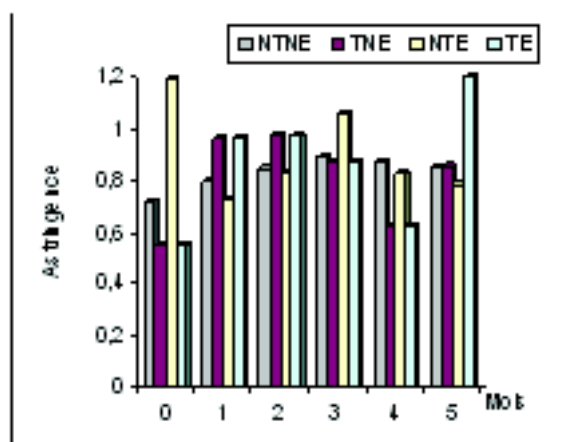


Fig. 54 a : Evolution de l'astringence des dattes stockées à TA.

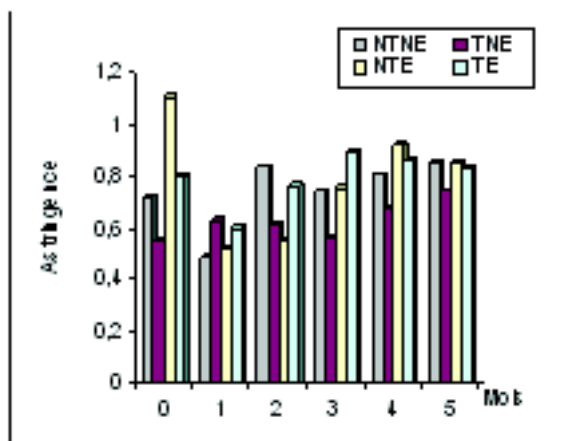


Fig. 54 b: Evolution de l'astringence des dattes stockées à 10°C.

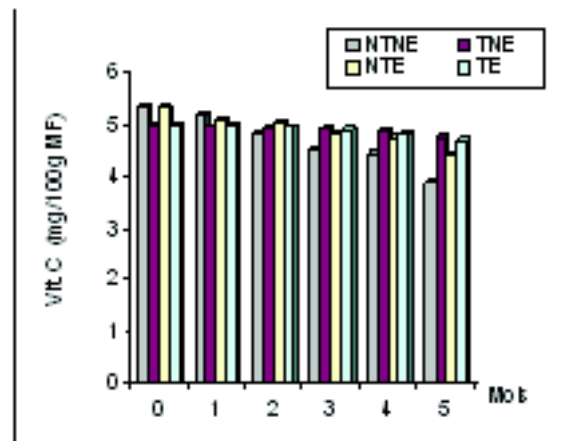


Fig. 55 a: Evolution de la teneur en vit. C des dattes stockées à TA.

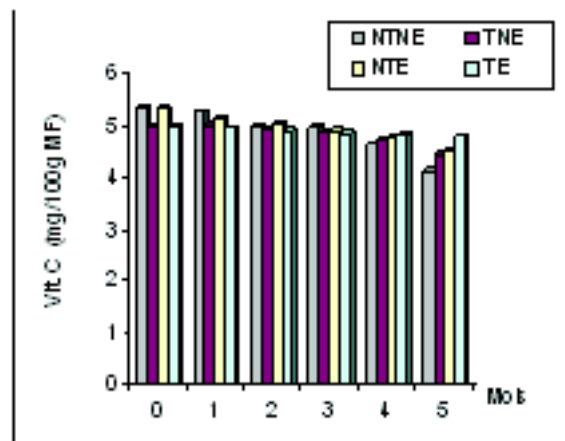


Fig. 55 b: Evolution de la teneur en vit. C des dattes stockées à 10°C.

### 3.4.1.3.6 Vitamine C

Les valeurs enregistrées pour la vitamine C de la datte fraîche non thermisée montrent une diminution progressive et significative ( $p < 0,05$ ) au cours du stockage. La plus faible teneur est obtenue au 5<sup>ème</sup> mois (3,89 mg/100 g MF) aussi bien à température ambiante qu'à 10°C (Fig. 55 a et b).

La thermisation a induit une diminution significative de la teneur en vitamine C (5,01 contre 5,35 mg/100 g MF pour la datte témoin non thermisée). Dans ces lots thermisés, la tendance à la baisse se poursuit mais à des niveaux moyens supérieurs à ceux des lots témoins non thermisés.

Dans les lots emballés, les teneurs en vitamine C enregistrés montrent une stabilité remarquable ( $p < 0,05$ ), et les teneurs diminuent faiblement par rapport aux autres lots thermisés ou non, réfrigérés ou non. Les lots thermisés-emballés montrent des teneurs en vitamine C inférieures à celles de leurs homologues entreposés à 10°C. Ces derniers -bien que la teneur en vitamine C diminue graduellement avec le stockage- montrent toutefois une relative meilleure stabilité aux différents mois de stockage. En effet, Seung et Kader (2000) rapportent que la teneur en vit. C des fruits et végétaux est réduite dans des atmosphères pauvres en O<sub>2</sub>. Ces mêmes auteurs ; signalent que le traitement thermique diminue la

teneur en vit.C, mais limite plus tard les pertes de cette vitamine en cours de la conservation au froid.

L'acide ascorbique de la datte, étant une réductone, il semble bien être impliqué dans la dégradation de Strecker. La dégradation de Strecker n'est pas directement impliquée dans la production de pigments colorés, mais elle fournit les substances réductrices nécessaires à leur formation ( **Miche, 1974**).

Il a été prouvé aussi que la réaction de Maillard entraînait la destruction de l'acide ascorbique et une diminution de la valeur nutritive des aliments, du fait de la transformation des sucres et des acides aminés essentiels. En plus, des études récentes ont montré que les Produits de la Réaction de Maillard (PRM) possèdent des propriétés mutagènes et cancérigènes.

L'abaissement de la teneur en O<sub>2</sub> limite l'oxydation de l'acide ascorbique, alors que l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> au-delà d'un seuil propre à chaque échantillon, provoque sa destruction rapide ainsi que celle de l'acide dehydroascorbique. L'oxydation et la dégradation subséquente de l'acide ascorbique s'écartent de l'optimum physiologique sauf en cas d'anoxie stricte. Ainsi que la teneur en β-carotène reste constante au cours de la conservation des fruits pendant une semaine à 4°C ( **Besson, 1993**).

#### 3.4.1.3.7 Brunissement non enzymatique (BNE)

L'évolution du brunissement non enzymatique des dattes DN montre dans les dattes témoins non thermisées une variation générale non significative ( $p > 0,05$ ). Ainsi, à température ambiante (fig. 56a), les lots de dattes montrent une augmentation globale qui atteint son maximum au 1<sup>er</sup> mois (98,80%) mais qui diminue par la suite jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois mais ces variations étaient non significatives ( $p = 3525$ ). A 10°C (fig. 56b), ces lots présentaient une fluctuation non significative ( $p = 0,0706$  au 5<sup>ème</sup> mois) mais avec des moyennes légèrement inférieures à celles des lots entreposés en ambiance.

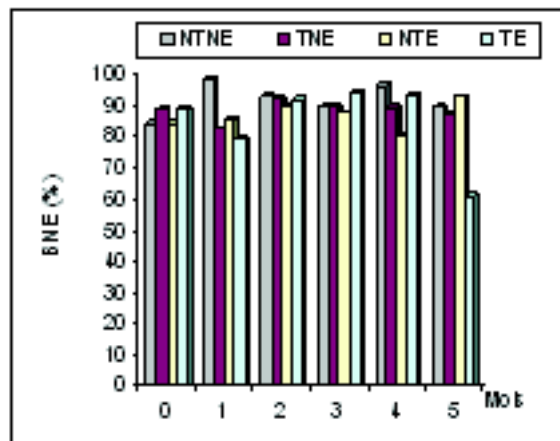


Fig. 56 a: Evolution du BNE des dattes stockées à TA.

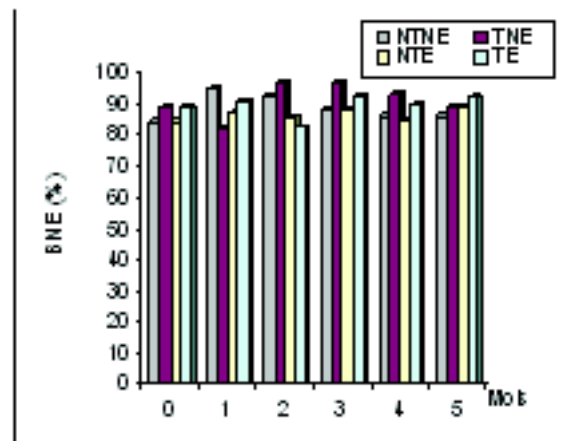


Fig. 56 b: Evolution du BNE des dattes stockées à 10°C.

La thermisation n'a pas augmenté l'intensité du BNE de manière significative (89,21 contre 84,33%). Au cours du stockage, les lots thermisés présentaient une augmentation significative du BNE jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois, au-delà duquel, une diminution significative est observée. Cette même tendance à la diminution était observée dans les lots thermisés et entreposés à 10°C mais de façon non significative ( $p=0,3525$  au 5<sup>ème</sup> mois).

Il est à noter toutefois, qu'en comparant l'intensité moyenne du brunissement non enzymatique, il apparaît que les lots non thermisés présentaient une intensité légèrement supérieure (89,66%) à celle des lots thermisés (88,38%). Ceci serait dû aux effets de la thermisation sur les sucres réducteurs. En effet, une faible teneur en sucres réducteurs de la datte (fructose et glucose, principaux substrats du BNE), implique moins de réactions de brunissement non enzymatique et donc une coloration des dattes moins intense dans les lots thermisés. De plus des études ont montré aussi que la thermisation inhibe l'activité de l'invertase et par conséquent l'inversion du saccharose en glucose et fructose sera bloquée (**Marouf et Zeki, 1972**).

Dans les lots emballés, le BNE a augmenté de manière significative du 1<sup>er</sup> au 3<sup>ème</sup> mois, puis une diminution non significative allant jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois ( $p=0,6622$ ). Dans les lots non emballés, une variation significative du BNE qui tend beaucoup plus vers une augmentation du 1<sup>er</sup> au 5<sup>ème</sup> mois ( $p=0,001$ ). Ces mêmes observations sont effectuées à température ambiante et à 10°C. Au cours du stockage, les lots emballés ou non, stockés à température ambiante ont montré une diminution significative du 1<sup>er</sup> mois ( $p=0,0014$ ) au 5<sup>ème</sup> mois, contrairement aux lots emballés et entreposés à 10°C, qui augmentaient d'intensité. La maturation échelonnée de la datte et l'homogénéité imparfaite des lots (coloration), peuvent se répercuter sur l'évolution du brunissement non enzymatique.

**Sayed Ali et al. (2004)** et **Soto-Zamora et al. (2005)** ont rapporté qu'un traitement à 34°C/24h des tomates et un stockage au froid de 10°C, a permis un développement adéquat de la couleur. Ce même constat est fait par **Shen et al. (2006)**

L'association thermisation-emballage a montré un effet non significatif sur l'évolution du BNE pour l'ensemble des lots et tout au long du stockage. Le BNE était augmenté jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois -non significativement- dans les lots thermisés-emballés, stockés aussi bien à TA qu'à 10°C. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Nguyen et al. (2004)**, qui travaillant

dans des conditions similaires aux nôtres (10°C et en atmosphères modifiées) ont rapporté un ralentissement du phénomène de brunissement du fruit.

La comparaison des valeurs moyennes des lots a confirmé le fait que les dattes non emballées (90,78%) présentaient une intensité moyenne du brunissement non enzymatique supérieure et donc une coloration plus intense que celle des dattes emballées (87,26%). L'emballage semble avoir un effet sur le ralentissement de la vitesse du brunissement non enzymatique. En effet, lorsque les tissus végétaux sont placés dans des atmosphères pauvres en oxygène, leur catabolisme peut devenir de type fermentaire, ne produisant que peu d'énergie (**Albagnac et al ., 2002**). Cette faible énergie limite peut être les différents processus d'altérations biochimiques dont le brunissement non enzymatique.

Des atmosphères modifiées pauvres en O<sub>2</sub> ont permis d'améliorer l'efficacité du traitement thermique dans la réduction des altérations causées par le froid, et protégeraient contre les effets négatifs du traitement thermiques (**Saltveit, 2000 ; Soto-Zamora, et al., 2005**).

Par ailleurs, d'après **Labuza et Baisier (1992)** citant les travaux de **Ashoor et Zent (1984)**, la formation des composés colorés se situerait à un pH optimal compris entre 9 et 10. Le pH influence l'initiation de la réaction de Maillard. La vitesse de la première étape de la réaction de Maillard est d'autant plus élevée que le pH est plus proche du pKa (sous forme protonée).

D'après **Maier et al . (1964)** pour les dattes, le BNE peut être en partie souhaité pour homogénéiser des lots de dattes communes (pour lesquels la couleur n'est pas un critère de qualité) et facilement atteint par séchage contrôlé.

La comparaison des intensités moyennes des lots permet de dire que les lots thermisés-emballés présentaient une intensité du brunissement non enzymatique de 86,82%, valeur plus faible que celles enregistrées dans les lots non thermisés-emballés (88,73%), thermisés-non emballés (89,94%) ou non thermisés-non emballés (90,59%).

L'emballage combiné à la thermisation tout au long de l'entreposage a donné de bons résultats, permettant de préserver une intensité (86,82%) proche de celle de la datte fraîche (84,33%).

L'emballage en polyéthylène basse densité (PEbd) semble avoir un effet positif sur le ralentissement de la vitesse du brunissement non enzymatique grâce à son imperméabilité à la vapeur d'eau qui est l'un des facteurs influençant l'intensité du brunissement non enzymatique (**Cheftel et al ., 1979**). De leur part, **Choehom et al., (2004)** confirment le fait que les emballages pour atmosphères modifiées inhibent le développement des tâches noires chez la banane.

Concernant les valeurs moyennes de l'intensité du brunissement non enzymatique, la plus faible a été enregistrée dans les lots thermisés-stockés à température ambiante avec une valeur de 86,10%. Des valeurs plus importantes ont été enregistrées dans les lots non thermisés-stockés à 10°C, thermisés-stockés à 10°C, non thermisés- stockés à température ambiante dont les valeurs sont respectivement les suivantes 88,53% ; 90,66% ; 90,79%.

L'analyse des intensités moyennes du brunissement non enzymatique montre que les lots emballés-stockés à température ambiante présentaient l'intensité du brunissement non enzymatique la plus faible (85,97%) en comparaison au reste des lots.

La combinaison thermisation-emballage-température du stockage a permis de noter :

Une diminution non significative de l'intensité du brunissement non enzymatique dans les lots non thermisés-non emballés stockés aussi bien à température ambiante (de 98,80% à 89,67%) qu'à température basse (de 94,87% à 86,17%), cela est vraisemblablement dû à la diminution de la teneur en sucres réducteurs au cours du stockage.

Une augmentation non significative jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois dans les lots thermisés-emballés-stockés à température ambiante (de 79,30% à 94,40%) et thermisés-non emballés-stockés à température basse (82% à 96,93%). Au delà, une diminution significative a été enregistrée dans ces 2 lots.

Une diminution significative de l'intensité du brunissement non enzymatique à partir du 2<sup>ème</sup> mois dans les lots thermisés-non emballés-stockés à température ambiante (de 92,40% à 87,03% au 5<sup>ème</sup> mois).

En outre, les lots thermisés-emballés-stockés à température ambiante nous donnent de meilleurs résultats illustrés par la moyenne la plus faible de 83,99% traduisant l'intensité du brunissement non enzymatique la plus faible, contre des intensités plus importantes pour les autres lots.

La thermisation associée à l'emballage se révèle être la meilleure combinaison permettant le ralentissement des réactions du brunissement non enzymatique.

La vitesse de la réaction de Maillard est sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs physiques ou chimiques tels que nature des sucres réducteurs et acides aminés ( **Chavéron, 1999** ). Les pentoses sont les sucres réducteurs les plus réactifs ; les hexoses (glucose et fructose) sont un peu moins réactifs et les aldoses sont plus réactifs que les cétooses ( **Cheftel et al., 1979** ), l'activité de l'eau ( **Miche, 1974** ), la température ( **Chavéron, 1999** ), le pH ( **Cheftel et al., 1979** ; **Chavéron, 1999** ). D'autres facteurs peuvent également intervenir dans le déroulement et la vitesse de la réaction : les métaux, certains cations inhibent la réaction comme  $Mn^{2+}$  ou  $Sn^{2+}$ , d'autres au contraire la catalysent :  $Cu^{2+}$  et  $Fe^{3+}$  ( **Alais et Linden, 1997** ).

### **3.4.1.3.8 Activités enzymatiques**

#### **3.4.1.3.8.1 - Activités de la polyphénoloxydase (PPO)**

Les résultats obtenus (fig. 57a) montrent que l'activité polyphénoloxydasique de la datte Deglet Nour non thermisée augmente d'une manière significative jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois de stockage à température ambiante ( $p < 0,05$ ), puis elle diminue sensiblement et atteint le niveau le plus faible (0,006 UI) au 5<sup>ème</sup> et dernier mois de stockage. Cette baisse d'activité est également significative ( $p < 0,001$ ).

L'action de la thermisation des lots de dattes montre une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de l'activité polyphénoloxydasique, qui persiste dans tous les lots thermisés jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois puis une baisse progressive, toutefois significative est enregistrée. Les lots thermisés présentent des activités polyphénoloxydasiques plus élevées que celles des lots témoins non thermisés, et ce durant toute la durée de stockage. **Revero et al. (2001)** ont rapporté qu'un stress thermique de 35°C, provoquerait une activité de la PPO et de la POD plus faibles.

L'emballage en polyéthylène des dattes a montré au cours du stockage à température ambiante des activités polyphénoloxydasiques moyennes supérieures à celles des lots témoins non thermisés et non emballés mais inférieures à celles des lots thermisés non emballés, avec une relative stabilité des ces activités jusqu'au 4<sup>ème</sup> mois de stockage.

L'association de la thermisation et de l'emballage a présenté des lots dont les activités polyphénoloxydasiques étaient faibles, et proches de celles des lots emballés non thermisé, mais significativement plus stables tout au long du stockage à température ambiante.

Le stockage à 10°C (fig. 57b), a permis de réduire significativement ( $p < 0,05$ ) les activités de la PPO dans tous les lots thermisés, emballés ou non, par rapport à leurs homologues entreposés à TA. Comme la température basse de 10°C a atténué considérablement les fluctuations dans un même lot aux différents mois de stockage. Les dattes non thermisées-emballées- réfrigérées ont montré les activités les plus faibles, suivies des lots thermisés-emballés-réfrigérés. L'effet de la température et de la durée de stockage des dattes sont hautement significatifs sur l'évolution de l'activité de la PPO ( $p < 0,001$ ). Ceci est en accord avec **Zhou et al. (2003)**, qui ont rapporté une baisse significative de l'activité de la PPO sous l'action du froid.

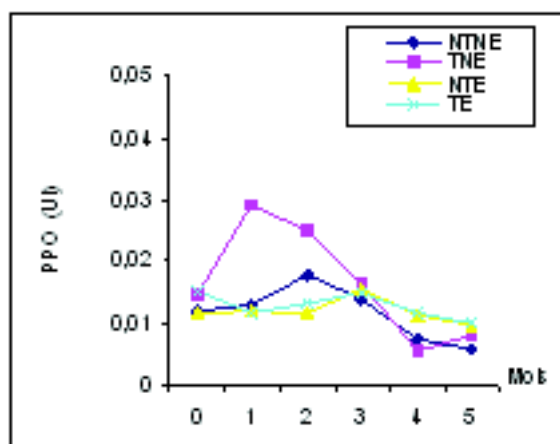


Fig. 57 a: Evolution de l'activité de la PPO des dattes stockées à TA.

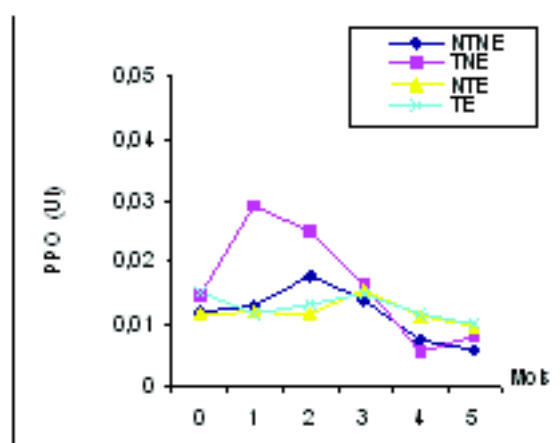


Fig. 57 b: Evolution de l'activité de la PPO des dattes stockées à 10°C.

**Besson (1993)**, rapporte que la fermeté des produits après 7 jours de conservation à 10°C, est pratiquement proportionnelle à la teneur en CO<sub>2</sub>, entre 5 et 20 %. Le CO<sub>2</sub> exerce un effet antibrunissement vraisemblablement du à un effet inhibiteur de ce gaz sur la polyphénoloxydase.

### 3.4.1.3.8.2 - Activités de la peroxydase (POD)

D'une manière générale, la datte DN présente une activité peroxydasique qui augmente progressivement jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois (19,66 UI). Cette augmentation est significative ( $p < 0,05$ ). Elle est suivie par une diminution remarquable et tout aussi significative jusqu'au 5<sup>ème</sup> et dernier mois de stockage à température ambiante (fig. 58a).

La thermisation a provoqué une augmentation significative de l'activité de la POD, qui persiste jusqu'au 1<sup>er</sup> mois (20,66 UI), suivie d'une baisse significative ( $p < 0,05$ ) jusqu' à la fin du stockage.

L'activité peroxydasique des lots emballés montre la même tendance à l'augmentation puis à la baisse à partir du 1<sup>er</sup> mois, seulement avec des activités plus faibles que celles des lots thermisés (16,34 contre 20,66 UI au 1<sup>er</sup> mois).

