

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO –VETERINAIRES ET BIOLOGIQUES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIR DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER 2 EN SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière: Sciences Alimentaires
Spécialité : Nutrition et Contrôle des Aliments

Thème

**Effet d'incorporation de la spiruline sur les
qualités biochimiques et nutritionnelle du
sirop de dattes "ROB" obtenu à partir de la
variété Degla Beida**

Présenté par:
LAIB Akila

Devant le jury composé de :

Mr	KADRI A.	MCB	USDB	Président
Mme	DOUMANDJI A.	MCA	USDB	Promotrice
Mme	FERNANE S.	MAB	USDB	Examinatrice
Mme	ABDELLAOUI Z.	MAA	USDB	Examinatrice

Année universitaire 2012 - 2013

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, je tiens tout particulièrement à témoigner ma profonde gratitude à Madame la docteur DOUMANDJI AMEL du département des Sciences Agronomiques, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de diriger ce mémoire. Je la remercie infiniment pour les orientations et conseils qu'elle m'a accordés.

C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes remerciements à Monsieur KADRI du département des Sciences Agronomiques, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider cette soutenance.

Madame FERNANE du département des Sciences Agronomiques, qui me fait l'honneur aujourd'hui d'examiner ce travail et de le juger, j'exprime mes vifs remerciements et ma profonde gratitude.

Que Madame ABDELLAOUI du département des Sciences Agronomiques, soit assurée de ma profonde reconnaissance pour avoir accepté de porter un jugement à ce travail qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Je ne serai oublier monsieur le Professeur FERRADJI Ali, du département de Technologies et Nutrition Humaine (ENSA ex INA) pour son acceptation d'effectuer des analyses dans son laboratoire ainsi que les conseils, les orientations et les critiques très constructive m'ont été d'une grande aide, qu'il soit assuré de ma profonde reconnaissance.

A Mademoiselle BENMAHIDI Souad, qui a apporté sa contribution à la présentation de ce document, je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements les plus sincères.

L'occasion m'est offerte aujourd'hui pour témoigner ma reconnaissance envers mon amie Douibi Halima pour son soutien, ses encouragements qui m'ont énormément aidé à évoluer dans mes investigations, qu'elle soit assurée de ma profonde gratitude.

Enfin, que tout ceux et celles, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail puissent trouver ici l'expression de mes sentiments les plus sincères.

DEDICACE

Ce mémoire est dédié à :

*Ma mère pour tous ses sacrifices ;
mon père pour son soutien durant toute ma vie;*

A toute ma famille et tous mes proches

A madame et monsieur madani

A tous mes amies (is)

المخلص

تهدف هذ الدراسة إلى رفع قيمة التمور الجافة من نوع دقلة بيضاء، و ذلك بتصنيع محلول نقوم بإثرائه بمادة السبيرولين .

مقارنة مع محلول التمر بدون مادة البسيبرولين ، إن المحلول الذي تم إثراؤه بمادة السبيرولين أكثر أهمية من الناحية الغذائية

كذلك تتواجد كل من الماعن السكرية، الدهون، البروتينات بكمية أكبر من تلك التي تم الحصول عليها في محلول التمر بدون السبيرولين.

كما أن النتائج المتحصل عليها أثبتت أن القيمة الطاقوية مرتفعة حيث بلغت (333,65 كيلوجريرة / 100غ من المحلول الطازج) .

من ناحية أخرى ، تميز محلول التمر الذي أضيفت له مادة السبيرولين بكمية معتبرة من البوتاسيوم و قيمة جيدة من الحديد. إضافة ، يتطابق المحلولان اللذان تمت دراستهما مع معايير الجودة الصحية.

الكلمات المفتاحية : دقلة بيضاء، محلول ، سبيرولين، الصفات البيوكيميائية و الغذائية.

Summary

The objective of this work is the valorization of the common type of dates: Degla Beida, in order to produce syrup enriched with spirulina, considered among the non conventional sources of nutrition.

Compared to the syrup without spirulina, the one enriched with it is better in terms of nutritious values even though the amount of water, carbohydrates, fat, and proteins are the same like the syrup with spirulina.

Similarly, the results show that it has better energetic value since it contains 331.65 kilo calories per 100g of fresh syrup.

Furthermore, dates syrup with 0.5 percent of spirulina is very rich in proteins and has a high value of iron.

The two presented syrups have a hygienic quality congruent to the standards.

Key words: Degla Beida, syrup, spirulina, biochemical and nutritious value.

Résumé

Ce travail a pour objectif de valoriser la datte commune *Degla-Beida* afin de mettre au point un sirop qu'on enrichi avec la spiruline , considérée parmi les ressources alimentaires non conventionnelles.

Comparativement au sirop sans spiruline, le sirop enrichi en spiruline est plus intéressant sur le plan nutritionnel . Ainsi, les teneurs en eau , en glucides totaux, en lipides et en protéines sont plus intéressantes à celles du sirop sans spiruline. Parallèlement , les résultats indiquent que ce sirop est plus intéressant du point de vue valeur énergétique avec une valeur de (331.65 Kcal/j pour 100 g de sirop frais).

En plus , le sirop de dattes à 0.5% de spiruline se caractérise par une richesse en potassium et une quantité importante en fer.

Les deux sirops étudiés présente une qualité hygiénique conforme aux normes.

Mots-clés : Degla-Beida, sirop, spiruline, qualités biochimiques et nutritionnelles.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
Partie 1:Partie bibliographique	
1 Le palmier dattier	4
1.1 Description botanique.....	4
1.2 Position systématique.....	5
1.3 Caractéristiques morphologiques du dattier	7
1.4 Répartition géographique du palmier dattier	10
1.5 Situation de la phœniciculture en Algérie	12
2. La datte et sa technologie	14
2.1 Définition de la datte.....	14
2.2 Classification des dattes	14
2.3 Formation et maturation de la datte.....	15
2.4 Description de la variété étudié « Degla Beida »	15
2.5 La production de dattes.....	17
2.6 Compositions biochimiques de la datte.....	18
2.7 La valeur nutritionnelle de la datte.....	20
2.8 Valorisation de la datte.....	21
3. Le sirop de dattes.....	23
3.1. Composition biochimique du sirop de dattes.....	23
3.2. Propriétés organoleptique du sirop.....	23
3.3. Propriétés physiques du sirop.....	23
4. La spiruline.....	26
4.1 La systématique de la spiruline.....	26
4.2 Biologie et écologie de la spiruline.....	27
4.3 Composition de la spiruline.....	29
5. L'utilisation de la spiruline	32
5.1L'utilisation de la spiruline pour la santé.....	32
5.2L'utilisation de la spiruline en cosmétique	32

5.3 L'utilisation de la spiruline dans l'agroalimentaire.....	32
5.4 L'utilisation en aquariophilie et en aquaculture.....	32

PARTIE 2: PARTIE EXPERIMENTALE

I. Matériel et méthodes.....	34
1.1 Matériel végétal.....	34
1.2 Préparation et fabrication du sirop de dattes.....	35
2. Méthodes d'analyses.....	39
2.1 