Les lots thermisés-emballés présentent une évolution de activité POD dont l'allure se rapproche de celle non thermisés-non emballés, toutefois avec des activités moyennes significativement plus faibles.

Le stockage à température basse (10°C) (fig. 58b) n'a pas ralenti l'activité de la POD et les activités moyennes enregistrées sont proches des activités moyennes à température ambiante. En effet, le froid n'affecte pas l'activité de la POD de façon significative (**Zhou et al., 2004**). Les différences observées dans ces lots de dattes par rapport à leurs homologues entreposés à TA montrent que les lots non thermisés-emballés enregistrent une baisse significative ( $p < 0,05$ ) du 1<sup>er</sup> mois (10,24 UI), suivie d'une augmentation au 3<sup>ème</sup> mois pour amorcer une chute qui se poursuivra jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de stockage. Cette diminution est significative ( $p < 0,001$ ). **Zauberman et al. (1985)**, ont rapporté que la POD n'avait pas de rôle dans le développement d'altérations par le froid et donc l'apparition de tâches noires dans le fruit.

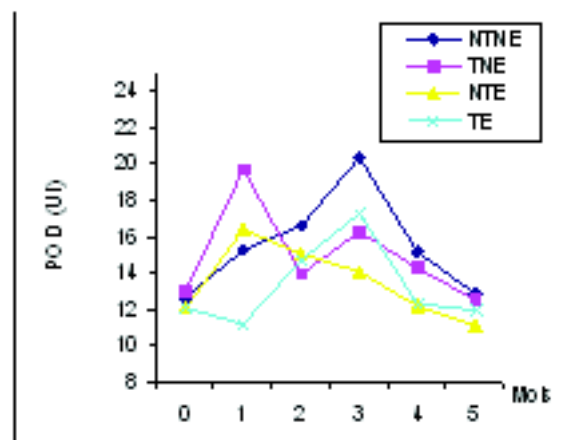


Fig. 58 a: Evolution de l'activité de la POD des dattes stockées à TA.



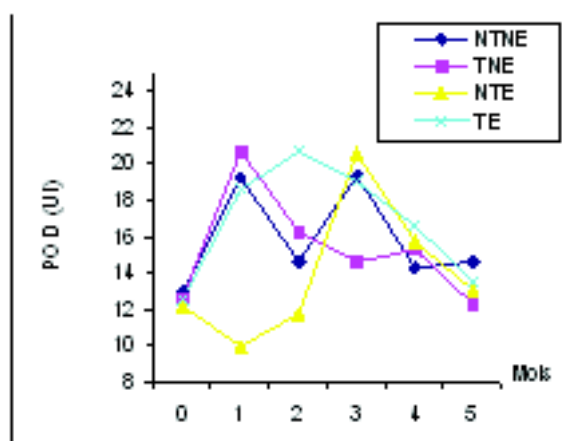


Fig. 58 b: Evolution de l'activité de la POD des dattes stockées à 10°C.

Les lots thermisé-emballés montrent une activité POD qui augmente au 2<sup>ème</sup> mois pour diminuer significativement jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois. Le stockage a permis d'atténuer les fluctuations dans ces lots. De toute façon, la durée de stockage exerce un effet significatif sur l'activité de la POD.

**Mutlak and Mann (1984)** ont rapporté que le traitement thermique des dattes aux micro-ondes était efficace dans l'inactivation de la PPO et de la POD pendant de courtes durées, en comparaison aux longues durées de blanchiment dans l'eau bouillante.

#### 3.4.1.3.8.3- Activités de la pectinestérase (PE)

Le dosage de l'activité de la pectinestérase montre une évolution qu'on retrouve dans tous les lots aussi bien à température ambiante qu'à 10°C. Celle-ci se caractérise par une augmentation progressive et significative ( $p < 0,05$ ) jusqu'au 4<sup>ème</sup> mois de stockage à température ambiante (fig. 59a). Les activités PE les plus élevées sont notées dans les lots thermisés-emballés et thermisés-non emballés (0,98 et 0,90 respectivement) supérieures à celles des lots témoins non thermisés-non emballés. (0,82 UI). Alors que les lots non thermisés-emballés ont présenté les activités PE les plus faibles avec un pic au 3<sup>ème</sup> mois de 0,58).

Le stockage à 10°C (fig. 59b) n'a pas modifié le comportement des lots de dattes ; et les lots non thermisés-emballés ont également présenté les activités les plus faibles, avec une activité maximale de 0,58 UI au 3<sup>ème</sup> mois de stockage, inférieures aux activités observées dans les lots thermisés-non emballés ou thermisés-emballés (0,88 et 0,82 au 4<sup>ème</sup> mois respectivement).

#### 3.4.1.3.8.4- Activités de la polygalacturonase (PG)

L'activité de la PG montre une allure décroissante remarquable qui se poursuit jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de stockage aussi bien à température ambiante qu'à 10°C.

La durée de stockage exerce un effet hautement significatif sur la diminution de l'activité de PG ( $p < 0,001$ ).

Ainsi à température ambiante les lots témoins non thermisés voient leurs activités PG diminuer de 45,38 à 7,96% au 5<sup>ème</sup> mois de stockage (fig. 60a).

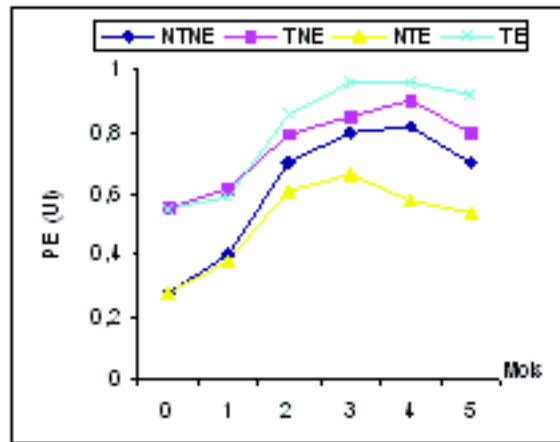


Fig. 59 a: Evolution de l'activité de la PE des dattes stockées à TA.

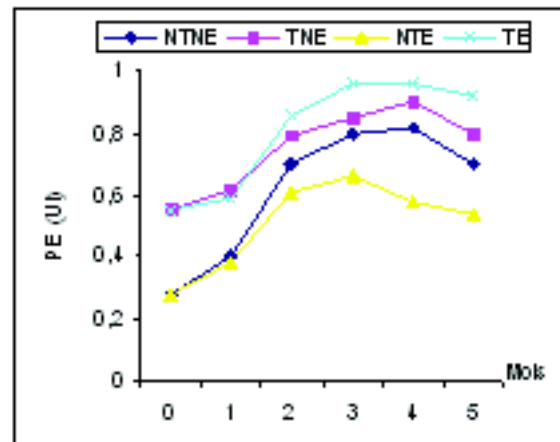


Fig. 59 b: Evolution de l'activité de la PE des dattes stockées à 10°C.

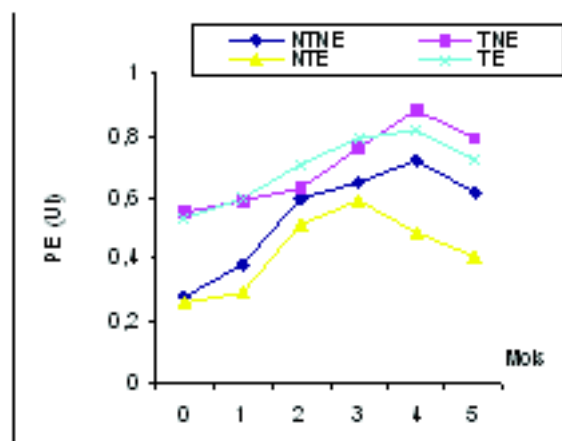


Fig. 60 a: Evolution de l'activité de la PG des dattes stockées à TA.

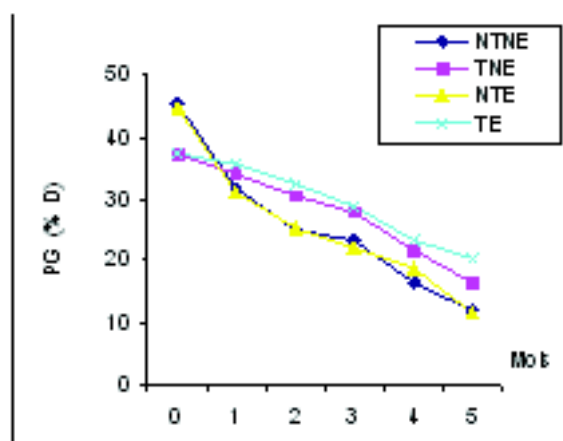


Fig. 60 b: Evolution de l'activité de la PG des dattes stockées à 10°C.

La thermisation exerce un effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur la réduction de l'activité PG ; toutefois, au cours du stockage, les lots non thermisés-emballés et thermisés-non emballés ont des comportements très analogues. Les lots thermisés-emballés présentent des activités PG supérieures à celles de tous les autres lots, qui bien que diminuant au cours du stockage, restent à des niveaux moyens les plus proches de ceux de la datte Deglet Nour fraîche et ce aux différents mois de stockage.

Le stockage à 10°C (fig. 60b), n'a pas changé l'allure d'évolution des lots entreposés ; toutefois, les activités moyennes enregistrées étaient supérieures pour tous les lots en comparaison à leurs homologues respectifs entreposés à température ambiante. Cet effet est significatif ( $p < 0,05$ ). Ainsi, au 5<sup>ème</sup> mois, les activités PG étaient de 12,08 contre 7,96% pour les dattes non thermisées; de 11,15 contre 11,74 pour les lots non thermisés-emballés et enfin 15,33 contre 20,57% pour ceux thermisés-emballés. L'effet de la température de 10°C sur le maintien de ces activités est également significatif ( $p < 0,05$ ) à tous les mois de stockage.

**Hasegawa et al . (1969)** a rapporté que l'activité de la polygalacturonase serait en partie responsable des changements de la teneur en sucres. Dans les dattes au stade tamar, il paraît intéressant de vérifier l'activité de cette enzyme en fonction des températures appliquées durant le traitement et durant la phase de séchage afin de pouvoir évaluer les modifications de structures, et de composition engendrées par un traitement thermique.

#### 3.4.13.8.5- Activités de la phénylalanine ammonialyase (PAL)

L'évolution de l'activité de la PAL montre une tendance très claire à la baisse au cours des premiers mois de stockage surtout à température ambiante pour tous les lots notamment les thermisés non emballés et thermisés emballés par rapport aux dattes témoins non thermisées et non emballées qui montrent une variabilité au cours du temps pour atteindre un niveau de 2,92 U/100g au 5<sup>ème</sup> mois de stockage. Les lots non thermisés emballés laissent observer un comportement analogue et l'activité finale de la PAL est la plus élevée (3,15 U/100g) supérieure aux autres lots thermisés non emballés ou thermisés emballés (2,70 et 2,80 U/100g respectivement). Toutefois, l'activité PAL la plus élevée est observée au 4<sup>ème</sup> mois dans les lots thermisés non emballés (fig. 61a).

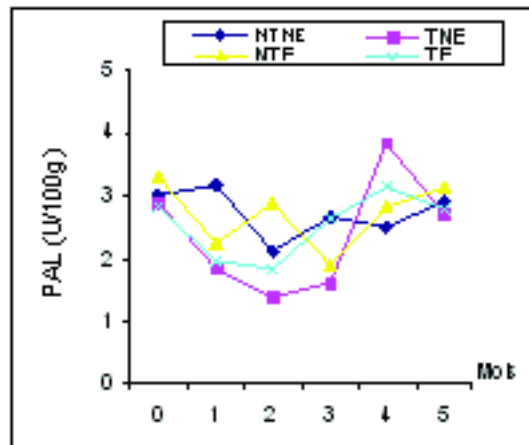


Fig. 61 a: Evolution de l'activité de la PAL des dattes stockées à TA.

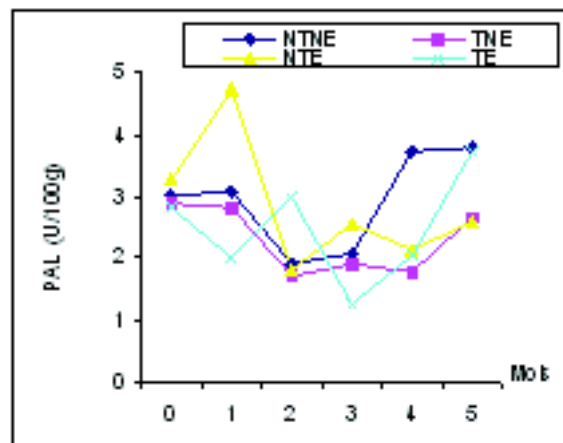


Fig. 61 b: Evolution de l'activité de la PAL des dattes stockées à 10°C.

**Caï et al . (2006)** ont également signalé cette tendance à la baisse de l'activité de la PAL. L'augmentation de la PAL aura pour conséquence l'accumulation des composés phénoliques et le brunissement des tissus (**Saltveit, 2005**).

Le froid appliqué de 10°C (fig. 61b) n'a pas atténué la variabilité des activités observées dans tous les lots entreposés à température ambiante, et les activités PAL les plus élevées étaient notées dans les lots non thermisés emballés au 1<sup>er</sup> mois avec un pic de 4,75 U/100g. Les activités les moins élevées étaient notées dans les lots thermisés non emballés et non thermisés emballés mais ces deux lots ne présentaient pas de différence significative ( $p > 0,05$ ). De même, les lots témoins non thermisés non emballés n'ont pas présenté de différence significative au 5<sup>ème</sup> mois de stockage.

La PAL manifeste une activité très diversifiée (**Hahlbrock et scheel, 1989**) en relation avec de nombreux paramètres tels que l'oxydation des phénols solubles. Son inactivation est associée avec la synthèse de plusieurs classes des différents composés flavonoïques (**El Modafar . et al ., 2001a**).

Dans des études différentes **Saltveit (2000 et 2005)**, a confirmé q'un choc thermique est de nature à induire préférentiellement la synthèse de protéines  $\square$  heat shock proteins ou hsp $\square$  à la place de la voie métabolique phénylprpanoïde et offre un nouveau moyen de

contrôler le brunissement des végétaux. **Zhou et al .(2003)** de leur côté, ont apporté une augmentation de l'activité de la PAL dans l'ananas aux basses températures de 6 et 13°C.

L'activité de la PAL peut être induite comme réponse au froid dans les fruits sensibles aux altérations à basses températures, mais ceci était en relation avec le stade physiologique des fruits. Cette induction pourrait elle-même, limiter les altérations du fruit au froid (**Lafuente et al ., 2003**).

#### 3.4.1.4 Sur les caractéristiques organoleptiques

Les scores obtenus (tableau 26) ont montré qu'après 5 mois de stockage à température ambiante, les lots témoins non thermisés et non emballés, dévalués par rapport aux critères de consistance (3,60 contre 8,5 à pour la datte fraîche), de saveur (2,20 contre 7,0) et d'aspect général (3,00 contre 8,00).

La durée de stockage exerce un effet significatif sur la diminution des critères sensoriels de la datte.

La thermisation des dattes n'a pas visiblement modifié cette appréciation et les lots thermisés ont obtenu au 5<sup>ème</sup> mois, les scores 3,90 pour la consistance, de 3,80 pour la saveur et de 4,50 pour l'aspect général. Ces scores sont supérieurs à ceux obtenus par aux lots témoins non thermisés non emballés mais restent très inférieures à ceux obtenus par la datte Deglet Nour fraîche.

Les conséquences nutritionnelles des réactions du brunissement non enzymatique, peuvent être très importantes. Ainsi, la réaction de Maillard modifie à la fois les qualités organoleptiques (couleur, saveur) et nutritionnelles de la datte ( **Chavéron, 1999** ). Elle produit également une variété importante de substances acides qui abaissent le pH ( **Alais et Linden, 1997** ). Sur le plan nutritionnel, la réaction de Maillard « consomme » des acides aminés et de ce fait peut, notamment lorsqu'elle entraîne des pertes sensibles en lysine, par exemple, diminuer la valeur biologique des protéines ( **Chavéron, 1999** ).

L'emballage a montré un effet positif significatif ( $p < 0,001$ ) sur les scores des critères analysés (consistance, saveur et aspect général) et les scores sont 7,50 ; 4,30 et 4,80 respectivement.

Les meilleurs scores sont réalisés par les lots thermisés emballés qui après 5 mois de stockage à température ambiante conservent des notes 6,60 ; 4,80 et 5,40. Cet effet est significatif ( $p < 0,05$ ).

Ces résultats concordent avec ceux de **Hertog et al .(2004)** qui ont rapporté un effet positif des atmosphères modifiées sur la fermeté du kiwi en cours de stockage. Ainsi que ceux de **Sivakumar et Korsten(2006)** qui ont signalé le même effet positif sur les caractères sensoriels de goût, de saveur de texture et d'aspect général du litchi. **Besson (1993)** rapporte que la fermeté des produits après 7 jours de conservation à 10°C, est pratiquement proportionnelle à la teneur en CO<sub>2</sub>. Celui-ci exerce un effet antibrunissement vraisemblablement du à un effet inhibiteur de ce gaz sur la polyphénoloxydase.

De même, travaillant dans des conditions similaires aux nôtres sur le brocoli (emballage en PEbd et stockage à 10°C), **Jacobson et al .(2004)** ont confirmé nos résultats à savoir une meilleure appréciation des caractéristiques organoleptiques du produit. Ces mêmes observations ont été faites par **Murray et al .(2007)**.

**Woolf et Fergusson (2000)** ont rapporté que les traitements thermiques post-récolte peuvent avoir un effet protecteur sur le fruit contre les altérations ultérieures de stockage (altérations par le froid ou par la chaleur).

Le stockage à 10°C exerce un effet hautement significatif sur ( $p < 0,001$ ) sur la préservation des critères organoleptiques analysés, et les scores obtenus pour tous les lots entreposés à température basse sont supérieurs à leurs homologues entreposés à température ambiante et ce quel que soit la durée de conservation. La réfrigération permet une conservation de longue durée de la datte (plus d'un an), ceci est attribué à sa teneur en sucre assez élevée par rapport à sa teneur en eau (**Estanove, 1990**).

Nos résultats sont consolidés par ceux de **Yang et al. (2003)** qui ont rapporté que qu'un stockage à 7°C a permis de mieux préserver la qualité générale des melons stockés.

Les meilleurs scores sont réalisés par les lots thermisés-emballés-réfrigérés qui conservent des notes de 6,90 ; 6,50 et 6,70 pour respectivement les critères de consistance, saveur et d'aspect général. Ces notes sont les plus proches de celles des dattes fraîches (8,50 ; 7,00 et 8,00) et largement supérieures à celles des autres lots, suivis par les lots non thermisés-emballés. L'emballage et le stockage à 10°C exercent un effet hautement significatif sur la préservation des critères organoleptiques des dattes Deglet Nour.

Il est aujourd'hui clairement établi que le stockage des fruits à basses températures est de nature à provoquer une diminution de la qualité générale et commerciale de ces fruits (**Porter et al., 2003 ; Concellon et al., 2007**). Le recours aux atmosphères modifiées aurait par contre un effet protecteur préservant considérablement cette qualité (**Hertog et al., 2003**) et réduirait les désordres physiologiques induits par les différents stress auxquels les fruits sont exposés (**Porat et al., 2004**).

L o t s	Température ambiante			Température basse (10°C)			
	Mois	Consistance	Saveur	Aspect Général	Consistance	Saveur	Aspect Général
NTNE (Témoins)	0	8,50 ± 0,01 (a)	7,00 ± 0,46 (a)	8,00 ± 0,23 (a)	8,50 ± 0,01 (a)	7,00 ± 0,46 (a)	8,00 ± 0,23 (a)
	1	7,00 ± 0,44 (b)	5,10 ± 0,11 (b)	6,20 ± 0,29 (a)	6,80 ± 0,45 (a)	5,60 ± 0,31 (c)	6,20 ± 0,39 (b)
	3	5,20 ± 0,11 (b)	4,10 ± 0,26 (a)	5,20 ± 0,19 (a)	5,70 ± 0,27 (c)	4,90 ± 0,21 (b)	5,50 ± 0,29 (c)
	5	3,60 ± 0,30 (c)	2,20 ± 0,26 (c)	3,00 ± 0,20 (c)	4,60 ± 0,23 (c)	3,80 ± 0,26 (b)	4,30 ± 0,13 (c)
TNE	0	8,20 ± 0,09 (b)	6,90 ± 0,27 (a)	7,50 ± 0,38 (b)	8,20 ± 0,09 (b)	6,90 ± 0,27 (a)	7,50 ± 0,28 (b)
	1	6,90 ± 0,27 (c)	5,50 ± 0,20 (b)	6,50 ± 0,36 (a)	7,10 ± 0,20 (a)	5,00 ± 0,26 (c)	6,20 ± 0,26 (b)
	3	6,30 ± 0,26 (c)	4,60 ± 0,23 (a)	5,60 ± 0,36 (a)	6,30 ± 0,26 (b)	5,30 ± 0,30 (c)	5,40 ± 0,26 (c)
	5	3,90 ± 0,30 (c)	3,80 ± 0,36 (b)	4,50 ± 0,26 (b)	5,90 ± 0,30 (b)	4,20 ± 0,26 (b)	4,90 ± 0,26 (b)
NTE	0	8,50 ± 0,00 (a)	7,00 ± 0,46 (a)	8,00 ± 0,23 (a)	8,50 ± 0,10 (a)	7,00 ± 0,56 (a)	8,00 ± 0,23 (a)
	1	8,10 ± 0,44 (a)	5,40 ± 0,29 (b)	6,60 ± 0,30 (a)	7,90 ± 0,36 (a)	6,10 ± 0,36 (b)	7,30 ± 0,41 (a)
	3	7,90 ± 0,26 (a)	4,80 ± 0,46 (a)	5,90 ± 0,18 (a)	7,50 ± 0,38 (a)	5,40 ± 0,35 (b)	6,60 ± 0,30 (b)
	5	7,50 ± 0,38 (a)	4,30 ± 0,26 (a)	4,80 ± 0,26 (a)	6,40 ± 0,37 (b)	4,40 ± 0,30 (b)	6,00 ± 0,75 (a)
TE	0	8,20 ± 0,22 (b)	6,90 ± 0,27 (a)	7,50 ± 0,38 (b)	8,28 ± 0,06 (b)	6,90 ± 0,27 (a)	7,50 ± 0,28 (b)
	1	7,80 ± 0,14 (b)	6,00 ± 0,75 (a)	6,70 ± 0,46 (a)	7,90 ± 0,10 (a)	6,71 ± 0,11 (a)	7,30 ± 0,41 (a)
	3	7,30 ± 0,24 (b)	5,10 ± 0,43 (a)	6,20 ± 0,36 (a)	7,80 ± 0,14 (a)	6,60 ± 0,26 (a)	7,20 ± 0,28 (a)
	5	6,60 ± 0,26 (b)	4,80 ± 0,46 (a)	5,40 ± 0,29 (a)	6,90 ± 0,27 (a)	6,50 ± 0,30 (a)	6,70 ± 0,46 (a)

Tableau 26: Evolution des caractéristiques organoleptiques de la datte Deglet Nour au cours du stockage à température ambiante et à température basse (10°C).

Barème de notation :

La comparaison a été effectuée pour chaque période indépendamment de l'autre.

Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).

## CONCLUSION

La préservation de la qualité de la datte depuis sa récolte jusqu'à sa consommation pose de gros problèmes aux opérateurs nationaux. Une bonne conservation est tributaire à la fois de l'état du fruit à sa récolte et des conditions de son entreposage.

Au terme de ce travail, les résultats obtenus montrent que les différents traitements effectués (thermisation, emballage, stockage au froid) ont révélé des effets sensibles sur la conservation de la qualité de la datte.

L'analyse du rapport de qualité R a permis de concrétiser l'effet positif de l'emballage en polyéthylène basse densité sur les lots de dattes en ralentissant les phénomènes de dessiccation et de perte de poids. Les analyses effectuées ont montré que les lots de dattes emballées enregistrent les valeurs du rapport R les moins importantes, permettant de maintenir une bonne qualité des dattes et un bon critère commercial.

La teneur en eau des dattes, paramètre important dans la consistance demi-molle de la Deglet Nour, est mieux préservée par un traitement simple qu'est l'emballage en polyéthylène basse densité. De plus, à mesure que la durée de stockage se prolonge, les dattes deviennent fibreuses et leur apparence est altérée du fait de l'appauvrissement des tissus en eau ; seuls les lots emballés ont pu préserver leur teneur en eau.

L'évolution du pH montre que la thermisation et le stockage au froid ( $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ainsi que leur combinaison entraînent une certaine stabilité des valeurs du pH tout au long de la conservation. D'autre part, les faibles valeurs d'acidité sont enregistrées dans les lots de dattes thermisées, emballées ou emballées-stockées au froid ( $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Ainsi, la thermisation seule, l'emballage seul ou combiné au froid semblent avoir un effet positif sur la stabilité de l'acidité qui reste proche de la norme durant toute la période du stockage.

De même, cette même combinaison (thermisation-emballage) a assuré la stabilité de la teneur en matière sèche soluble (degré Brix) pendant les 05 mois de l'entreposage.

La datte est un fruit singulièrement riche en sucres, dont la teneur diminue au cours du stockage. Toutefois, dans les lots thermisés et entreposés au froid de  $10^{\circ}\text{C}$ , les teneurs en sucres totaux étaient maintenues à des niveaux sensiblement plus élevés et proches de ceux des dattes fraîches. L'emballage des dattes en films en PEbd a permis de ralentir considérablement cette diminution aussi bien à température ambiante que basse. La combinaison de la thermisation à l'emballage a également montré au cours du stockage une diminution en sucres moins brutale que leurs homologues respectifs, toutefois, ce sont les lots thermisés-emballés et entreposés à  $10^{\circ}\text{C}$  qui présentent la meilleure stabilité des teneurs en sucres totaux même jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois de stockage. Cette évolution rapportée à celle de sucres réducteurs, à travers le rapport (r) montre toutefois que c'est la combinaison thermisation-emballage et entreposage à température ambiante qui a présenté le rapport (r) le plus stable.

La datte Deglet Nour étant une datte à saccharose, l'évolution de ce dernier montre des teneurs meilleures dans les lots thermisés, emballés seuls ou combinés par rapport à leurs témoins respectifs. La combinaison thermisation-emballage par contre montre une bonne stabilisation des teneurs en glucose et en fructose tout au long du stockage particulièrement à température base ( $10^{\circ}\text{C}$ ).

Les composés phénoliques totaux (CPT), substrats des enzymes oxydatives présentes dans la datte Deglet Nour, n'ont pas montré de variation significative dans les lots thermisés-emballés par rapport aux autres lots et ce sont les lots thermisés-emballés



et entreposés à 10°C qui ont montré les teneurs moyennes les moins fluctuantes tout au long du stockage.

Il n'a pas été clairement possible d'identifier par HPLC les composants élués (thermisés, emballés et stockés) par comparaison à leurs spectres caractéristiques bien que la présence de quelques dérivés hydroxycinnamiques était nettement établie dans différents lots. Cette étude mériterait toutefois d'être vérifiée.

Par contre, l'analyse par CCM a permis de qualifier certains acides phénoliques présents, qu'on a tenté de quantifier par HPLC en présence d'étalons externes. Ainsi, étaient présents les acides férulique et *p*-coumarique représentatifs des acides phénoliques de la datte dans tous les lots même ceux ayant subi une thermisation. L'acide chlorogénique ou cafféoyl-3 quinique, représentatif des composés du groupe des flavanes a été trouvé dans les lots de dattes témoins et ceux non thermisées non emballées et stockées à température ambiante bien qu'en quantité faible. L'acide *p*-coumarique, très représentatif des dérivés cinnamiques est présent en quantité importante dans tous les lots thermisés ou non. L'acide férulique plus présent à température ambiante marque une variabilité très marquée notamment lors de la conservation à 10°C.

L'emballage en film en polyéthylène basse densité pour atmosphères modifiées semble exercer un effet positif sur les teneurs en acides phénoliques qui restent relativement stables. Enfin, la combinaison de la thermisation-emballage semble assurer une bonne stabilité des teneurs en acides phénoliques testés.

Les tanins montrent d'une manière générale une variabilité dans leur évolution dans le temps, aussi bien sous l'effet de la thermisation que de l'emballage et du stockage à température ambiante qu'à 10°C. L'emballage des dattes à lui seul, a permis d'obtenir les teneurs en tanins les moins élevées par rapport aux autres dattes non emballées. Les lots thermisés emballés montraient une similitude remarquable avec les lots thermisés non emballés et des teneurs en tanins très proches étaient enregistrées.

L'astringence entrant dans la saveur des dattes n'était diminuée que sous l'effet de la thermisation aussi bien à température ambiante qu'à 10°C, suivie de la combinaison thermisation-emballage. Par contre, l'emballage seul, semble augmenter significativement l'astringence des dattes.

La diminution de la vitamine C donc de la valeur nutritionnelle de la datte provoquée par la thermisation, est remarquablement stabilisée par l'emballage. La combinaison thermisation-emballage-stockage à 10°C a également montré des teneurs en vitamine C avec une relative meilleure stabilité aux différents mois de stockage.

L'analyse du brunissement non enzymatique a montré une variabilité de son intensité dans l'ensemble des lots constitués. Après avoir effectué les analyses biochimiques, la thermisation associée à l'emballage se révèle être la meilleure combinaison permettant le ralentissement des réactions du brunissement non enzymatique et donc la préservation de la couleur initiale de la datte. Le brunissement le plus faible est donné par la combinaison thermisation-emballage-stockage à température ambiante.

Les activités enzymatiques testées montrent que la combinaison thermisation-emballage a permis de stabiliser significativement les activités des enzymes oxydatives (PPO et POD) des dattes à des niveaux proches de ceux des dattes témoins, mais surtout d'atténuer considérablement l'augmentation d'activités observées sous les différentes traitements et conditions de stockage appliqués seuls et non combinés.

La pectinestérase (PE) marque une augmentation d'activité dans toutes les conditions testées de traitement ou de température de stockage, ceci peut être intéressant pour des dattes présentant une texture assez fibreuse et sèche. Seul l'emballage associé à la température de stockage de 10°C indépendamment de la thermisation, a permis réduire l'activité moyenne de la PE.

La polygalacturonase (PG) autre enzyme de texture, montre une tendance générale à la baisse dans les conditions testées de traitements et de températures. Les activités PG les plus élevées étaient notées dans les dattes ayant subi le traitement combiné de thermisation-emballage-stockage à 10°C. Ceci serait intéressant dans l'augmentation de la teneur en sucres des dattes et le ramollissement de texture.

La phénylalanine ammonialyase (PAL) a montré une tendance à la baisse dans tous les lots testés, tendance encore plus marquée à température ambiante. Toutefois, une variabilité assez manifeste dans l'évolution de l'activité de cette enzyme était notée.

Les traitements combinés thermisation, emballage et stockage au froid (10°C ± 2°C) présentent un mode de conservation permettant d'assurer une qualité marchande optimale des dattes en réduisant les phénomènes du brunissement non enzymatique, les fruits ainsi traités présentent une excellente aptitude à un stockage pour une durée de 05 mois. Au-delà, les dattes visiblement infestées, commencent à devenir périssable et dégagent des odeurs désagréables, le goût devient âcre et la texture fibreuse. Ceci a été remarqué pour l'ensemble des lots traités.

Il est à signaler que, pour chaque paramètre étudié il existe un traitement simple ou combiné optimal permettant d'assurer sa préservation au cours du stockage de la datte.

---

# CONCLUSION GENERALE

La maîtrise de la qualité des dattes est grandement conditionnée par l'**homogénéité** de leur degré de maturité. La période de récolte qui se situe au stade Tamar est un facteur important car la datte Deglet Nour est un fruit à maturité échelonnée. Pour réduire l'hétérogénéité des lots de fruits utilisés dans nos études, nous avons sélectionné des fruits les plus homogènes possible du point de vue couleur et aspect général externe. Au niveau industriel, une maturation artificielle, qui reste à étudier (apport de chaleur, humidification, etc.) serait judicieuse pour accroître l'homogénéité des fruits.

Les dattes Deglet Nour en provenance des zones de production de l'Algérie, sont dans leur totalité infestées par *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (pyrale de la datte) principal agent infestant, ce qui oblige les conditionneurs de dattes à désinsectiser le plus souvent par du bromure de méthyle dont la toxicité et les dangers pour l'environnement sont aujourd'hui clairement établies et on s'achemine lentement mais sûrement vers son bannissement total.

La thermisation, traitement thermique est proposée comme alternative à la fumigation. Elle est basée sur l'utilisation de la chaleur pour détruire le ver de la datte -*Myelois*- à ses différents stades biologiques, notamment œufs et larves.

Les différents barèmes thermiques appliqués ont tous montré une réduction importante de l'infestation des dattes, particulièrement **la thermisation à 55°C/20 min**, qui a été retenu par rapport à son influence plus positive sur le principaux critères de qualité de la datte et par rapport à une meilleure appréciation des caractéristiques organoleptiques et sensorielles par un panel de dégustation. **Le premier grand objectif de notre étude était de montrer la faisabilité et les avantages de cette alternative technologique.**

**L'influence de la thermisation à 55°C/20 min** sur la composition chimique de la datte Deglet Nour a montré des variations du rapport de qualité R, du pH et de l'acidité titrable mais qui sont néanmoins restées dans les normes retenues pour les dattes Deglet Nour. De même, la perte de poids n'était pas inquiétante.

La teneur en sucres de la datte n'a pas été affectée défavorablement par ce traitement tel que traduit par le rapport de qualité (**r**) sucres/teneur en eau et par le taux d'inversion du saccharose, restés tous les deux pratiquement constants.

La teneur en polyphénols dont la caractérisation a été avancée (principalement l'acide dactyliférique et ses deux isomères, l'acide paracoumarique, l'acide férulique et l'acide gallique ne voient vraisemblablement pas leurs teneurs modifiées par le traitement thermique appliqué. La réduction des teneurs en tanins et astringence engendrée par la thermisation est intéressante dans l'amélioration ou la préservation du goût des dattes.

La thermisation, en tant que traitement thermique est de nature à favoriser les réactions du brunissement non enzymatique notamment la réaction de Maillard, toutefois l'augmentation n'était pas significative, malgré l'augmentation de la teneur en sucres réducteurs. La diminution de la teneur en acide ascorbique, impliqué dans la dégradation de Strecker pourrait en constituer une première explication.

**Les activités des enzymes impliquées dans la couleur et la texture de la Deglet Nour**, ont montré des résultats divers. La thermisation a engendré une augmentation d'activité des enzymes oxydatives PPO et POD et de la PE contrairement à celles de la PG et de la PAL, toutefois, sans incidence apparente sur les critères organoleptiques tels que montré par le test de dégustation.

Ainsi, la thermisation offre une perspective intéressante pour les producteurs et les conditionneurs qui sont ainsi assurés de désinsectiser tout en maintenant les critères de qualité de la datte Deglet Nour.

Les dattes Deglet Nour d'Algérie sont des fruits à forte valeur ajoutée et font l'objet d'exportation vers de nombreux marchés où la Deglet Nour est grandement appréciée. **La technologie de conservation** de ces dattes impose des mesures d'accompagnement à même de préserver au maximum les principaux critères de qualité des dattes. La thermisation restant un traitement à rémanence nulle, nous avons préconisé le recours à un **emballage en films pour atmosphères modifiées en poly éthylène basse densité** qui en tant que films à faible perméance, s'accommodait le mieux avec l'activité physiologique de nos dattes.

La préservation de la qualité de la datte depuis sa récolte jusqu'à sa consommation pose de gros problèmes aux opérateurs nationaux. Une bonne conservation est tributaire à la fois de l'état du fruit à sa récolte et des conditions de son entreposage.

L'emballage des dattes dans des films pour atmosphères modifiées comme le polyéthylène basse densité (PEbd) a permis de freiner le développement biologique des insectes, de ralentir les phénomènes de dessiccation et de perte de poids, de maintenir une bonne teneur en eau et de limiter le phénomène de brunissement, permettant ainsi d'assurer une bonne qualité des dattes et un bon critère commercial (rapport de qualité R). Ce conditionnement apporte une protection mécanique et sanitaire au produit et améliore sa présentation et donc de conserver la datte plus longtemps.

L'association thermisation-froid ( $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) a permis une meilleure stabilité du pH tout au long de la conservation. D'autre part, la thermisation seule, l'emballage seul ou combiné au froid ont montré un effet positif sur la stabilité de l'acidité qui reste proche de la norme durant toute la période du stockage. Ce même effet est induit sur la matière sèche soluble (degré Brix) par la combinaison thermisation-emballage.

La richesse de la datte en sucres montre une grande variabilité en fonction du traitement et des conditions de conservation. Toutefois, c'est la combinaison thermisation-emballage et entreposage à température ambiante qui a présenté le rapport (r) le plus stable.

D'un autre côté, la datte Deglet Nour étant une datte à saccharose, les meilleures teneurs sont préservées par la thermisation, l'emballage seuls ou combinés. De même, la combinaison thermisation-emballage assure une bonne stabilisation des teneurs en glucose et en fructose tout au long du stockage particulièrement à température base ( $10^{\circ}\text{C}$ ).

Sur les composés phénoliques, la combinaison thermisation-emballage-froid à  $10^{\circ}\text{C}$  s'est également illustrée en diminuant la disponibilité de ces composés, substrats des enzymes oxydatives et en partie responsables du brunissement des dattes.

Les essais de rattachement des phénols de la datte traitée, emballée et conservée à des familles par comparaison à leurs spectres caractéristiques n'ont pas été à notre avis concluants. Cette étude mériterait d'être reprise pour confirmer le résultat des analyses chromatographiques (CCM et CLHP). Ceux-ci montrent aussi que c'est le traitement

combiné thermisation-emballage qui semble assurer une bonne stabilité des teneurs en acides phénoliques testés.

L'emballage des dattes en films PEbd s'illustre également sur les tanins, en montrant les niveaux les moins élevés, alors que c'est la thermisation (à température ambiante ou à 10°C) ou la combinaison thermisation-emballage qui abaissent l'astringence de la datte, permettant de préserver le goût et la saveur caractéristiques de la Deglet Nour,

Sur le plan nutritionnel, la combinaison thermisation-emballage-stockage à 10°C a également montré des teneurs en vitamine C avec une relative meilleure stabilité aux différents mois de stockage. Cette même combinaison apparaît comme le meilleur moyen pour ralentir le brunissement non enzymatique notamment à température ambiante.

La combinaison thermisation-emballage est également apparue comme un bon moyen de stabiliser et surtout d'atténuer les activités enzymatiques (PPO et POD) croissantes au cours du stockage. La diminution de l'activité de la pectinestérase (PE) n'est obtenue que par l'emballage associé à la température de stockage de 10°C ; alors que l'activité de la polygalacturonase (PG), autre enzyme de texture, n'est augmentée que sous l'effet de ce même traitement combiné de thermisation-emballage-stockage à 10°C.

La combinaison thermisation-emballage-stockage au froid (10°C ± 2°C) se présente comme un mode de conservation permettant d'assurer une qualité marchande optimale des dattes en conservant aux fruits leur consistance demi-molle, leur saveur, leur couleur et aspect général et l'ensemble de leurs critères de qualité initiaux. Les dattes ainsi traitées, présentent une excellente aptitude à un stockage pour une durée de 05 mois. Au-delà, les dattes visiblement infestées, commencent à devenir périssables et dégagent des odeurs désagréables, le goût devient âcre et la texture fibreuse. Ceci a été remarqué pour l'ensemble des lots traités.

**La portée pratique de ces résultats** est qu'il est permis de proposer aux industriels de la profession un nouveau mode de désinfestation, capable de détruire les œufs et les larves des pyrales de la datte Deglet Nour, en préservant les principaux critères de qualité. De plus, le phénomène de brunissement non enzymatique, ne connaît pas de variation significative, et de même l'activité oxydative de la PPO et de la POD n'est pas exaltée, ce qui préserve considérablement la couleur initiale du fruit frais, qui va de pair avec le prix de vente des fruits corrélé avec une technique de désinfestation respectueuse de l'environnement. La combinaison thermisation-emballage -stockge à 10°C s'est illustrée comme le meilleur traitement permettant de maintenir les critères de qualité de la datte très proches de ceux de la datte fraîche tout au long des 5 mois de stockage. Les dattes ainsi traitées présentaient une aptitude à un stockage de plus longue durée. Le froid de 10°C proposé offrirait un prix compétitif par rapport aux froid de 2-3°C, appliqué actuellement, ce qui ne manquera pas de se répercuter sur le prix de la datte. Toutefois, une étude de marché devra être réalisée en ce sens.

**En termes de perspectives à ce travail**, les relations entre les polyphénols de la datte et les activités polyphénoloxydasiques et peroxydasiques mériteraient une étude particulière.

L'importance de la composition aromatique impose de mieux saisir la genèse des constituants volatils et de maîtriser au niveau technique leur évolution lors des traitements technologiques.

Au niveau nutritionnel, il conviendrait de s'assurer que la thermisation n'engendre pas de pertes nutritionnelles.

Le recours aux atmosphères modifiées représente une piste intéressante par le choix de films appropriés, notamment pour les variétés à forte activité respiratoire. En effet, la réduction de l'activité respiratoire des fruits, limitera les condensations d'eau dans les chambres de stockage.

Les températures basses et les atmosphères modifiées peuvent présenter également une alternative complémentaire pour lutter contre les phénomènes du brunissement non enzymatique et assurer la préservation de la qualité des dattes. L'Algérie, en tant qu'un des principaux pays producteurs et exportateurs de dattes gagnerait à consentir plus d'études et de recherches dans ce domaine.

---

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbas M.F. and Ibrahim M.A. 1996. The rate of ethylene in the regulation of fruit ripening in the Hilawi date palm. *J. Sci. Food Agr.*, 72, pp : 306-308.
- Abbas M.F. and Dris R., 2003, Physiology and Postharvest Quality of Date Palm Fruit (*Phoenix dactylifera* L.). In: Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Vol. II – fruits and Vegetables. pp.209-237. Ed. Dris R., Niskanen R. and Mohan Jain S. Sci. Publishers, Inc. Enfield (NH), USA and Plymouth, UK.
- Aegerter A.F. and Folwell R.J. 2000. Economic aspects of alternatives to methyl bromide in the postharvest and quarantine treatment of selected fresh fruits. *Crop Protection*. Vol. 19. pp. 161-168.
- Ahmed M.S.H. 1980. International symposium on combination processes in food irradiation and the special committee on legislation aspects of food irradiation. Sri Lanka, Colombo, 24-29 Nov.
- Ahmed M.S.H. 1982. Disinfestation of commercially packed dates, zahdi variety by ionising radiation. *Date Palm J.* 1(2), pp: 249-273.
- Ahmed I.A., Ahmed A.K. and Robinson R.K. 1995. Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chemistry*, 53(3), pp: 305-309.
- Ahmed M. S. H., AL-Maliky S. K., AL-Taweel A. A., Jabo N. F and Al Hakkak Z. S. 1985. Effects of three temperature regimes on rearing and biological activities of *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). *J. of Stored Products Research*, 21(2), pp: 65-68.
- Aidoo K.E., Tester K.F., Mourisson J.E. and Mac Farlane D. 1996. The composition and microbial quality of pre- packed dates purchased in greater Glasgow. Dept of Bio Sci. pp: 433- 438.
- Alais C. et Linden G., 1997. Abrégé de biochimie alimentaire. pp 89-92.
- Alasalvar C., Al Farsi M., Morris A., Baron M. and Shahidi F. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids and phenolics of three fresh and sun dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, pp: 7592-7599.
- Al Azawi F. 1985. The effect of high temperatures on the dried beetle *Carpophilus hemipterus* L. A pest of stored dates in Iraq. *Date Palm J.* 3(1), 327-336.
- Al Azawi F. 1986. Effect of reduced atmospheric pressure with different temperatures on *Ephestia cautella* walker. A pest of stored dates in Iraq. *Date Palm J.* 2(2), 223-233.
- Albagnac G., Varoquaux P. et Montigaud J.C., 2002. Technologie de transformation des fruits. Ed Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. 498p.

- Albano P.O., 2002. La connaissance des palmiers. Cultures et utilisations. Edition SUD. 145 p.
- Al-Bekr A.J. 1972. The date palm. Al-Ani Press, Baghdad, IRAQ.
- Al Farsi M., Alasalvar C., Quantick P.C., Shahidi F., Wiktorowicz R. 2005. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready to eat shredded orange and purple carrots. Food Chemistry, 89, pp: 69-76.
- Ali A.A., Aziz F.M. and Ahmed A.M. 1987. Influence of lethal high temperature with vacuum on Brocon hebetor, of the fig moth *Ephestia cautella* Walk. Date Palm J., 5(1), pp: 172-187.
- Al Hakkak Z.S. 1983. Toxic studies with a hole diet of phosphine fumigated dry dates in the fig moth *Ephestia cautella* (Walker). J. Biological Sci. Research, 14(2), pp: 109-117. Biol. Res. Cent., Baghdad, Irak.
- Al Hakkak Z.S., Auda H. and Al Hakkak J.S. 1986. Effect of high doses of phosphine fumigation on the amino-acid, protein and sugar composition of Iraq dates. Date Palm J., 4 (2), pp: 235-246.
- Al Hooti S.N., Sidhu J.S. and Qabarzad H. 1997. Physicochemical characteristics of five date cultivars grown in United Arab Emirates. Plant Foods for Human Nutrition, 50, pp: 101-113.
- Al Hooti S., Sidhu J.S. and Qabarzad H. 1998. Chemical composition of seeds date fruit cultivars of United Arab Emirates. Journal of Food Science and Technology, 35, pp: 44-46.
- Al Hooti S.N., Sidhu J.S., Al Sager J. M. and Al Othman A ; 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. Food Chemistry, 79, pp: 215-220
- Al-Jasim H.A. et Al Delaimy K.S. 1972. Pectinesterase activity of some Iraq dates at different stages of maturity. J. Sci. Food Agric., 23, pp: 915-917.
- Al-Jasim H.A. and Al Ani K.M. 1973. Pectic substances of some Iraqi dates at different stages of maturity. Beitrag trop. Landwirtsch. Vetrinarmed., 11, p: 403-407.
- Al-Ogaidi H.K.H. et Aref A.A., 1985. Industrialisation des dattes et produits cellulose du palmier dattier. (en arabe). Ed U.A.I.A, Baghdad, Irak.
- Al-Ogaïdi H.K. and Mutlak H.H. 1986. The phenolic compounds of four date cultivars during maturity stages. Date Palm J. 4(2): 191-203.
- Al-Omar M.A. and Al-Bassomy M. 1984. Persistence of phosphine gas in fumigated Iraq dates. J. Food Safety, 6(4), pp: 253-360. Pollution Dpt. Biol. Res. Centre, Jaddiyah, Baghdad.
- Al-Rawi N., Markakis P. and Bauer D.H. 1967. Amino acid dates composition of iraki dates. J. SCI. Food Agric., 18, pp:1-2.
- Al-Shaickly M.A., Al Rubaic I.A. et Al Duhaimi A.A., 1986. Type and extend of microbial contamination of fresh Iraq, date of the science, of food and agriculture. pp 915-917.
- Al Showiman S.S. 1990. Chemical composition of date palm seeds (*Phoenix dactylifera* L.) in Arabi Saoudia. Journal Chem. Society. 12, pp : 15-24



- Al Shurafa M.Y., Ahmed H.S. and Abou Nadji S.E. 1982. Organic and inorganic constituent of dates palm pits (seeds). *J. Date Palm*. 2, pp: 275-284.
- Al Taweel A.A., Ahmed M.S., Naher F.H., Kelewi S.A. and Nasser M.J. 1997. Effect of pupal exposure to various temperatures on certain biological parameters of *Ephestia cautella*. *Iraqi Agric.J.*2:98-107.
- Amiot M. J., Aubert S., Gonnet M., Tacchini M. 1989. Les composés phénoliques des miels : Etude préliminaire sur l'identification et la purification par familles. *Apidologie*; 20(2), 115- 125. Ed. Elsevier / Inra, Montfavet, France.
- Anonyme, 1992. United nations Environmental programme (UNEP), Proceedings of the fourth Meeting of the parties to the Montreal protocol on substances that deplete the ozone Layer, Copenhagen UNEP, Nairobi, Kenya, 23-25 november.
- Anonyme, 2001. Normes CEE – ONU DF 08 concernant les dattes entières. Normes Bruxelles.
- Anonyme, 2006. Statistiques générales du ministère de l'agriculture et du développement rural. Données chiffrées N°7, les palmiers dattiers. 80p.
- A.O.A.C., 1975. Official Methods of Analysis, 12<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- AOAC., 1985. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Ed Washington DC, 15th Edn.
- A.O.A.C., 1997. Official Methods of Analysis, 16<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Appert J. 1957. Les parasites animaux des plantes cultivées au Sénégal et au Soudan. Technique et Documentation.
- Audigié C.L., Figarella J. et Zonszain F., 1984. Manipulations d'analyses biochimiques. Ed Doin éditeurs, Paris, 3<sup>ème</sup> tirage. pp 88-97.
- Auda H. 1980. Date irradiation in Iraq. Ed. Irrad. Inform. 10, pp: 34-40.
- Auda H. and Nasser K. 1981. Chemical studies on the influence of a combined process of heat treatment and irradiation on carbohydrates, proteins and amino acids of dates. In: Combination processes in food irradiation. Pp. 117-122. AIEA, Vienna.
- Awad M. 2006. Increasing the rate of date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Helali by preharvest and postharvest treatments. *Postharvest Biol. Technol.*, doi : 10.1016/j.postharvbio.2006.08.006.
- Azelmat K., ElGarrouj D., Mouhib M. et Sayah F. 2006. Irradiation of 'Boufeggous' dates: Effects on chemical composition during storage. *Post harvest Biology and Technology*. Vol. 39 (2) : 217-222.
- Aziza B.M., David B.H., Donalo E.J. 1986. Biochemical changes during ripening of some Sudanese date varieties. *J. Sci. Food Agric.*, 73, pp: 43 –53.
- Baccanaud M., 1991. Effets de l'ionisation sur les fruits et les légumes destinés à la consommation en frais. In : Vasseur (1991). Ionisation des produits alimentaires. Collection Sci. et Techn. Agro-Alimentaires. Ed. Tec et Doc. Lavoisier Paris.

- Balachowsky A.S. 1953. Sur l'origine et le développement des insectes nuisibles aux plantes cultivées dans les oasis du Sahara français. *Fruits*, vol.8, n° 7.
- Banwart W. L., Porter P.M., Granato T.C. and Hasset I.J. 1985. HPLC separation and wave length area ratio of more than 50 phenolic acids and flavonoids. *J.Chem.Ecd.*, 11, pp:114- 116.
- Baron A., Thibault J. F. 1985. Les enzymes pectiques. In : « Les polymères végétaux : polymères pariétaux ». Ed. Costes C. et Monties B. Gauthier Villars, Paris, pp:143 – 164.
- Barreveld W.H., 1993. Date Palm Products. FAO. Agricultural Bulletin, n°101. 216p.
- Belguedj M. 1996. Caractérisation des cultivars de dattiers du sud-est du Sahara algérien. ITDAS. 59 p.
- Bell C.H. and Wilson S.M. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* Everts (*Coleoptera: Dermestidae*). *J.Stored Prod.Res.* Vol. 31, N°3, pp. 199-205.
- Bell C.H., Conyers S.T. et Liewellin B.E. 1997. The use of on-site generated atmospheres to treat grain in bins or floor stores. In: Donahaye E.J., Navarro S. et Varnava A. (Eds). *Processing of the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*. Cyprus, April, 1996, Princo Ltd, Nicosia, Cyprus, pp. 263-271.
- Bell C.H. 2000. Fumigation in the 21<sup>st</sup> century. *Crop Protection*, 19, pp. 563-569.
- Belitz H.D., Grosh W. 1987. *Food Chemistry*, pp: 257-258. Springer Verlag, New York.
- Benchaabane A., Meftah F. et Saadi A. 1996. Caractérisation des substances pectiques et évaluation des autres composés pariétaux au cours de la maturité des dattes en Algérie. In: *Options Méditerranéennes n°28, Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens*, p. 210.
- Benjamin N.D., Shabana H.A., Al Ani B.A., Clor M.A., Jawad K.S. and Shaibani A.M. 1973. Effect of some growth regulators on the depressed period of development and physico-chemical changes during different stages of ripening in date fruit. 1A chemical changes (soluble solids, sugars) and moisture content in fruits of Zahdi and Sayer cultivars. *Pamls and dates res Cent., Baghdad, Irak. Tech. Bull. N° 1/75*.
- Benjamin N.D.; Tonelli Peres K.C.; Ali M.N. and Al-Drobi N.A. 1979. Date polyphenoloxidase: partial purification and characterization. *Technical Bulletin, Palm and Date Palm Research Center*. 9, pp : 1-25.
- Benjamin N.D., Al Khalidi M.S., Shabana H.A., Maroki E.S. 1985. Effect of cl store on quality criteria of sixth palm dates in rutab stage. *Date palm J.* 4(1), pp: 1-18.
- Besson F. 1993. *Dossier Scientifique de l'IFN*. Ed. Colloques. 40 p.
- Besbes S., Blecker C., Deroanne C., Drira N. and Attia H. 2004. Date seeds: Chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84, pp: 577-584. 2007.
- Biglari F., AlKarkhi A.F.M. and Easa A.M. 2007. Antioxydant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits from Iran. *Food Chemistry*, doi: 10.1016/j.food chem. 2007.10.033.

- Biliotti E., Daumal J. 1969. Biologie de *Phanerotoma flavitestacea* FISHER (Hyménoptéra broncoidae). Mise au point d'un élevage permanent n vue de la lutte biologique contre *Ectomyelois ceratoniae* Zell. Ann. Zoo. Ecol. Anim. 1 pp : 379-394.
- Boudries H., Kefalas P. and Hornero-Méndez D. 2007. Carotenoid composition of Algerian date varieties (*Phoenix dactylifera* L.) at different edible maturation stages. Food Chemistry, 101, pp: 1372-1377.
- Bondoux P., 1992. Maladies de conservation des fruits à pépins, pommes et poires. Ed. INRA Paris, PHM revue horticole, Paris. 173p.
- Booij I., Piombo G., Risterucci J.M., Coupe M., Thomas D. et Ferry M. 1992. Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). vol 47(6), pp : 667-678.
- Bouka H., Chemseddine M., Abbassi M. et Brun J. 2001. La pyrale des dattes dans la région de Tafilalet au sud-est du Maroc. Fruits, 56, pp : 189-196.
- Brenes M. ; Garcia P. Duran M.C. and Garrido A. 1992. Concentration of phenolic compounds changes in storage brins of ripe olives. J. Food Sci. 58 : 347-350.
- Brodl M.R. 1989. Regulation of the synthesis of normal cellular proteins during heat shock. Physiol. Plantar. 75 : 439-443.
- Brody, A.L. 1996. Integrating Aseptic and Modified Atmosphere Packaging to Fulfill a Vision to Tomorrow. Food Tech. April 1996. pp. 56-66.
- Brun J. 1984. Development of campaign against data gall. Document interne, INRA Antibes, 5p.
- Bukhaev V.T., Abdul Nour B.A. and Nouri V.F. 1987. Physical and chemical changes in dates during ripening with special reference to pectic substances. Date palm J., 5(2), pp: 199-207.
- Budde C.O., Lucangeli C., Polenta G. and Murray R. 2002. Golpoe de atlas temperaturas aplicado en poscosecha afectó la calidad de melocotón. ITEA, 98, pp: 95-107.
- Cai C., Xu C.J., Li X., Fergusson I. and Chen K.S. 2006. Accumulation of lignin in relation to change in activities of lignification enzymes in loquat fruit fresh after harvest. Postharvest Biol. And Tech., 40, pp: 163-169.
- Carpenter J.B. and Ream C.L. 1976. Date palm breeding. A review. Date Growers Inst. Rtep. 53, pp : 25-33.
- Chavéron H., 1999. Introduction à la toxicologie nutritionnelle. Ed Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. pp 149-175.
- Cheftel J.C. et Cheftel H., 1977. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Volume 1-Tome I. Ed Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. 381p.
- Cheftel J.C., Cheftel H. et Besançon P., 1979. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Volume 1 et 2. Ed Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. 419p.
- Cheng W.G. and Breen P.J. 1991. Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentration of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruits. J. American Society of Horticultural Science, 116, 865-869.

- Chevallier A. 1952. Recherches sur les *Phoenix* africains intermedia Naudin, R.B.A., V-VI, mai-juin.
- Choehom R., Kesta S. and Van Doorn W.G. 2004. Senescent spotting of banana peel is inhibited by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol. Technol.*, 31, pp : 167-175.
- Chu N.T., Clydesdale F.M. et Francis F.J. 1973. Isolation and identification of some fluorescent phenolic compounds in cranberries. *J. Food Sci.* 38, pp: 1038-1040.
- Cleveland M.M. and Fellers C.R. 1932. Mineral composition of date. *Industr. Eng. Chem. Anal.* 4, pp : 267-368.
- Côme D. 1992. *les Végétaux et le froid*. Ed. Hermann, Paris, France.
- Concellon A., Anon M.C. and Chaves A.R. 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit. *LWT*, 40, pp: 389-396.
- Coggins C.W.J. and Knapp J.F.C. 1969. Growth development and softening of the Deglet Nour. *Our date Fruit. Date Growers inst. Ann. Rept.*, 45p.
- Cook J.A. and Furr J. 1952, Sugar in the fruit of soft, semidry and dry commercial date varieties. *Date Growers Inst. Rept.* 29, pp: 3-4.
- Cook J.A. and Furr J. 1953, kinds and relative amounts of sugars and their relation to texture of some American grown date varieties. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 61, pp: 722-727.
- Csinos A.S., Johnson W.C., Sumner D.R., McPherson R.M. and Gitaitis R.D. 1997. Alternative fumigants for methyl bromide in tobacco and pepper transplant production. *Crop Protection*. Vol.16, N° 6. pp: 585-594.
- Dahia J., and Passat F., #Production de sirop de dattes#, *Projet régional de recherche sur les palmiers dattiers et les dattes dans le proche orient et l'Afrique du nord*, FAO-Iraq, (1979), 28 p.
- Damarli E., Gun H., Bulbul S. et Oechsle P. 1998. An Alternative method instead of methyl bromide for insect disinfestations of dried figs: controlled atmosphere. *Acta Hortic.* 480, pp. 209-214.
- Decosta P. 1989. *Les matières plastiques dans les emballages d'industries alimentaires et agricoles*. APRIA.
- Deschamps F.J. and Turpin J.C. 1996. Methyl bromide intoxication during grain store fumigation. *Occupational Medicine*, 46 (1), pp: 89-90.
- Devshony S., Eteshola A. and Shani A. 1992. Characterisation and some potential application of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds and seeds oil. *JAOCS*, 69, pp : 595-597.
- Dhouibi M.H. 1982. Bioecologie d' *E. ceratoniae* en grenadieraie (Lépidoptère, pyralidae). *Ann. Inrat*, 55 (4), p 48.
- Dhouibi M.H. 1989. *Biologie et Ecologie d' E. ceratoniae* (Lépidoptère, pyralidae) dans deux biotopes différents au sud de la Tunisie et recherche de méthodes alternatives de lutte. Paris, France ; Univ. Paris VI. Thèse de doctorat d'Etat. 189 p.
- Dhouibi M.H. et Jemmazy A. 1996. Lutte biologique en entrepôt contre la pyrale *E. ceratoniae*, ravageur des dattes. Ed. Elsevier, pp : 39- 40. Paris.

- Dhouibi M.H. et Jarraya A. 1996. Le ver des dattes, carob moth : *Ectomyelois ceratoniae*. Document Inrat et GID. 9p.
- Djerbi M., 1990. Biotechnologie du palmier dattier. Ed INRA Algérie. pp 31-32.
- Djerbi M., 1982. Le bayoud en Algérie, problème et solutions. Reg. Project for Palm and Dates Research Center in the Near East and North Africa, Iraq-FAO, 45 p.
- Djerbi M., 1995. Précis de phoeniciculture. Ed F.A.O, Rome. 192p.
- Donahaye E.J., Navarro S. and Rindner M. 1991. The influence of low temperatures on two species of *Carpophilus* (Col., Nitidulidae). J.Applied Entom., 111, pp: 297- 302.
- Donahaye E.J., Navarro S. and Rindner M. and Azrielli A. 1996. the combined influence of temperature and modified atmospheres on *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J.Stored Products Res., 31(1), pp. 225-232.
- Donahaye E.J., Navarro S. and Rindner M. 1995. Low temperature as alternative to fumigation for disinfecting dried fruit from three insect species. J.Stored Prod.Res. Vol. 31, N° 1, pp. 63-70.
- Donahaye E.Z. 2000. Current status of non residual control methods against stored product pests. Crop Protection, 19, 571-576.
- Doumandji-Mitiche B., 1989. Les parasites de la datte dans les oasis Algériennes et particulièrement les cas d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller. Actes du Séminaire Maghrébin sur la Phoeniciculture. El-Oued du 18-21 Décembre.
- Dowsen V.H.W. and Aten A., 1962. Dates-handling, Processing and packing. FAO. Agricultural Development paper, N° 72, Rome. p.392.
- Dowsen V.H.W. and Aten A. 1963. Composition et maturation. Récolte et conditionnement des dattes. Collection FAO, Rome, Italie, 72, 397 p.
- Drira N., 1985. Multiplication végétative du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) par les néoformations induites en culture in vitro sur des oranges végétatifs et floraux prélevés sur la phase adulte. Thèse de grade Docteur es- Sciences, faculté des sciences de Tunis.
- Dubois M., Gilles K., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. Vol. 28, pp: 350-356.
- Dubost D. 1991. Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse de doctorat d'université de tours, France, 131 p.
- Eman O.A., Farag S.E.A ; and Hamad A.L. 1994. Comparative study between fumigation and irradiation of demi dry date fruits. Cent. Radiat. Res. Techn. Cairo, Egypt. Nahrung, 38(6), pp : 612-620.
- Em-perrot., 1944. Matières premières usuelles du règne végétal thérapeutique- hygiène industrie, tome I. pp 581-582, 589
- Escalona V.H., Aguayo E. and Artés F. 2006. Modified atmosphere packaging improved quality of kohlrabi stems. LWT- Food Sci. Technol., (Available on line 30 march 2006).
- Ejlali M., Lazrouni Timssar J. et Badji F. 1975. Study of the biochemical characteristics of iranian dates. Fruits, 30, pp: 411-412.

- Estanove V. 1990. La technologie de la datte. Ingénieur options méditerranéennes série A/n° 11, les systèmes agricoles Oasiens.
- El Modafar C. and El Boustani E. 1999. Time course accumulation and fungitoxicity of phytotoxins towards *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis*. J. Phytopathol. 147 : 477-484 ;
- El Modafar C. Tantaoui A. et El Boustani E. 2000a. Effect of caffeoylshikimic acid of date palm roots on acidity and production of *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis*. J. Phytopathol. 148, pp: 101-108.
- El Modafar C. and El Boustani E. 2000. Relationship between cell susceptibility to cellulases and pectinases of *Fusarium oxysporum* and susceptibility of date palm cultivars to the pathogen. Biol. Plant. 43, pp: 571-576.
- El Modafar C., Tantaoui A. et El Boustani E. 2001. Differential induction of phenylalanine ammonia-lyase activity in date palm roots in response to inoculation with *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis* and to elicitation with fungal elicitor. J. Plant Physiol. 158, p: 715-722.
- Esplà J.V., Del Rio M.A; and Ferry M. 1999. Production d'éthylène et respiration de la datte de palmiers d'Elche en Espagne. Fruits, 54, pp : 183-190.
- Falade K.O. and Abbo E.S. 2007. Air drying rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. J. Food Engineering, 79, pp: 724-730.
- Fayadh J.M. and Al Showiman S.S. 1990. Chemical composition of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). J. Chem. Soc. Pak, 12, pp: 84-103.
- Flanzy M. et Aubert S. 1969. Evaluation des composés phénoliques des vins blancs. Ann. Technol. Agric. 18, pp : 27- 44.
- Gan J., Megonnell N.E. and Yates S.R. 2001. Adsorption and catalytic decomposition of methyl bromide and methyl iodide on activated carbons. Atmospheric Environment. 35, pp: 941-947.
- Gaspar T., Kevers C., Penel C. and Greppin H. 1982. Peroxidase : 1970-1980 . A survey of their biochemical and physiological roles in higher plants. Geneva University.
- Genest J.P. et Malegeant J.Y., 1981. Transformation artisanale des fruits. Ed. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes C.T.I.F.L. 101p.
- Gerhard K. 1993. Métabolisme des végétaux : Physiologie et biochimie. France.
- Giesse J. 1992. Advances in microwave food processing. Food Techn., September, pp: 118-123.
- Girard F. 1960. Palm plantations and date palm cultivation in the Air Massif (Northern Niger). Fruits, 35(6).
- Glasner B., Botes A., Zaid A. and Emmens J. 1999. Date harvesting, packing house management and marketing aspects. In: Zaid. And Arias E.J. (Eds), Date palm cultivation, pp : 177-198 (FAO plant production and protection paper n°. 156).
- Golbeck K.H. and Cammarata K.V. 1981. Spinach thylakoid polyphenol oxidase: isolation, activation and properties of the native chloroplast enzyme. Plant Physiol. 67, pp : 977-984.

- Gomez P.A. and Artés F. 2005. Improved keeping quality of minimally fresh processed celery sticks by modified atmosphere packaging. *LWT*, 38, pp: 323-329.
- Greiner D., 1998. Le marché de la datte, produit de rente des oasis : enjeux, diversité, tensions, volume 9 N° 2. pp 155-162.
- Gross J., Haber O. and Ikan R. 1983. The carotenoids pigments of the date. *Scientia Horticultura*, 20, pp 251-257.
- Hahlbrock K., Scheel D. 1989. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40: 347-369.
- Hamada J.S., Hashim I.B. and Sharif A.F. 2002. Preliminary analysis and potential uses of date pits in foods. *Food Chemistry*, 76, pp: 135-137.
- Hamdan A.M. 1975. Date polyphenol oxidase. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Baghdad.
- Hamdi S. et Hamdi M. 1991. Maturation et séchage des attes Deglet Nour. *Fruits*, 46 (5), pp : 587-592.
- Hamdi S. and Hamdi M. 1991. Adsorption de la phosphine par les dattes fumigées. *Fruits*, 46 (5), pp : 581-585.
- Hamdi S., 1996. Adsorption de la vapeur d'eau par les dattes tunisiennes. *Fruits*, 51(3), pp : 179-184.
- Hannachi S, Khitri D, Benkhalifa A, Brac de la Perrière. 1998. Inventaire Variétal de la Palmeraie Algérienne. HCS, Algérie, 197 p.
- Hansen J. 1992. Heating curve models of quarantine treatments against insects pests. *J. Econ. Entom.*, 85, pp: 1846-1854.
- Hassan I.M. and El-Sheemy M.G. 1989. Freeze-thaw biochemical changes in three Egyptian date varieties. *Ann. of Agric. Sci., Fac. Ain Shams Univ., Cairo, Egypt.* Vol. 34, N°1, pp: 205-222.
- Hasegawa S. and Maier V.P. 1980. Polyphenol oxidase of dates. *J. Agric. Food Chem.* 28, pp: 891-893.
- Hasegawa S., Maier V. P., Kaszycki H. P. and Crawford J.K. 1969. Polygalacturonase content of dates and its relation to maturity and softness. *J. Food Sci.*, 34, pp: 527 – 523.
- Hasegawa S. et Smolensky D.C., 1970. Date invertase: properties and activity associated with maturation and quality. *J. Agric. Food Chem.* 18, pp: 902-904.
- Hasegawa S. et Smolensky D.C., 1970. Cellulose in dates and its role in fruit softening. *J. Food Sci.*, Vol. 36.
- Hasegawa S., Smolensky D.C. and Maier V.P. 1972. Hydrolytic enzymes in dates and their application in the softening of tough dates and sugar wall dates. *Date Grower's Institute*, 29, pp: 6-8.
- Hassouna M., Ghrir R., Mahjoub A. and Hamdi S. 1996. Influence de la fumigation au bromure de méthyle sur la composition chimique des dattes tunisiennes. *Fruits*, 49(3), pp : 197-204.
- Hassouni SM, Mohammad W, Jan M, Bakhtiar H. 1986. Effect of gamma irradiation and packaging materials on the Storage of dates. *Sarhad J. Agric.*, 2(4), pp: 655-661.

- Heather N.W., Corcoran R.J. and Kopittke R.A. 1997. Hot air disinfestations of Australian Kensington mangoes against two fruit flies. *Postharvest Biol. And Techn.*, 10, pp: 99-105.
- Hertog M.L.A.T.M., Nicholson S.E. and Whitemore K. 2003. The effect of modified atmosphere on the rate of quality change in Hass avocado. *Postharvest Biol. Technol.*, 29, pp: 41-53.
- Hertog M.L.A.T.M., Nicholson S.E. and Jeffery P.B. 2004. The effect of modified atmosphere on the rate of firmness change of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 31, pp: 251-261.
- Hilton S.J. and Banks H.J. 1997. Methyl bromide sorption and residues on sultanas and raisins. *J. Stored Prod. Res.* Vol. 33, N°3, pp. 231-249.
- Holand N., Menezes H.C. and Lafuente M.T. 2002. Carbohydrates as related to the heat induced chilling tolerance and respiratory rate of fortune mandarin fruit harvested at different maturity stages. *Postharvest Biol. And techn.*, 25, pp: 181-191.
- Hofman P.J., Stubbings B.A., Adkins M.A., Corcoran R.J., White A. and Woolf A.B. 2003. Low temperature conditioning before cold disinfestation improves Hass avocado fruit quality., *Postharvest Biol. Techn.*, 28, p: 123-133.
- Hossain M.A. et Asada K., 1984. Inactivation of ascorbate peroxydase in spinach chloroplaste on dark addition of hydrogen peroxyde: its protection by ascorbate plant cell physical. 25, pp: 1285-1295.
- Hopkins, W.G. (2003). *Physiologie Végétale*. In : De Boeck et Larcier. Ed. De Boeck. Université, rue des Minimes. Belgique. Traduction 2<sup>ème</sup> Edition par Serge Rambouin.
- Hussain A.A. 1974. Date palms and dates with their pests in Iraq. Mosul University Press, Mosul, Iraq, 130 p.
- Hussain F., Moustafa S., Le Sanuirala F. and Zeid A. 1976. Studies on physical and chemical characteristics of eighteen date cultivars grown in Saudia Arabia. *Indian J. Hortic.*, 33, pp: 107-113.
- Ikedia J.N., Tang J. and Wig T. 2000. A heating block system for studying thermal death kinetics of insect pests. *Transactions of ASAE*. 43, pp: 351-358.
- Jacobsson A., Nielsen T., Sjöholm I. and Wendin K. 2004. Influence of packaging material and storage condition on the sensory quality of broccoli. *Food Quality and preference*, 15, pp: 301-310.
- Jaddou H, El Hakkim M. and Mhaisen M.D. 1981. Effect of gamma irradiation on sugars from iraqi dates. *Radiat. Phys. Chem.*, Vol 18, No 3-4. pp.521-528.
- Jaddou H, El Hakkim M., Mhaisen M.D. and Al Adamy L.Z. 1986. Zahdi dates as source of sugar. *J. Food Sci. Techn.* Vol. 23, pp: 267-270.
- Jang E.B., Chan H.T., Nishijima K.A., Nagata J.T., Mc Kenny M.P., Carvalho L.A. and Schneider E.L. 2001. Effect of heat shock and quarantine cold treatment with a warm temperature spike on survival of Mediterranean fruit fly eggs quality in Hawaii grown Sharwil avocado. *Postharvest Biol. And Techn.*, 21, pp: 311-320.
- Jarrah A.Z. and Benjamin N.D., 1982. Activity of polyphenoloxidase and pectinesterase during different stages of growth and developpement. *Date. Palm. J.*, volume 1 N°2. pp 5-12.



- 
- Jayas D.S. and S. Jeyamkondan. 2002. Postharvest Technology : Modified atmosphere storage of grains and vegetables. *Biosystems Engineering*, 82(3), pp: 235-251.
- Johnson J.A., Wang S., Tang J. 2003. Thermal death kinetics of fifth instar *Plodia interpunctella*. *J. Econ. Entom.*, 96, pp: 519-524.
- Kader A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. An overview outstanding symposia in food science and technology. *Food Techn.*, May, pp: 99-105.
- Kader A.A. 1992. Postharvest biology and technology : an over view, in : Kader A.A. Postharvest technology of horticultural crops (2<sup>nd</sup> ed. University of California division of agriculture and natural resources, Oakland, California, Etats Unis, pp: 15-20.
- Kamel H.M., 1995. Effect of cold storage temperature on storability and quality of date palm fruits. *Bull. Fac. Agric. Univ. Cairo*, N°46, (1995), pp. 265-276.
- Kanner J., Elmaled H., Renneni A. et Bengera L., 1978. Invertase (B fructosidase) activity in three date cultivars. *J. of Agric and Food Chem.*, volume 26 (5).
- Kechaou N., Bagane M., Maalej M. et Kapseu C. 1996. Approche empirique de la cinétique du séchage des dates. *Sciences des Aliments*, 16, pp : 593-606
- Kerbel E.I., Mitchell F.G. and Mayer G. 1985. Effect of postharvest heat treatments for insect control on the quality and market life peaches. *HortScience*, 20, pp : 725-727.
- Khalifa T.A. and Sid Ahmed O.T. 1988. Physico-chemical evaluation of some Sudanese date cultivars. *Agric. (Trinidad)*, Vol. 65(2).
- Khatchadourian W.N., 1987. Processing date varieties into pickles#, *Int. J. Food Science and Technology*, Vol. 2, pp: 243-247.
- Klein J.D. and Lurie S.;, 1990. Prestorage heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. *J.Amer.Soc. Hort. Sci.* 1156, pp: 265-269.
- Kikuchi N. and Miki T. 1974. Free acid composition constituents in the scarp of the date palm. *J; Agric.Chem. Soc.*, 48, pp: 137-140.
- Kim D.M.; Smith N.L. and Lee C.Y. 1994. Effect of heat treatment on firmness of apples and apple slices. *J. Food Process. and Preserv.* 18, pp: 1-8.
- Labuza T.P. and Saltmarch M. 1981. The non enzymatic browning reaction as affected by water in foods. In: *Water Activity: Influence on food quality*. Rocklang L.B., Stewart G.F. Eds. Academic Press, New York, pp: 605-650.
- Labuza T.P. and Baisier W.M. 1992. The kinetics of non enzymatic browning. In: *Physical Chemistry of Foods*, Shwartzenburg H.G., Hartel R.W., Eds. Dekker, New York, pp: 595-649.
- Lafuente M.T., Zacarias L., Martiez-Tellez M.A., Sanchez-Baesta M.T. and Granell A. 2003. Phenylalanine ammonia lyase and ethylene in relation to chilling injury as affected by fruit age in citrus. *Postharvest Biokl. And Techn.*, 29, pp: 308-317.
- Lambiote B. 1981. Some aspects of the role of dates in human nutrition. *Ed. Saudi Arabia*, pp: 572- 573.
- Larmond E. 1977. Methods for Sensory Evaluation of Food, *Canad. Dept. of Agri. Publ.* 1284, pp: 36-37.
-

- Larparent J.P., 1997. Microbiologie alimentaire. Pp. 913, 922-923.
- Le bellec F. et Renaud V., 1999. Le grand livre des fruits tropicaux. Pp : 134-136.
- Lebouteiller M.J. 1991. Le système polyphénoloxydasique et son inhibition chez la pomme Golden Delicious. Ed. CNAM, 60 p.
- Ledl F. et Schleicher E., 1990. New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. Ed. Angew. Chem. Int, England. Pp. 29, 565-594.
- Lederer J., 1986. Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire : technologie et hygiène alimentaire, tome II et III. Ed Nauwelaerts mechelsestraat. Pp : 82-91.
- Lee D.S., Hagggar P.E., Lee J, and Yam K.M. 1991. Model for fresh produce respiration in modified atmosphere based on principles of enzyme kinetics. J. of Food Science, 56(6), pp: 1580-1585.
- Lee S.K. and Kader A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol.and Techn., 20, pp : 207-220.
- Lepigre A.E. 1963. Essais de lutte sur l'arbre contre la pyrale des dattes. Ann. Epiphyt., 14, pp : 85-101. (Hors série).
- Leyral G. et Vierling E., 2001. Microbiologie et toxicologie des aliments, hygiène et sécurité alimentaire. Ed Doin éditeurs, centre régional de documentation pédagogique d'Anquitaire, 3eme édition. 274p.
- Li L.P. and Han T. 1998. Storage response of Okuba peaches after heat shock treatment. Acta Hort., 464, pp : 315-312.
- Lorente F.T. and Ferreres F. 1988. Sulfatos de flavonoides en frutos de *Phoenix dactylifera*. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment., 28(4), pp: 581-585.
- Loschner J., Kroh L. and Yogel J. 1990. Ascorbic acid, ascorbonyl component of non enzymatic browning reactions. Z. Leben untners. Forsh., 191, pp: 302 – 305.
- Lund E.D., Smoot J.M.and Hall N.T. 1983. Dietary fibres content of eleven tropical fruits and vegetables. J. Agric. And Food Chem., 31, pp : 5-25.
- Lozano Y. 1992. Application of separative membrane techniques for tropical fruit juices. Fruits, 47, pp: 268-274.
- Luck Y. 1964. Peroxidase, measurements of enzyme activity. Bermeyer section C, pp: 895-896.
- Luisot P. 1983. Biochimie générale et médicale. Structure, métabolimsme et sémiologie. Villeurbanne, Paris.
- Macheix J.J., Fleuriet A. et Billot J., 1990. Fruits phenolics acids. Ed CRC press, Boca Raton, Florida. pp 295-322.
- Maier V.P., Metzler D.M. and Huber A.F. 1964a. 3-0 Caffeoyl shikimic acid (dactyliferic acid) and isomers, a new class of enzymatic browning substrates. Biochem. Biophys. Res. Comm. 14(2) : 124-128;
- Maier V.P., Metzler D.M. and Huber A.F. 1964b. Effect of heat processing on the properties of dates. Date Grower's Inst. Reports. 41, pp: 8-9.
- Maier. V. P, Metzler D. M., Huber A. T. 1964. Invertase (#. fructo-furanosidase) activity in three date cultivars. J.Agric. Food Chem., 26, (5), pp: 1238 – 1240.

- Maier V.P. and Metzler D.M. 1965a. Quantitative changes in date polyphenols and their relation to browning. *J. Food Sci.* 30, pp: 80-83.
- Maier V.P. and Metzler D.M. 1965b. Changes in individual date polyphenols and their relation to browning. *J. Food Sci.* 30, pp: 747-752.
- Maier V.P. and Schiller F.H. 1960. Studies on domestic dates. I-Method for evaluating darkening. *Food Tech.* 14, p.139.
- Maier V.P. and Schiller F.H. 1961. Studies on domestic dates. II-Some chemical changes associated with deterioration of dates. *J. Food Sci.* 26(3), pp : 529-533.
- Mann J. 1984. Darkening of dates control by microwave heating. *Fudhaliya Baghdad. Iraq. Date palm J* 3 (1) 303 –316.
- Mansouri A.; Embarek G.; Kokkalou E. and Kefalas P. 2005. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry* 89, pp: 411-420.
- Mark E.M. 1941. The deterioration of dates. *Date Growers'Inst. Rept.* 18, pp : 3-4.
- Marouf B.A. and Zeki L. 1982. Invertase from date fruits. *Journal of Agric. Food and Chem.* 30(5), pp: 990-993.
- Matter A.A. 1991. Cultivation and production of date palms. *Basrah Univ., Basrah, Iraq.* 420 p.(in Arabic).
- Mayer A.M. and Harel E.H. 1979. Polyphenol oxidase in plants. *Phytochemistry* 18, pp:193-215.
- Mayer A.A. and Harel E. 1991. Phenoloxidases and their significance in fruits and vegetables. *Food Enzymology*, Edited by P.F. Fox (Elsevier Publisher), pp: 373-397.
- Meir S., Akerman M., Fuchs Y. and Zauberman G. 1995. Further studied on the controlled atmosphere storage of avocados. *Postharvest Biol. Technol.*, 5, pp: 323-330.
- Messar M., 1996. Le secteur phœnicicole algérien : Situation et perspectives à l'horizon 2010. Ed CIHEAM, série A. pp 24-44.
- Miche J.C., 1974. Conservation des aliments : composition, qualité, biodégradation. Pp. 52, 90, 103-120.
- Minessy F. A., Bacha A. A., Alazab E. M. 1975. Changes in sugars and nutrients elements content in fruits of four soft date varieties in Egypt. *Alex. J. Agric. Res.*, 23 (2), p 301.
- Mignani I. And Zocchi G. 1994. Prestorage heat treatment on apples cv Granny Smith. *The Post-Harvest Treatment of Fruit and Vegetables. Current Status and Future Prospects. Proceedings of the sixth International Symposium of the European Concerted Action Program COST 94. 19-22 OCT1994, Oosterbeek, The Netherlands*, pp: 413-418.
- Mohammed S., Shabana H.R., and Mawlod K.A. 1983. Evaluation and identification of Iraqi date cultivars: Fruits characteristics of fifty cultivars. *Date Palm J.*, Vol. 21(1), pp: 27-55.
- Moinié A., 1991. *Palmiers pour les climats tempérés.* Ed. Champflour. 159 p.

- Mourier H. et Poulsen K.P. 2000. Control of insects and mites in grain using a high temperature /short time (HTST) technique. *J. Stored Products Res.*, 36, pp: 309-318.
- Morello J.R., Romero M.P., Ramo T. and Motilva M.J. 2005. Evaluation of L-phenylalanine ammonia lyase activity and phenolic profile in olive drup from fruit setting period to harvesting time. *Plant Sci.*, 168, pp: 65-72.
- Munier P. 1961. Note sur le séchage et conditionnement des dattes communes. *Fruits*, 16(8), pp : 415-417.
- Munier P. 1973. La date. In : *Le palmier dattier*. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris. 221p.
- Multon J.L., Bureau G. et Varoquaux P., 1998. L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation. Ed Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. 1082p.
- Müftugil N. 1985. The peroxidase enzyme activity of some vegetables and its resistance to heat. *J.Sci. and Food Agric.*36, pp : 877-880.
- Mutlak H.H. 1980. The effect of blanching and storage on the chemical composition of dates. M. Phil thesis. Loughborough University of Technology, England.
- Mutlak H.H and Mann J. 1984. Darkening of dates : Control by microwave heating. *Date Palm J.* 3(1), pp: 303-316.
- Murray R., Lucangeli C., Polenta G. and Budde C. 2007. Combined pre-storage heat treatment and controlled atmosphere storage reduced internal breakdown of Flavorcrest peach. *Postharvest Biol. Technol.*, 44, pp: 116-121.
- Myhara. R.M., Taylor M.S., Smolinski B.A. and Al Bulushi I. (1998). Moisture sorption isotherms and chemical composition of omani dates. *J. Food Engineering*, 37, pp: 471-479.
- Myhara. R.M., Karkalas. J. and Taylor. M.S. (1999). The composition of maturing omani dates. *J. Sci. Food and Agric.*, 79, pp: 1345- 1350.
- Myhara R.M., Al Alawi A., Karkalas J. and Taylor M.S. 2000. Sensory and textural changes in maturing omani dates. *J. Sci. Food and Agric.*, 80: 115- 125.
- Nelson S.O. and Lawrence K.C. 1994. RF Impedance sensing of moisture content in individual dates. *Transactions of the ASAE, Americ. Soc. Agric. Engineer.*, 37(3), pp: 887-891.
- Nezam El Din V., 1984. Tanin and pectin contents of Zahdi date and its products. *Date Palm J. Vol. 3, N°2, (1984)*, pp. 425-436.
- Nguyen T.B.T., Ketsa S. and Van Doorn W.G. 2003. relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. *Postharvest Biol. and Technol.*, 30, pp: 187-193.
- Nguyen T.B.T., Kesta S. and Van Doorn W.G. 2004. Effect of modified atmosphere packaging on chilling-induced peel browning banana. *Postharvest Biol. Technol.*, 31, pp : 313-317.
- Nielsen B.W., Colloch R.J. and beavens E.A. 1950. Processing and packaging of canning and pasteurizing Deglet Nour dates. *Food Technology*, june, pp: 227-237.
- Nixon R.W. and Carpenter J.B. 1978. Growing dates in the United states. *U.S. Dpt. of Agric., Agricultural Information Bulletin. N°207*, 85 p.

- Nour A.A.M. and Magboul B.I. 1985. Amino acid composition of Sudanese dates cultivars. *Date Palm J.*, Vol. 4, N° 1, pp. 51-54.
- Nugroho L.H., Verberne M.C. and Verpoorte R. 2002. Activities of enzymes involved in phenylpropanoid pathway in constitutively salicylic acid producing tobacco plants. *Plant Phys. Biochem.*, 40, pp: 755-760.
- Nussinovitch. A., Rosen. B., Salik. H and Kopelman. I. J. (1988). Effect of heating media on the microbiology and self life of heat pasteurized soft dates.
- Nussinovitch. A. 1990. Chemical composition of dates pits. *Trop. Sci.* 30, pp: 421-424.
- Oteng-Gyang K., 1984. Introduction à la microbiologie alimentaire dans les pays chauds. Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.
- Pelmont. J. 1993. Enzymes. Collection Grenoble Sciences. 310 p.
- Pentzer W.T. and Heinze P.H. 1954. Postharvest physiology of fruits and vegetables. *Annu. Rev. Plant Physiol*, 5, pp : 204-224.
- Pérez-Tello G.O., Silva-Espinoza B.A. and Vargas-Arispuro T. 2001. Effect of temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in Carambola fruit (*Averrhoa carambola*L.). *Biochem. and Biophysic. Research Communications*, 287, pp: 846-851.
- Perreau – Leroy P. 1958. Le palmier dattier au Maroc. Documents IFAC.
- Peterson J., Tong C.H.T., Ho C.T. et Welt B.A., 1994. Effect of moisture content on Maillard browning kinetics of a model system during microwave heating. *Ed J. agric. Food. Chem.* Pp. 42, pp:1884-1887.
- Peyron G; et Gay F. 1988. Contribution à l'évaluation du patrimoine génétique égyptien: phénologie du palmier dattier. Document CIRAD-DSA.
- Polaczek-Racz M., Pozsar-Hadjnal K. 1976. Détermination of pectine methylestérase, Polygalacturonase and pectic substances in some fruits and végétales. *Acta. Alimentaria.* 4(3), pp : 271- 289.
- Porat R., Weiss B., Cohen L., Daus A. and Aharoni N. 2004. reduction of postharvest rind disorders in citrus fruit by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol. And Techn.*, 33, pp: 35-43.
- Porrit S.W. and Lidster P.D. 1978. The effect of pre-storage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *J.Amer.Soc. Hort. Sci.* 103, pp : 584-587.
- Porter K.L., Klieber A. and Collins G. 2003. Chilling injury limits low temperature storage of Yuki chinese cabbage. *Postharvest Biol. and Techn.*, 28, pp : 153-158.
- Pourrat. H., Jean. D et Pourrat. A. 1978. Purification des polyphénols de l'artichaut par voie enzymatique. *Ann. Pharm. Fv.* 36, pp : 465-470.
- Purseglove J.W. 1970. Tropical Crops. Monocotyledond. Longman, London.
- Qacif N., Baaziz M. and Bendiab K. 2007. Biochemical investigations on peroxidase contents of male and female inflorescences of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Scientia Horticultuae*, 114, pp : 298-301.
- Rashid I.M. 1950. Oxidizing enzymes in dates in relation to the darkening of fruit. Ph.D. Thesis, Mass. University, Amherst.

- Rastoin J.L., 1994. Technologie de la datte. pp 20, 31.
- Rawi Al., Markakis N. P. and Bauer D.H. 1967. Amino acid composition of iraqi dates. J. Sci. Food and Agric., Vol. 18, London.
- Ree R. 1924. Growing and marketing dates with low overhead cost. Annu. Eport date Grow. Inst., 1, pp : 9-10.
- Regal P. 2004. Répertoire général des aliments. P.154.
- Rengnault J.P., 1990. Microbiologie générale. Ed Technique et Documentation. pp 783-807.
- Renault-Roger C., Haridane R., Biard J.F. and Boukef K. 1986. Determination of phenolic compounds in the palm products, date and sap extract. Journées internationals d'étude du groupe polyphénols. JIEP 86, Bulletin liaison volume 13.
- Reyes L.F., Villarreal J.E. and Zevallos L.C. 2007. The increase in antioxydant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. Food Chem., 101, pp: 1254-1262.
- Reynes M., 1997. Influence d'une technique de désinfestation par micro-ondes sur les critères de qualité physico-chimiques et biochimiques de la datte. Thèse de doctorat d'institut national polytechnique de Lorraine. 182p.
- Reynes M., Bouabidi H., Piombo G. and Risterucci A.M. 1994. Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans une région du Djérid Tunisie. Fruits, Vol. 49(4), pp : 289-298.
- Reynes M., Lebrun M., et Shaw P. 1996. Identification of volatils components and use of multivariate analysis to distinguish date varieties. J.Food Quality, Vol. 19, pp. 505-514.
- Reynes M., et Themelin C. 1994. Amélioration et uniformisation de la qualité des dattes en Tunisie. Rapport de mission en Tunisie. Projet de coopération franco- tunisien « Recherche pour le développement de l'agriculture d'oasis », 15p., Gridao/Cirad.- Flhor-Sar., Montpellier.
- Rhouma A., 1994. Le palmier dattier en Tunisie, le patrimoine génétique, volume 1. Ed INRA Tunisie. 254p.
- Ribereau- Gayon P. 1968. Les composés phénoliques des végétaux. Dunod. P70- 72.
- Rinderknech H. 1959. The free amino acid pattern of dates in relation to their darkening during maturation and storage. Food Research, 24, pp: 298-304.
- Rivas N.J., and Whitaker J.R. 1973. Purification and some properties of tow polyphenoloxidase from Bartleh pears. Plant physiol. 52, pp: 501-507.
- Rivero R.M., Ruiz J.M., Garcia P.C. and Lopez-LefebvreL.R. 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. Plant Science, 160, pp: 315-321.
- Rouau X., 1982. Les substances pectiques du jus de pomme.DEA, INRA, Nantes, France.
- Rouhani I. and Bassiri A. 1977. Effect of ethephon on ripening and physiology of date fruits at different stages of maturity. J Hort. Sci. 52, pp: 289-297.

- Rygg G.L. 1948a. Acidity in relation to quality in the date fruit. Date Grower's Inst. Rept. 35, p. 32.
- Rygg G.L. 1948b. Storage humidity for sorting dates at different temperatures. Proc.Amer. Soc. Hort. Sci. 52:173-175.
- Rygg G.L. 1956, Effect of temperature on rate of deterioration in deglet Nour dates. Date Growers Inst.Rept. 33, p: 8-11.
- Rygg G.L. 1958, Influence of handling procedures and temperatures on improving and maintaining quality of dates.Date Growers Inst.34, pp: 2-5.
- Rygg G.L. 1975. Date development handling and packing in the United States. U.S. Development of Agriculture, Handbook n°482, 56 p.
- Sabehat A., Weiss D. and Lurie S. 1995. Persistence of heat shock proteins in heated tomato fruit and the resistance to chilling injury of the fruit. Acta Hortic., 398, pp: 11-21.
- Sachde-Adil G., Al-Bakir A.Y. and Abdul-Raheem J.A.K. 1989a. Polyphenol oxidase from Bahree and Zahdi dates. I. Purification. J. of Food Biochemistry 12, pp : 227-240.
- Sachde-Adil G., Al-Bakir A.Y. and Abdul-Raheem J.A.K. 1989b. Polyphenol oxidase from Bahree and Zahdi dates. II. Characterization. Journal of Food Biochemistry 12, pp : 241-251.
- Saleh S.M., Yacout G.A. and EL Sadek M.M. 1987. Biochemical changes in sound dry dates associated with mite infestation. Alex. J. Agric. Res., 32 (1), pp: 477-489.
- Salem S.A. and Hegazi S.M. 1971. Chemical composition of some the Egyptian dry dates. J. of Food. Agric., Vol. 22, pp. 632-633.
- Salik H., Rosen B., Kopelman I. J. 1978. Microbial aspects and the deterioration process of soft dates. Ed. Israel Institute of Technology.
- Saltveit M.E. 2000a. Discovery of Chilling Injury. In : Kung S.D., and Yang S.F. (Eds) , Discoveries in Plant Biology, vol.3 World Scientific Publishing Co, Singapore, pp: 423-448.
- Saltveit M.E. 2000b. Wound induced in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. Postharvest Biol. and Techn., 21, pp : 61-69.
- Saltveit M.E. 2005. Influence of heat shocks on the kinetics of chilling induced ion leakage from tomato pericarp discs. Postharvest Biol. and Techn., 36, pp : 87-92.
- Samarawira I., 1983. Date palm, Potential source for refined sugar. Economic Botany, 37(2), pp: 181-186.
- Samarawira I. 1981. The Date Palm. Dept. Plant Science, Ahmadu Bello Univ. Zaria, Nigeria.
- Sandor F., 1996. PEbd, traité plastique et composite. Technique de l'ingénieur, centre Français d'exploitation A. pp 10-33.
- Sawaya W.N., Khalil J.K., Khatchadourian H.A., Safi W.M. and Mashadi A.S., 1982. Sugars, tanins and some vitamins contents of twenty-five dates cultivars grown in Saudi Arabia at the Khalal (mature color) and Tamr (Ripe) stages. First symposium on date palm. Saudia Arabia, march 23-25, 1982, pp: 468-477..

- Sawaya W.N., Miski A.M., Khalil J.K., Khatchadourian H.A. and Mashadi A.S. 1982a. Physical and chemical characterisation of the major date varieties grown in Saudi Arabia. *Date Palm J.*, 2(1), pp: 1-25.
- Sawaya W.N., Safi W.M., Black L.T., Mashadi A.S. ad Al Muhamad M.M. 1982b. Physical and chemical characterization of the major date varieties grown in Saudi Arabia. II. Sugars, tannins, vitamin A and C. *Date Palm J.* 2, pp: 183-196.
- Sawaya W.N., Khatchadourian H.A., Khalil J.K. et Safi W.M., 1984. Fortification of date bars with yeast proteins and dry skim milk. *Ed Can. Inst. Food. Sci. Technol*, 17, N°3. pp 131-136.
- Sayed Ali M., Nakano K. and Maezawa S. 2004. *Postharvest Biol. and Techn*, 34, pp: 113-116.
- Schhmelter T., Wientjes R., Vreeker R. and Klaffke W. 2001. Enzymaic modifications of pectins and th impact on their rheological prperties. *Carbohydrates polymers*, 00, pp:000-000.
- Serrano M., Pretel M.T., Botella M.A. and Amoros A. 2001. Physicochemical changes during date ripening related to ethylene production. *Food Sci. Technol. Int.*, 7, pp : 31-36.
- Serrano M., Martinez-Romero M., Guillén F., Castillo S. and Valero D 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol. Technol.*, 39(1), pp : 61-68.
- Shen Q., Kong F. and Wang Q. 2006. Effect of modified atmosphere packaging on the browning and lignification of bamboo shoots. *J. Food Engineering*, 77, pp : 348-354.
- Siddiqui S. and Gupta O.P. 1994. Determination of maturity standards of dates (*Phoenix dactylifera* L.), Haryana. *J. Hortic. Sci.* 23(2), pp : 121-124.
- Siegel B.Z. and Siegel S.M. 1970. Anomalous substate specificities among algal peroxidases. *Amer. J. Bot.*, 53, pp: 285-287.
- Sivakumar D. and Korsten L. 2006. *Postharvest Biol. and Techn*, xxx, pp: xxx-xxx. ( [www.elsevier.com/locate/podtharvbio](http://www.elsevier.com/locate/podtharvbio) ).
- Slinkard K., and Slingleton V. L. 1977. Total phenols analysis : Automatisation and comparison with manual methods. *Am. J. End. Vilic.* 28, pp: 49- 55.
- Somon E., 1987. Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. pp 11-14.
- Soto-Zamora G., Yahia E.M., Brecht J.K. and Gardea A. 2005. Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxydant levels in tomato fruit. *J.W.T.*, 38, pp: 657-663.
- Taain D.A., 1997, The effect of heat treatment and packing methods on storability of date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.) Cv; Brueim. M. Sc. Thesis, Basrah University, Basrah, Iraq (in Arabic) 75p.
- Tang J., Ikedial J.N., Wang S., Hansen J.D., Cavalieri R.P. 2000. High temperature short time thermal quarantine methods. *Postharvest Biol. And Techn.*, 21, pp: 129-145.



- 
- Termote E. F., Rombouts F. M, et Pilnik W. 1983. Stabilisation of cloud in PE active. Orange juice by pectic acid hydrolysates. *J. Food. Biochem.*, 1, pp :15-34.
- Teisseire P. 1959. Aperçu sur les ennemis et maladies du palmier dattier en Algérie et au Sahara et les moyens mis en oeuvre pour le combattre. C.R. Congrès de la première réunion technique internationale sur la production et le traitement des dattes. FAO, Tripoli.
- Tirilly Y. et Bourgeois C.L. 1999. Technologie des légumes. Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. pp 216-293.
- Toutain G., 1979. Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement. pp 202-214.
- Trakulnaleumsai C., Ketsa S. and Van Doorn W.G. 2006. Temperature effects on peel spotting in #Sucrier# banana fruit. *Postharvest Biol. and Techn*, 39, pp: 285-290.
- Thibault J. F. 1988. Les substances pectiques. In : Montières B.Ed. « Les polymères végétaux non azotés ». Gauthier Villars, Paris, pp : 232-249.
- Thibault J. F., et Barowa L. 1985. Les enzymes pectiques. In : « Les polymères végétaux : Polymères pariétaux et alimentaires non azotés ». Ed. Costes et Montières B, Gauthier Villars, Paris, pp : 143-164.
- Van Dercook. C. E., Hasegawa. S., Maier. V. P. 1980. Dates tropical and subtropical fruits. Composition properties and uses. Nagy and P. E. Shaw, Eds. Pp: 506- 541.
- Varoquaux P. et Nguyen-The C. 1993. Les atmosphères modifiées de la quatrième gamme : technologie alimentaire, les hautes pressions. Ed IFN Dossier. 90p.
- Vasseur J.P., 1991. Ionisation des produits alimentaires. Collection Sciences et techniques agro-alimentaires. Ed. Tec et Doc. Lavoisier Paris.
- Vilardebo A. 1973. Déprédateurs de la production après la récolte. In : Le palmier dattier, Maisonneuve et Larose.
- Vilardebo A. 1975. Enquête diagnostique sur les problèmes sanitaires entomologiques sur les palmiers dattier du sud-est Algérien, *Bullidagor, SAHARA* (1975,1/3).
- Vincent L.E. and Lindgren D.L. 1972. Hydrogene phosphide and ethyl formate fumigation of insects infecting dates and others dried fruits. *J. econ. Entomology*, 65, pp: 1667-1669.
- Vinson A.E. 1911. Chemistry and ripening of the date. *Bull. Ariz. Agric.Exp. Stat.*, 66, pp: 403-435.
- Wahid M., Sattar Abdus, Lan M. and Khan I. 1989. Effect of combination methods on insect disinfestations and quality of dry fruits. *J. Food Processing and Preservation*, 13, pp: 79-85.
- Wang S., Yin X., Tang J. and Hansen J.D. 2004. Thermal resistance of different life stages of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Stored Products Research*, 40, pp : 565-574.
- Weller G.L. and Graver, V.S. 1998. Cut flower disinfestations: Assessment of replacement fumigants for methyl bromide. *Postharvest Biology and Technology*. Vol.14, pp: 325-333.
-

- Wertheimer M. 1958. Un des principaux parasites du palmier dattier algérien, le *Myelos decolor*. Fruits, vol.13.
- Williams P., Hepworth G., Goubran F., Muhunthan M. and Dun K. 2000. Phosphine as a replacement for methyl bromide for postharvest disinfestations of citrus. Postharvest Biology and Technology. Vol.19, pp: 193-199.
- Woolf A.B. and Fergusson I.B. 2000. Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. Postharvest Biol. And Techn., 21, pp: 7-20.
- Yang B., Shiping T., Honxia L., Jie Z., Jiankang C., Yongcai L. and Weiyi Z. 2003. Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage. Postharvest Biol. And Techn., 29, pp : 229-232.
- Zauberman G., Fuchs Y; and Akerman M. 1995. Peroxidase activity in avocado fruit stored at chilling temperatures. Scientia Horticulturae, 26, pp: 261-265.
- Zhou Y., Dahler J.M., Underhill S.J.R. and Wills R.B.H. 2003. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. Food Chem., 80, pp: 565-572.
- Ziauti A., El Modafar C., El Mandil A., El Boustani E ;, Macheix J.J. 1996. Identification des acides caféoylshikimiques des racines du palmier dattier, principaux composés fongitoxiques vis-à-vis du *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis*. J. Phytopathol. 144, pp: 197-202.
- Ziauti A., El Modafar C. et Boustani E., 2001. Rôle des composés phénoliques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) dans sa défense contre le Bayoud (*Fusarium oxysporum F .sp. Albedinis*. Ed. Phytopathol., Maroc.
- Zettler J.L. and Arthur F.H. 2000. Chemical control of stored product insect with fumigants and residual treatments. Crop Protection. Vol. 19. pp: 577-582.

# ANNEXES

## Annexe I : Effets des barèmes de thermisation.

Tableau 1 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur l'infestation de la datte Deglet Nour.

Infestation (%)	Non Traité	45°C/30 min	50°C/25 min	55°C/20 min	60°C/10 min
Taux de survivants (larves)	100 (a)	36,27 ± 1,72 (b)	28,48 ± 1,00 (c)	11,60 ± 0,98 (d)	10,37 ± 0,43 (d)
Taux d'éclosion (œufs)	100 (a)	45,21 ± 1,31 (b)	33,65 ± 1,15 (c)	4,16 ± 0,85 (d)	3,12 ± 0,65 (d)

Tableau 2 : Effets des différents barèmes de thermisation appliqués sur les principaux critères de qualité de la datte Deglet Nour.

	Non Traité	45°C/30 min	50°C/25 min	55°C/20 min	60°C/10 min
Teneur en eau (% MF)	21,54 ± 0,06 (a)	21,08 ± 0,10 (a)	19,65 ± 0,10 (b)	20,03 ± 0,08 (b)	17,41 ± 0,09 (c)
pH	06,17 ± 0,02 (a)	05,31 ± 0,03 (b)	05,89 ± 0,07 (a)	05,88 ± 0,06 (a)	05,14 ± 0,04 (b)
Acidité (%)	03,81 ± 0,04 (c)	04,09 ± 0,01 (b)	04,25 ± 0,04 (b)	04,15 ± 0,04 (b)	04,99 ± 0,07 (a)
Rapport R (%)	08,36 ± 0,02 (c)	08,80 ± 0,06 (b)	09,04 ± 0,09 (a)	08,85 ± 0,04 (b)	09,27 ± 0,07 (a)

\* La différence est significative au seuil du risque d'erreur  $\alpha$  (5%), (test de Student).

## Annexe II : Effet de la thermisation sur la composition chimique de la datte.

Tableau 16 : Effet de la thermisation (55°C/20 min) sur la composition chimique de la datte D. Nour

**Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.**

<b>Paramètre</b>	<b>Non Thermisé</b>	<b>Thermisé (55°C/20 min)</b>
Perte de poids (%)	-	- 0,67 ± 0,02
Rapport R (%)	08,56 ± 0,36 (a)	08,87 ± 0,91 (a)
pH	5,30 ± 0,03 (b)	5,62 ± 0,07 (a)
Acidité titrable (g/100 g MS)	5,60 ± 0,46 (a)	5,20 ± 0,66 (a)
Teneur en eau	24,00 ± 0,41 (a)	22,89 ± 0,23(b)
Degré Brix	18,50 ± 0,01 (b)	19,25 ± 0,00(a)
BNE (%)	82,20 ± 4,89 (a)	86,75 ± 2,29 (a)
Sucres totaux (% MF)	70,50 ± 0,31(a)	68,65 ± 0,10(a)
Sucres réducteurs (% MF)	40,05 ± 0,28 (b)	43,15 ± 0,10(a)
Saccharose (% MF)	34,23 ± 0,36 (b)	39,50 ± 0,14 (a)
Taux d'inversion	0,57	0,63
Glucose (% SR)	49,50 ± 0,10 (b)	52,57 ± 0,10 (a)
Fructose (% SR)	50,50 ± 0,12 (a)	47,43 ± 0,12 (b)
Glu/Fru	0,98	1,08
Rapport Sucres/Eau	2,94	2,99
Composés phénoliques (mg/100 g MF)	479 ± 1,03 (b)	499 ± 0,75 (a)
Vitamine C (mg/100 g MF)	5,05 ± 0,03 (a)	4,71 ± 0,19 (b)
Tanins (%)	54,30 ± 0,20 (a)	43,63 ± 0,42 (b)
Astringence	0,516± 0,001 (a)	0,412 ± 0,001 (b)
PPO (UI)	0,0098 ± 0,0002 (b)	0,0115 ± 0,0003 (a)
POD (UI)	10,25 ± 0,10 (b)	11,76 ± 0,28 (a)
PE (UI)	0,34 ± 0,07 (b)	0,62 ± 0,05 (a)
PG (% D)	42,48 ± 0,03 (a)	36,07 ± 0,18 (b)
PAL (U/100 g)	3 ,17 ± 0,002 (a)	2,86 ± 0,010 (b)

Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).

## **Annexe III : Technologie de conservation de la datte.**

L O C S	Température ambiante			Température basse (10°C)	
	Mois	Perte de poids (%)	Rapport R	Perte de poids (%)	Rapport R
NTNE (Témoins)	0	+0,03 ± 0,01	08,36 ± 0,36 <sup>(a)</sup>	+0,03 ± 0,01	08,36 ± 0,36 <sup>(a)</sup>
	1	-0,07 ± 0,01	09,01 ± 0,69 <sup>(b)</sup>	-0,09 ± 0,01	10,02 ± 2,58 <sup>(a)</sup>
	2	-2,25 ± 0,15 <sup>(b)</sup>	09,08 ± 0,81 <sup>(b)</sup>	-4,64 ± 0,18 <sup>(b)</sup>	10,13 ± 1,03 <sup>(a)</sup>
	3	-3,37 ± 0,11 <sup>(c)</sup>	10,36 ± 1,38 <sup>(a)</sup>	-5,03 ± 0,23 <sup>(b)</sup>	10,42 ± 1,57 <sup>(a)</sup>
	4	-3,21 ± 0,29 <sup>(c)</sup>	10,38 ± 1,30 <sup>(a)</sup>	-6,37 ± 0,95 <sup>(b)</sup>	11,25 ± 2,06 <sup>(a)</sup>
	5	-6,98 ± 0,35 <sup>(d)</sup>	09,98 ± 1,12 <sup>(a)</sup>	-8,42 ± 0,62 <sup>(d)</sup>	10,11 ± 1,01 <sup>(a)</sup>
TNE	0	+0,03 ± 0,01	08,85 ± 0,91 <sup>(a)</sup>	+0,03 ± 0,01	08,85 ± 0,91 <sup>(a)</sup>
	1	-0,07 ± 0,01	12,03 ± 0,62 <sup>(a)</sup>	-0,09 ± 0,01	09,74 ± 1,06 <sup>(b)</sup>
	2	-2,05 ± 0,18 <sup>(b)</sup>	10,18 ± 0,12 <sup>(a)</sup>	-4,65 ± 0,32 <sup>(b)</sup>	08,95 ± 0,37 <sup>(b)</sup>
	3	-2,39 ± 0,14 <sup>(b)</sup>	09,69 ± 0,27 <sup>(b)</sup>	-7,49 ± 0,21 <sup>(c)</sup>	09,73 ± 1,31 <sup>(b)</sup>
	4	-3,88 ± 0,25 <sup>(c)</sup>	10,02 ± 0,84 <sup>(a)</sup>	-6,55 ± 0,27 <sup>(b)</sup>	10,18 ± 1,23 <sup>(b)</sup>
	5	-4,09 ± 0,35 <sup>(c)</sup>	10,59 ± 0,52 <sup>(a)</sup>	-4,63 ± 0,72 <sup>(c)</sup>	09,16 ± 2,04 <sup>(b)</sup>
NTE	0	+0,03 ± 0,01	08,36 ± 0,36 <sup>(a)</sup>	+0,03 ± 0,01	08,36 ± 0,36 <sup>(a)</sup>
	1	-0,07 ± 0,01	08,52 ± 0,25 <sup>(b)</sup>	-0,09 ± 0,01	09,26 ± 1,74 <sup>(c)</sup>
	2	-0,19 ± 0,21 <sup>(a)</sup>	08,64 ± 1,07 <sup>(b)</sup>	+0,07 ± 0,27 <sup>(a)</sup>	10,24 ± 0,91 <sup>(b)</sup>
	3	-0,05 ± 0,42 <sup>(a)</sup>	08,24 ± 0,37 <sup>(d)</sup>	-0,12 ± 0,25 <sup>(a)</sup>	10,33 ± 1,04 <sup>(a)</sup>
	4	-1,97 ± 0,36 <sup>(b)</sup>	09,29 ± 0,13 <sup>(b)</sup>	-0,09 ± 0,28 <sup>(a)</sup>	10,71 ± 0,97 <sup>(a)</sup>
	5	-1,18 ± 0,27 <sup>(b)</sup>	08,97 ± 1,07 <sup>(a)</sup>	-0,13 ± 0,22 <sup>(a)</sup>	09,75 ± 1,29 <sup>(b)</sup>
TE	0	+0,03 ± 0,01	08,85 ± 0,91 <sup>(a)</sup>	+0,03 ± 0,01	08,85 ± 0,91 <sup>(a)</sup>
	1	-0,07 ± 0,00	08,17 ± 0,46 <sup>(b)</sup>	-0,09 ± 0,00	08,82 ± 0,82 <sup>(d)</sup>
	2	+0,09 ± 0,31 <sup>(a)</sup>	10,26 ± 0,71 <sup>(a)</sup>	-0,05 ± 0,30 <sup>(a)</sup>	09,12 ± 0,90 <sup>(b)</sup>
	3	+0,38 ± 0,41 <sup>(a)</sup>	09,02 ± 0,88 <sup>(c)</sup>	-0,08 ± 0,15 <sup>(a)</sup>	09,97 ± 1,66 <sup>(b)</sup>
	4	+2,80 ± 1,02 <sup>(a)</sup>	08,37 ± 0,98 <sup>(c)</sup>	+0,05 ± 0,25 <sup>(a)</sup>	08,96 ± 0,82 <sup>(c)</sup>
	5	+3,09 ± 0,39 <sup>(a)</sup>	08,37 ± 0,35 <sup>(b)</sup>	-2,06 ± 0,25 <sup>(b)</sup>	09,53 ± 1,54 <sup>(b)</sup>

Tableau 27.1 : Caractéristiques physico-chimiques des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.

\* La comparaison a été effectuée pour chaque période indépendamment de l'autre.

\* Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).

**Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.**

L O t S	Température ambiante			Température basse (10° C)	
	Mois	pH	Acidité Titrable (%)	pH	Acidité Titrable (%)
NTNE (Tauxins)	0	5,30 ± 0,03 (a)	5,04 ± 0,56 (a)	5,30 ± 0,03 (a)	5,04 ± 0,56 (a)
	1	5,58 ± 0,01 (a)	2,66 ± 0,88 (a)	5,36 ± 0,10 (a)	3,46 ± 1,20 (a)
	2	5,32 ± 0,03 (a)	4,45 ± 0,30 (a)	5,08 ± 0,01 (a)	3,88 ± 0,43 (a)
	3	4,62 ± 0,02 (a)	5,87 ± 0,26 (a)	4,74 ± 0,02 (a)	7,07 ± 0,50 (a)
	4	4,75 ± 0,01 (a)	4,70 ± 0,14 (a)	4,89 ± 0,01 (a)	5,24 ± 0,14 (a)
	5	4,92 ± 0,00 (a)	6,03 ± 0,45 (a)	5,23 ± 0,01 (a)	4,58 ± 0,10 (a)
TNE	0	5,69 ± 0,07 (a)	4,10 ± 0,76 (a)	5,69 ± 0,07 (a)	4,10 ± 0,76 (a)
	1	5,11 ± 0,57 (a)	3,43 ± 0,99 (a)	5,66 ± 0,02 (a)	3,79 ± 1,24 (a)
	2	4,95 ± 0,03 (a)	3,96 ± 0,17 (a)	5,18 ± 0,01 (a)	5,61 ± 0,44 (a)
	3	4,60 ± 0,01 (a)	2,69 ± 0,08 (a)	4,71 ± 0,01 (a)	3,83 ± 0,22 (a)
	4	4,47 ± 0,01 (a)	6,47 ± 0,14 (a)	4,53 ± 0,01 (a)	4,64 ± 0,20 (a)
	5	5,04 ± 0,01 (a)	5,04 ± 0,24 (a)	5,28 ± 0,01 (a)	3,74 ± 0,12 (a)
NTE	0	5,30 ± 0,03 (a)	5,04 ± 0,56 (a)	5,69 ± 0,07 (a)	5,04 ± 0,56 (a)
	1	5,18 ± 0,07 (a)	3,49 ± 1,33 (a)	5,66 ± 0,02 (a)	3,06 ± 1,03 (a)
	2	5,06 ± 0,14 (a)	4,86 ± 0,10 (a)	5,18 ± 0,01 (a)	4,40 ± 0,44 (a)
	3	4,77 ± 0,01 (a)	4,90 ± 0,38 (a)	4,71 ± 0,01 (a)	3,70 ± 0,17 (a)
	4	4,62 ± 0,26 (a)	5,28 ± 0,24 (a)	4,53 ± 0,01 (a)	4,27 ± 0,20 (a)
	5	4,96 ± 0,16 (a)	5,42 ± 0,20 (a)	5,28 ± 0,01 (a)	3,84 ± 0,07 (a)
TE	0	5,69 ± 0,07 (a)	4,10 ± 0,56 (a)	5,69 ± 0,07 (a)	4,10 ± 0,76 (a)
	1	5,70 ± 0,02 (a)	3,64 ± 1,35 (a)	5,66 ± 0,02 (a)	4,32 ± 1,35 (a)
	2	5,29 ± 0,03 (a)	3,80 ± 0,29 (a)	5,18 ± 0,01 (a)	3,50 ± 0,25 (a)
	3	4,54 ± 0,02 (a)	4,60 ± 0,08 (a)	4,71 ± 0,01 (a)	5,32 ± 0,44 (a)
	4	4,47 ± 0,01 (a)	5,52 ± 0,52 (a)	4,53 ± 0,01 (a)	6,45 ± 0,23 (a)
	5	5,05 ± 0,01 (a)	5,42 ± 0,20 (a)	5,28 ± 0,01 (a)	4,16 ± 0,33 (a)

*Tableau 27.2 : Caractéristiques physico-chimiques des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.*

\* La comparaison a été effectuée pour chaque période indépendamment de l'autre.

\* Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).

L o c a l i t é	Température ambiante			Température basse (10°C)			
	Mois	Teneur en eau (%MF)	Brix (%)	BNE (%)	Teneur en eau (%MF)	Brix (%)	BNE (%)
NTNE (Témoins)	0	18,17 ±0,41 <sup>(a)</sup>	17,00 ±0,01 <sup>(a)</sup>	84,33 ±8,99 <sup>(a)</sup>	18,17 ±0,01 <sup>(a)</sup>	17,00±0,41 <sup>(a)</sup>	84,33 ±8,99 <sup>(a)</sup>
	1	13,21 ±0,28 <sup>(a)</sup>	19,25 ±0,02 <sup>(a)</sup>	98,80 ±0,01 <sup>(a)</sup>	12,48 ±0,04 <sup>(a)</sup>	22,00±0,41 <sup>(a)</sup>	94,87 ±0,85 <sup>(a)</sup>
	2	11,69 ±0,24 <sup>(a)</sup>	21,75 ±0,02 <sup>(a)</sup>	93,43 ±1,50 <sup>(a)</sup>	11,10 ±0,02 <sup>(a)</sup>	22,25±0,41 <sup>(a)</sup>	92,63 ±3,18 <sup>(a)</sup>
	3	11,65 ±0,32 <sup>(a)</sup>	20,00 ±0,03 <sup>(a)</sup>	89,67 ±1,63 <sup>(a)</sup>	10,52 ±0,02 <sup>(a)</sup>	21,50±0,41 <sup>(a)</sup>	88,20 ±0,66 <sup>(a)</sup>
	4	09,80 ±0,22 <sup>(a)</sup>	24,50 ±0,01 <sup>(a)</sup>	96,57 ±0,55 <sup>(a)</sup>	09,88 ±0,04 <sup>(a)</sup>	20,50±0,41 <sup>(a)</sup>	86,23 ±1,02 <sup>(a)</sup>
TNE	5	09,31 ±0,28 <sup>(a)</sup>	21,75 ±0,04 <sup>(a)</sup>	89,67 ±0,25 <sup>(a)</sup>	08,79 ±0,08 <sup>(a)</sup>	22,00±0,41 <sup>(a)</sup>	86,17 ±0,25 <sup>(a)</sup>
	0	16,59 ±0,27 <sup>(a)</sup>	18,25 ±0,01 <sup>(a)</sup>	89,21 ±0,29 <sup>(a)</sup>	16,59 ±0,05 <sup>(a)</sup>	18,25±0,41 <sup>(a)</sup>	89,21 ±0,29 <sup>(a)</sup>
	1	13,44 ±0,26 <sup>(a)</sup>	19,00 ±0,04 <sup>(a)</sup>	82,50 ±1,47 <sup>(a)</sup>	12,33 ±0,05 <sup>(a)</sup>	17,75±0,41 <sup>(a)</sup>	82,00 ±3,48 <sup>(a)</sup>
	2	11,92 ±0,20 <sup>(a)</sup>	21,00 ±0,04 <sup>(a)</sup>	92,40 ±0,69 <sup>(a)</sup>	10,65 ±0,03 <sup>(a)</sup>	21,50±0,41 <sup>(a)</sup>	96,90 ±0,26 <sup>(a)</sup>
	3	10,82 ±0,26 <sup>(a)</sup>	21,00 ±0,02 <sup>(a)</sup>	89,60 ±2,75 <sup>(a)</sup>	11,31 ±0,03 <sup>(a)</sup>	20,00±0,41 <sup>(a)</sup>	96,93 ±0,84 <sup>(a)</sup>
NTE	4	08,92 ±0,20 <sup>(a)</sup>	22,00 ±0,01 <sup>(a)</sup>	89,53 ±0,40 <sup>(a)</sup>	08,86 ±0,04 <sup>(a)</sup>	22,75±0,41 <sup>(a)</sup>	93,27 ±0,55 <sup>(a)</sup>
	5	09,13 ±0,25 <sup>(a)</sup>	20,75 ±0,03 <sup>(a)</sup>	87,03 ±0,55 <sup>(a)</sup>	07,38 ±0,19 <sup>(a)</sup>	22,75±0,41 <sup>(a)</sup>	89,27 ±1,42 <sup>(a)</sup>
	0	18,17 ±0,41 <sup>(a)</sup>	17,00 ±0,05 <sup>(a)</sup>	84,33 ±8,99 <sup>(a)</sup>	18,17 ±0,02 <sup>(a)</sup>	17,00±0,41 <sup>(a)</sup>	84,33 ±8,99 <sup>(a)</sup>
	1	17,02 ±0,29 <sup>(a)</sup>	19,25 ±0,08 <sup>(a)</sup>	85,50 ±6,06 <sup>(a)</sup>	14,45 ±0,01 <sup>(a)</sup>	20,00±0,41 <sup>(a)</sup>	87,03 ±1,30 <sup>(a)</sup>
	2	13,50 ±0,26 <sup>(a)</sup>	18,50 ±0,07 <sup>(a)</sup>	89,83 ±4,04 <sup>(a)</sup>	15,68 ±0,09 <sup>(a)</sup>	20,50±0,41 <sup>(a)</sup>	85,93 ±3,61 <sup>(a)</sup>
TE	3	15,23 ±0,42 <sup>(a)</sup>	17,75 ±0,02 <sup>(a)</sup>	87,73 ±0,93 <sup>(a)</sup>	11,59 ±0,02 <sup>(a)</sup>	19,50±0,41 <sup>(a)</sup>	88,07 ±1,69 <sup>(a)</sup>
	4	11,72 ±0,36 <sup>(a)</sup>	20,00 ±0,03 <sup>(a)</sup>	80,87 ±0,95 <sup>(a)</sup>	11,03 ±0,03 <sup>(a)</sup>	22,50±0,41 <sup>(a)</sup>	84,97 ±0,83 <sup>(a)</sup>
	5	13,82 ±0,27 <sup>(a)</sup>	21,00 ±0,03 <sup>(a)</sup>	92,80 ±2,65 <sup>(a)</sup>	10,58 ±0,04 <sup>(a)</sup>	22,00±0,41 <sup>(a)</sup>	89,23 ±1,62 <sup>(a)</sup>
	0	16,59 ±0,27 <sup>(a)</sup>	18,25 ±0,01 <sup>(a)</sup>	89,21 ±0,29 <sup>(a)</sup>	16,59 ±0,05 <sup>(a)</sup>	18,25±0,41 <sup>(a)</sup>	89,21 ±0,29 <sup>(a)</sup>
	1	17,69 ±0,37 <sup>(a)</sup>	17,75 ±0,08 <sup>(a)</sup>	79,30 ±2,16 <sup>(a)</sup>	15,21 ±0,06 <sup>(a)</sup>	18,75±0,41 <sup>(a)</sup>	90,90 ±1,93 <sup>(a)</sup>
	2	13,65 ±0,31 <sup>(a)</sup>	16,75 ±0,06 <sup>(a)</sup>	92,00 ±0,17 <sup>(a)</sup>	13,97 ±0,03 <sup>(a)</sup>	18,50±0,41 <sup>(a)</sup>	82,73 ±6,99 <sup>(a)</sup>
	3	15,18 ±0,41 <sup>(a)</sup>	17,75 ±0,05 <sup>(a)</sup>	94,40 ±0,36 <sup>(a)</sup>	07,28 ±0,03 <sup>(a)</sup>	19,00±0,41 <sup>(a)</sup>	92,37 ±1,75 <sup>(a)</sup>
	4	12,97 ±1,02 <sup>(a)</sup>	18,50 ±0,01 <sup>(a)</sup>	93,33 ±0,31 <sup>(a)</sup>	10,94 ±0,04 <sup>(a)</sup>	20,50±0,41 <sup>(a)</sup>	89,97 ±0,50 <sup>(a)</sup>
	5	12,55 ±0,39 <sup>(a)</sup>	19,50 ±0,02 <sup>(a)</sup>	70,90 ±5,81 <sup>(a)</sup>	10,09 ±0,01 <sup>(a)</sup>	19,50±0,41 <sup>(a)</sup>	92,27 ±0,93 <sup>(a)</sup>

Tableau 28 : Caractéristiques biochimiques des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.

Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.

L O C A L I T É	Mois	Température ambiante			Température basse (10°C)		
		Sucres totaux (%MF)	Sucres réducteurs (%MF)	Saccharose (% MF)	Sucres totaux (%MF)	Sucres réducteurs (%MF)	Saccharose (% MF)
NTNE (Témoins)	0	70,81 ± 0,28 (a)	48,08 ± 0,28 (b)	38,22 ± 0,38 (b)	70,80 ± 0,26 (a)	48,13 ± 0,24 (b)	38,30 ± 0,20 (b)
	1	66,46 ± 0,53 (a)	46,30 ± 0,56 (b)	30,82 ± 0,60 (c)	55,81 ± 0,26 (d)	46,83 ± 0,20 (b)	33,85 ± 0,18 (c)
	2	66,21 ± 0,16 (b)	46,03 ± 0,30 (c)	28,35 ± 0,34 (c)	63,95 ± 0,43 (a)	44,50 ± 0,63 (b)	32,66 ± 0,21 (c)
	3	45,63 ± 0,63 (d)	45,92 ± 0,08 (b)	24,36 ± 0,33 (d)	56,10 ± 0,83 (b)	40,26 ± 0,27 (b)	28,12 ± 0,35 (d)
	4	42,05 ± 0,13 (d)	37,58 ± 2,32 (c)	20,82 ± 0,71 (c)	58,40 ± 0,83 (c)	37,97 ± 0,18 (c)	24,40 ± 0,28 (d)
	5	39,16 ± 0,33 (c)	31,16 ± 1,25 (b)	19,09 ± 0,13 (b)	49,20 ± 0,55 (c)	36,55 ± 0,38 (c)	21,69 ± 0,62 (d)
TNE	0	68,55 ± 0,10 (b)	50,09 ± 0,10 (a)	48,24 ± 0,13 (a)	68,29 ± 0,33 (b)	50,39 ± 0,62 (a)	48,26 ± 0,55 (a)
	1	52,67 ± 0,19 (d)	53,16 ± 0,17 (a)	42,84 ± 0,07 (a)	73,69 ± 0,72 (a)	54,30 ± 0,44 (a)	47,75 ± 0,12 (a)
	2	66,21 ± 0,16 (b)	46,03 ± 0,30 (a)	42,13 ± 0,13 (a)	49,58 ± 0,28 (c)	46,29 ± 0,34 (a)	45,33 ± 0,33 (a)
	3	53,02 ± 0,08 (c)	40,33 ± 0,15 (d)	36,15 ± 0,10 (b)	52,47 ± 0,25 (c)	46,16 ± 0,19 (a)	40,57 ± 0,24 (b)
	4	60,03 ± 0,13 (d)	37,09 ± 0,14 (c)	25,48 ± 0,20 (b)	55,16 ± 0,19 (b)	42,73 ± 0,35 (b)	35,02 ± 0,50 (b)
	5	49,45 ± 0,09 (b)	32,73 ± 0,08 (b)	20,99 ± 0,14 (a)	55,74 ± 0,11 (a)	44,01 ± 0,21 (a)	32,13 ± 0,14 (b)
NTE	0	68,81 ± 1,76 (b)	46,45 ± 2,56 (b)	38,09 ± 0,21 (b)	70,57 ± 0,60 (a)	45,62 ± 0,10 (c)	38,27 ± 0,06 (b)
	1	60,44 ± 1,80 (b)	41,84 ± 0,32 (c)	32,73 ± 2,99 (b)	62,00 ± 0,25 (c)	42,29 ± 0,29 (c)	36,60 ± 0,35 (b)
	2	67,13 ± 0,86 (a)	43,75 ± 1,23 (d)	30,56 ± 0,78 (b)	50,37 ± 0,32 (c)	42,66 ± 0,12 (c)	35,41 ± 0,45 (b)
	3	68,55 ± 0,51 (a)	42,17 ± 0,28 (c)	31,40 ± 0,57 (c)	47,53 ± 0,55 (d)	45,43 ± 0,37 (a)	30,72 ± 0,37 (c)
	4	66,47 ± 2,39 (a)	39,48 ± 1,11 (b)	24,70 ± 0,54 (b)	52,40 ± 2,39 (c)	45,02 ± 0,20 (a)	28,12 ± 0,30 (c)
	5	52,77 ± 1,38 (a)	33,44 ± 1,40 (b)	21,29 ± 0,40 (a)	54,00 ± 0,20 (b)	40,25 ± 0,25 (b)	25,00 ± 0,30 (c)
TE	0	68,65 ± 0,10 (b)	44,80 ± 0,75 (c)	48,22 ± 0,14 (a)	68,48 ± 0,18 (b)	43,72 ± 0,27 (d)	48,29 ± 0,35 (a)
	1	57,30 ± 1,11 (c)	45,52 ± 1,40 (b)	44,36 ± 1,24 (a)	71,09 ± 1,02 (b)	42,03 ± 1,24 (c)	47,85 ± 0,18 (a)
	2	56,22 ± 0,90 (c)	48,81 ± 1,06 (b)	43,35 ± 0,41 (a)	60,52 ± 0,88 (b)	41,45 ± 1,08 (c)	46,39 ± 0,43 (a)
	3	59,37 ± 1,44 (b)	50,75 ± 1,64 (a)	40,14 ± 0,96 (a)	59,39 ± 1,20 (a)	41,03 ± 0,93 (b)	44,26 ± 0,23 (a)
	4	52,72 ± 1,25 (c)	46,29 ± 1,00 (a)	35,69 ± 0,83 (a)	60,04 ± 1,08 (a)	42,13 ± 1,13 (b)	40,47 ± 0,76 (a)
	5	49,84 ± 0,11 (b)	45,53 ± 1,10 (a)	21,41 ± 0,15 (a)	56,22 ± 0,58 (a)	35,12 ± 0,65 (c)	37,07 ± 0,25 (a)

Tableau 29.1 : Evolution des teneurs en sucres des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.



L O S	Température ambiante			Température basse (10° C)			
	Mois	Glucose (%SR)	Fructose (% SR)	Rapport Suc/Eau	Glucose (%SR)	Fructose (% SR)	Rapport Suc/Eau
NTNE (Témoins)	0	50,72 ± 0,10 (b)	49,28 ± 0,10 (a)	3,90	50,43 ± 0,15 (b)	49,57 ± 0,25 (a)	3,90
	1	50,48 ± 0,08 (b)	49,52 ± 0,08 (a)	5,03	49,57 ± 0,15 (c)	50,43 ± 0,15 (a)	4,86
	2	48,22 ± 0,08 (b)	51,45 ± 0,57 (a)	5,66	47,07 ± 0,14 (c)	52,93 ± 0,14 (a)	6,33
	3	47,53 ± 0,25 (c)	52,47 ± 0,25 (b)	3,92	44,98 ± 0,12 (c)	55,00 ± 0,12 (a)	6,58
	4	45,00 ± 0,10 (c)	55,00 ± 0,10 (a)	4,29	40,83 ± 0,20 (c)	59,17 ± 0,20 (a)	6,21
	5	40,53 ± 0,08 (c)	59,47 ± 0,08 (a)	4,21	40,40 ± 0,37 (c)	59,60 ± 0,57 (a)	7,25
TNE	0	54,47 ± 0,12 (a)	45,53 ± 0,12 (b)	4,13	54,23 ± 0,21 (a)	45,77 ± 0,21 (b)	4,12
	1	53,93 ± 0,06 (a)	46,07 ± 0,06 (b)	3,92	52,83 ± 0,67 (b)	47,15 ± 0,47 (b)	5,98
	2	53,57 ± 0,06 (a)	46,43 ± 0,06 (b)	5,55	51,84 ± 0,23 (a)	48,16 ± 0,23 (c)	4,66
	3	50,03 ± 0,06 (b)	56,63 ± 5,83 (a)	4,90	48,48 ± 0,29 (b)	51,52 ± 0,29 (c)	4,64
	4	46,20 ± 0,10 (b)	53,80 ± 0,10 (b)	6,73	44,48 ± 0,24 (b)	54,52 ± 1,24 (b)	6,23
	5	42,37 ± 0,31 (b)	57,63 ± 0,31 (b)	5,42	44,00 ± 0,16 (b)	56,00 ± 0,16 (b)	7,55
NTE	0	50,68 ± 0,16 (b)	49,32 ± 0,16 (a)	3,79	50,40 ± 0,10 (b)	49,60 ± 0,10 (a)	3,88
	1	50,38 ± 0,25 (b)	49,62 ± 0,25 (a)	3,55	50,07 ± 0,31 (c)	49,93 ± 0,31 (a)	4,29
	2	48,87 ± 0,68 (b)	51,13 ± 0,68 (a)	4,97	49,57 ± 0,60 (b)	50,43 ± 0,60 (b)	3,21
	3	47,07 ± 0,65 (c)	52,93 ± 0,65 (b)	4,50	47,12 ± 0,34 (d)	52,82 ± 0,45 (b)	4,10
	4	44,97 ± 0,06 (c)	55,03 ± 0,06 (a)	5,67	45,44 ± 0,44 (b)	54,56 ± 0,44 (b)	5,22
	5	40,37 ± 0,24 (c)	59,63 ± 0,24 (c)	3,82	43,17 ± 0,98 (d)	56,83 ± 0,98 (b)	6,29
TE	0	55,37 ± 1,12 (a)	44,63 ± 1,12 (c)	4,14	55,23 ± 0,63 (a)	44,77 ± 0,63 (b)	4,13
	1	54,33 ± 0,75 (a)	45,77 ± 0,90 (b)	3,24	54,61 ± 0,12 (a)	45,31 ± 0,12 (b)	4,67
	2	53,60 ± 0,10 (a)	46,40 ± 0,10 (c)	4,12	52,69 ± 1,00 (a)	47,31 ± 1,00 (c)	4,33
	3	51,55 ± 0,68 (a)	48,45 ± 0,68 (c)	3,91	52,71 ± 1,21 (a)	47,29 ± 1,21 (d)	8,16
	4	50,67 ± 1,15 (a)	49,33 ± 1,15 (a)	4,06	52,16 ± 0,70 (a)	47,84 ± 0,70 (c)	5,49
	5	48,53 ± 1,66 (a)	51,47 ± 1,66 (c)	3,97	50,15 ± 0,16 (a)	49,85 ± 0,16 (c)	5,57

Tableau 29.2 : Evolution des teneurs moyennes en glucose et fructose des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.

**Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.**

L O C A L I T É	Mois	Température ambiante		Température basse (10°C)	
		Composés phénoliques (µg/100 g MD)	Vit C (mg/100 g MF)	Composés phénoliques (mg/100 g MF)	Vit C (mg/100 g MF)
NTNE (Tânâins)	0	490 ± 0,95 (b)	5,25 ± 0,03 (a)	490 ± 0,98 (c)	5,25 ± 0,03 (a)
	1	455 ± 0,80 (c)	5,20 ± 0,28 (a)	475 ± 0,53 (c)	5,28 ± 0,03 (a)
	2	437 ± 0,80 (b)	4,85 ± 0,29 (c)	412 ± 0,96 (d)	4,99 ± 0,17 (b)
	3	415 ± 0,75 (b)	4,52 ± 0,23 (c)	393 ± 0,78 (c)	4,78 ± 0,13 (a)
	4	428 ± 1,01 (b)	4,42 ± 0,24 (c)	458 ± 0,96 (b)	4,64 ± 0,22 (c)
	5	463 ± 0,50 (a)	3,89 ± 0,12 (c)	440 ± 0,44 (b)	3,89 ± 0,12 (d)
TNE	0	507 ± 0,75 (a)	5,01 ± 0,03 (a)	507 ± 0,75 (a)	5,01 ± 0,03 (a)
	1	532 ± 0,63 (a)	4,97 ± 0,25 (a)	435 ± 0,35 (d)	5,02 ± 0,04 (b)
	2	490 ± 0,44 (b)	4,94 ± 0,30 (a)	558 ± 0,36 (a)	4,94 ± 0,02 (a)
	3	420 ± 0,92 (b)	4,91 ± 0,15 (a)	418 ± 1,32 (a)	4,88 ± 0,08 (a)
	4	487 ± 1,01 (a)	4,89 ± 0,19 (a)	442 ± 0,36 (c)	4,72 ± 0,08 (b)
	5	455 ± 0,73 (a)	4,75 ± 0,14 (a)	428 ± 1,08 (c)	4,43 ± 0,16 (c)
NTE	0	490 ± 0,98 (b)	5,25 ± 0,03 (a)	490 ± 0,98 (b)	5,25 ± 0,03 (a)
	1	463 ± 0,85 (b)	5,10 ± 0,20 (b)	493 ± 0,99 (b)	5,16 ± 0,35 (b)
	2	463 ± 0,33 (a)	5,03 ± 0,16 (a)	447 ± 0,90 (c)	5,03 ± 0,21 (b)
	3	477 ± 0,95 (a)	4,85 ± 0,12 (b)	410 ± 0,40 (d)	4,90 ± 0,20 (a)
	4	492 ± 0,80 (a)	4,75 ± 0,12 (b)	473 ± 0,46 (a)	4,78 ± 0,44 (b)
	5	442 ± 0,89 (b)	4,41 ± 0,22 (b)	452 ± 0,85 (a)	4,52 ± 0,40 (b)
TE	0	507 ± 0,75 (a)	5,01 ± 0,03 (a)	507 ± 0,75 (a)	5,01 ± 0,03 (a)
	1	463 ± 0,48 (b)	5,00 ± 0,17 (a)	451 ± 0,87 (a)	4,97 ± 0,03 (b)
	2	475 ± 0,82 (c)	4,95 ± 0,16 (b)	463 ± 0,43 (b)	4,90 ± 0,10 (a)
	3	408 ± 0,57 (c)	4,90 ± 0,26 (b)	407 ± 0,81 (d)	4,86 ± 0,22 (a)
	4	432 ± 0,81 (b)	4,83 ± 0,22 (b)	442 ± 0,32 (c)	4,82 ± 0,28 (a)
	5	463 ± 0,87 (c)	4,71 ± 0,15 (a)	427 ± 0,79 (c)	4,80 ± 0,23 (a)

*Tableau 30 : Teneurs moyennes en composés phénoliques et en vitamine C des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et à 10°C.*

\* La comparaison a été effectuée pour chaque période indépendamment de l'autre.

\* Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).

L O C A L I T É	Température ambiante			Température basse (10°C)	
	Mois	Astringence (Abs)	Tanins (%)	Astringence (Abs)	Tanins (%)
NTNE (Témoins)	0	0,720 ±0,001 (b)	62,500 ±0,100 (a)	0,719 ±0,003 (c)	61,190 ±0,036 (d)
	1	0,802 ±0,002 (b)	64,727 ±0,137 (b)	0,492 ±0,002 (d)	87,497 ±0,045 (a)
	2	0,849 ±0,002 (b)	85,740 ±0,003 (a)	0,838 ±0,045 (a)	64,257 ±0,060 (a)
	3	0,893 ±0,003 (b)	70,133 ±0,042 (a)	0,743 ±0,003 (b)	57,037 ±0,081 (c)
	4	0,872 ±0,002 (a)	40,837 ±0,015 (c)	0,804 ±0,002 (c)	53,300 ±0,050 (c)
	5	0,852 ±0,004 (c)	42,927 ±0,060 (c)	0,852 ±0,002 (a)	51,500 ±0,001 (c)
TNE	0	0,552 ±0,001 (c)	49,500 ±0,050 (c)	0,552 ±0,001 (d)	64,770 ±0,062 (d)
	1	0,963 ±0,002 (a)	86,020 ±0,044 (a)	0,632 ±0,008 (a)	51,700 ±0,100 (b)
	2	0,978 ±0,003 (a)	62,100 ±0,050 (b)	0,615 ±0,004 (c)	51,700 ±0,098 (c)
	3	0,874 ±0,003 (b)	45,800 ±0,062 (c)	0,863 ±0,003 (c)	60,243 ±0,051 (b)
	4	0,625 ±0,004 (c)	47,210 ±0,050 (b)	0,674 ±0,004 (d)	62,350 ±1,050 (b)
	5	0,854 ±0,003 (c)	58,800 ±0,062 (b)	0,742 ±0,000 (b)	64,900 ±0,100 (a)
NTE	0	1,193 ±0,074 (a)	49,500 ±0,050 (c)	1,104 ±0,008 (a)	83,200 ±0,050 (a)
	1	0,727 ±0,008 (c)	52,873 ±0,083 (c)	0,522 ±0,005 (c)	75,377 ±0,035 (c)
	2	0,832 ±0,004 (b)	40,390 ±0,658 (c)	0,552 ±0,001 (d)	65,377 ±0,035 (a)
	3	1,063 ±0,012 (a)	59,270 ±0,036 (b)	0,755 ±0,003 (b)	52,923 ±0,042 (d)
	4	0,831 ±0,005 (b)	78,300 ±0,106 (a)	0,924 ±0,003 (a)	72,170 ±0,035 (a)
	5	0,786 ±0,004 (b)	62,350 ±0,050 (a)	0,851 ±0,036 (a)	64,803 ±0,091 (a)
TE	0	0,803 ±0,003 (c)	58,817 ±0,047 (b)	0,803 ±0,003 (b)	42,450 ±0,050 (c)
	1	0,550 ±0,002 (a)	87,367 ±0,076 (a)	0,601 ±0,001 (b)	84,164 ±0,058 (b)
	2	0,758 ±0,004 (a)	90,050 ±0,050 (b)	0,763 ±0,002 (b)	54,920 ±0,044 (b)
	3	1,004 ±0,005 (b)	84,350 ±0,045 (c)	0,894 ±0,005 (a)	62,497 ±0,045 (a)
	4	0,932 ±0,003 (c)	51,400 ±0,050 (b)	0,859 ±0,002 (b)	64,767 ±0,076 (b)
	5	0,835 ±0,005 (a)	64,900 ±0,100 (b)	0,832 ±0,004 (a)	58,850 ±0,062 (b)

Tableau 31 : Teneurs moyennes en tanins et en astringence des dattes Deglet Nour au cours du stockage à température ambiante et à 10°C.

**Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation.**

L o c a l i s e	Température ambiante			Température basse (10° C)			
	Mois	PPO (UI)	POD (UI)	PE (UI)	PPO (UI)	POD (UI)	PE (UI)
NTNE (Témoins)	0	0.0120 ± 0.0002 (a)	12.66 ± 0.10 (a)	0.28 ± 0.02 (b)	0.0110 ± 0.0005 (a)	13.00 ± 0.14 (a)	0.28 ± 0.01 (b)
	1	0.0130 ± 0.0005 (b)	15.33 ± 0.04 (b)	0.40 ± 0.02 (b)	0.0101 ± 0.0004 (a)	19.30 ± 0.09 (b)	0.38 ± 0.01 (b)
	2	0.0180 ± 0.0003 (b)	16.66 ± 0.13 (a)	0.70 ± 0.02 (c)	0.0099 ± 0.0002 (b)	14.66 ± 0.14 (c)	0.60 ± 0.01 (b)
	3	0.0140 ± 0.0007 (a)	20.33 ± 0.04 (a)	0.80 ± 0.02 (c)	0.0075 ± 0.0004 (c)	19.33 ± 0.02 (b)	0.65 ± 0.01 (b)
	4	0.0075 ± 0.0004 (b)	15.22 ± 0.02 (a)	0.82 ± 0.03 (c)	0.0060 ± 0.0002 (c)	14.33 ± 0.03 (c)	0.72 ± 0.02 (c)
	5	0.0060 ± 0.0007 (c)	12.90 ± 0.15 (a)	0.70 ± 0.02 (c)	0.0040 ± 0.0007 (b)	14.63 ± 0.05 (a)	0.62 ± 0.01 (c)
TNE	0	0.0146 ± 0.0001 (a)	13.00 ± 0.23 (a)	0.55 ± 0.01 (a)	0.0150 ± 0.0003 (a)	12.66 ± 0.07 (a)	0.55 ± 0.01 (a)
	1	0.0292 ± 0.0008 (a)	19.66 ± 0.36 (a)	0.62 ± 0.02 (a)	0.0130 ± 0.0003 (a)	20.66 ± 0.07 (a)	0.59 ± 0.01 (a)
	2	0.0250 ± 0.0010 (a)	14.00 ± 0.53 (b)	0.79 ± 0.02 (b)	0.0190 ± 0.0004 (a)	16.33 ± 0.04 (b)	0.63 ± 0.01 (b)
	3	0.0165 ± 0.0001 (a)	16.33 ± 0.08 (b)	0.85 ± 0.02 (b)	0.0152 ± 0.0005 (b)	14.66 ± 0.05 (c)	0.76 ± 0.01 (a)
	4	0.0055 ± 0.0001 (b)	14.33 ± 0.07 (b)	0.90 ± 0.02 (b)	0.0106 ± 0.0004 (b)	15.33 ± 0.04 (b)	0.88 ± 0.01 (a)
	5	0.0080 ± 0.0005 (b)	12.50 ± 0.10 (a)	0.80 ± 0.03 (b)	0.0092 ± 0.0004 (a)	12.33 ± 0.05 (c)	0.79 ± 0.01 (a)
NTE	0	0.0116 ± 0.0002 (a)	12.11 ± 0.03 (a)	0.28 ± 0.01 (b)	0.0130 ± 0.0001 (a)	12.17 ± 0.10 (a)	0.26 ± 0.01 (b)
	1	0.0120 ± 0.0001 (b)	16.34 ± 0.04 (b)	0.38 ± 0.01 (b)	0.0130 ± 0.0003 (a)	10.04 ± 0.05 (c)	0.29 ± 0.02 (c)
	2	0.0116 ± 0.0001 (c)	15.05 ± 0.09 (b)	0.61 ± 0.02 (d)	0.0126 ± 0.0004 (b)	11.75 ± 0.05 (d)	0.51 ± 0.01 (c)
	3	0.0157 ± 0.0003 (a)	14.80 ± 0.15 (c)	0.66 ± 0.02 (d)	0.0120 ± 0.0000 (d)	20.60 ± 0.06 (a)	0.59 ± 0.02 (c)
	4	0.0113 ± 0.0002 (b)	12.24 ± 0.05 (c)	0.58 ± 0.01 (d)	0.0150 ± 0.0006 (a)	15.75 ± 0.10 (b)	0.49 ± 0.02 (d)
	5	0.0099 ± 0.0005 (a)	11.07 ± 0.08 (b)	0.54 ± 0.04 (d)	0.0100 ± 0.0001 (a)	13.07 ± 0.11 (c)	0.41 ± 0.01 (d)
TE	0	0.0154 ± 0.0003 (a)	12.11 ± 0.04 (a)	0.55 ± 0.02 (a)	0.0154 ± 0.0010 (a)	12.50 ± 0.22 (a)	0.53 ± 0.01 (a)
	1	0.0116 ± 0.0003 (b)	11.20 ± 0.03 (c)	0.59 ± 0.01 (a)	0.0140 ± 0.0000 (a)	18.56 ± 0.10 (b)	0.60 ± 0.01 (a)
	2	0.0133 ± 0.0003 (c)	14.72 ± 0.04 (b)	0.86 ± 0.02 (a)	0.0170 ± 0.0013 (a)	20.65 ± 0.11 (a)	0.71 ± 0.02 (a)
	3	0.0150 ± 0.0002 (a)	17.31 ± 0.04 (b)	0.96 ± 0.01 (a)	0.0180 ± 0.0035 (a)	19.07 ± 0.12 (b)	0.79 ± 0.01 (a)
	4	0.0116 ± 0.0002 (a)	12.30 ± 0.02 (c)	0.98 ± 0.01 (a)	0.0130 ± 0.0018 (a)	16.66 ± 0.05 (a)	0.82 ± 0.01 (b)
	5	0.0100 ± 0.0003 (a)	12.00 ± 0.06 (a)	0.92 ± 0.01 (a)	0.0110 ± 0.0000 (a)	13.55 ± 0.09 (b)	0.72 ± 0.01 (b)

Tableau 32 : Activités enzymatiques (PPO, POD et PE) des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et basse (10°C).

L o c a l i s	Température ambiante		Température basse (10° C)		
	Mois	PG (% D)	PAL (U/100g)	PG (% D)	PAL (U/100g)
NTNE (Témoins)	0	45.38 ± 0.03 (a)	3.02 ± 0.02 (a)	45.31 ± 0.03 (a)	3.01 ± 0.01 (c)
	1	26.69 ± 0.09 (c)	3.18 ± 0.02 (a)	31.66 ± 0.05 (b)	3.10 ± 0.01 (b)
	2	22.46 ± 0.04 (c)	2.10 ± 0.01 (b)	25.16 ± 0.03 (c)	1.90 ± 0.05 (b)
	3	17.33 ± 0.07 (c)	2.67 ± 0.02 (a)	23.41 ± 0.03 (c)	2.07 ± 0.08 (c)
	4	13.12 ± 0.06 (c)	2.50 ± 0.01 (b)	16.63 ± 0.02 (d)	3.73 ± 0.06 (a)
	5	7.96 ± 0.02 (c)	2.92 ± 0.02 (b)	12.08 ± 0.07 (c)	3.80 ± 0.03 (a)
TNE	0	37.33 ± 0.21 (b)	2.90 ± 0.10 (a)	37.23 ± 0.06 (b)	2.90 ± 0.02 (b)
	1	32.92 ± 0.03 (a)	1.83 ± 0.02 (c)	34.22 ± 0.10 (a)	2.81 ± 0.04 (c)
	2	27.16 ± 0.06 (b)	1.37 ± 0.02 (d)	30.57 ± 0.06 (b)	1.71 ± 0.02 (b)
	3	19.44 ± 0.06 (b)	1.59 ± 0.01 (c)	27.78 ± 0.08 (b)	1.92 ± 0.03 (b)
	4	16.75 ± 0.09 (b)	3.85 ± 0.02 (a)	21.83 ± 0.06 (b)	1.77 ± 0.02 (c)
	5	11.22 ± 0.05 (b)	2.70 ± 0.05 (b)	16.68 ± 0.08 (b)	2.65 ± 0.06 (b)
NTE	0	45.24 ± 0.04 (a)	3.29 ± 0.04 (b)	44.82 ± 0.03 (a)	3.29 ± 0.03 (a)
	1	30.14 ± 0.05 (b)	2.24 ± 0.02 (b)	31.10 ± 2.62 (b)	4.75 ± 0.06 (a)
	2	26.37 ± 0.03 (b)	2.90 ± 0.04 (a)	25.37 ± 4.63 (c)	1.82 ± 0.03 (b)
	3	20.66 ± 0.05 (b)	1.90 ± 0.06 (b)	22.17 ± 0.02 (d)	2.56 ± 0.07 (a)
	4	16.45 ± 0.05 (b)	2.81 ± 0.05 (c)	18.80 ± 0.04 (c)	2.13 ± 0.03 (b)
	5	11.15 ± 0.04 (b)	3.15 ± 0.07 (a)	11.74 ± 0.02 (c)	2.60 ± 0.04 (b)
TE	0	37.31 ± 0.03 (b)	2.82 ± 0.05 (a)	37.30 ± 0.17 (b)	2.82 ± 0.02 (b)
	1	32.46 ± 0.04 (a)	1.96 ± 0.05 (c)	35.60 ± 0.10 (a)	2.00 ± 0.05 (d)
	2	28.26 ± 0.06 (a)	1.84 ± 0.04 (c)	32.48 ± 0.01 (a)	2.98 ± 0.01 (a)
	3	25.62 ± 0.05 (a)	2.64 ± 0.04 (a)	28.81 ± 0.03 (a)	1.26 ± 0.04 (d)
	4	19.52 ± 0.04 (a)	3.15 ± 0.04 (b)	23.38 ± 0.08 (a)	2.03 ± 0.03 (b)
	5	15.33 ± 0.03 (a)	2.80 ± 0.03 (b)	20.57 ± 0.06 (a)	3.73 ± 0.09 (a)

Tableau 33 : Activités enzymatiques (PG et PAL) des dattes Deglet Nour au cours du stockage à températures ambiante et basse (10°C).

\* La comparaison a été effectuée pour chaque période indépendamment de l'autre.

\* Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).

L o t s	Mois	Température ambiante	Température basse (10° C)
		Infestation (%)	Infestation (%)
NTNE (Témoins)	0	27,93 ± 6,91 (a)	27,93 ± 6,91 (a)
	1	37,15 ± 3,84 (a)	26,77 ± 6,80 (b)
	3	33,42 ± 1,77 (b)	19,46 ± 1,11 (b)
	4	57,32 ± 5,19 (a)	24,32 ± 2,36 (b)
	5	93,58 ± 4,39 (a)	54,86 ± 2,12 (a)
TNE	0	29,29 ± 7,78 (a)	29,29 ± 7,78 (a)
	1	17,59 ± 4,96 (b)	26,32 ± 7,48 (b)
	3	37,37 ± 4,07 (a)	28,03 ± 2,21 (a)
	4	38,57 ± 2,93 (b)	35,17 ± 5,22 (a)
	5	83,50 ± 3,77 (b)	43,33 ± 3,02 (b)
NTE	0	27,93 ± 6,91 (c)	27,93 ± 6,91 (a)
	1	15,43 ± 7,60 (b)	37,93 ± 3,64 (a)
	3	17,93 ± 4,05 (d)	22,06 ± 2,86 (b)
	4	27,50 ± 4,50 (c)	26,47 ± 3,41 (b)
	5	36,36 ± 2,23 (c)	37,33 ± 1,75 (c)
TE	0	29,29 ± 7,78 (a)	29,29 ± 7,78 (a)
	1	13,50 ± 0,86 (b)	16,69 ± 5,52 (c)
	3	22,23 ± 1,75 (c)	20,29 ± 2,28 (b)
	4	29,87 ± 3,74 (c)	20,43 ± 1,86 (c)
	5	30,67 ± 2,56 (c)	19,03 ± 3,22 (d)

Tableau 34 : Evolution de l'infestation des stocks de dattes Deglet Nour à températures ambiante et basse (10°C).

\* La comparaison a été effectuée pour chaque période indépendamment de l'autre.

\* Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test ANOVA ( $\alpha = 5\%$  et  $1\%$ ).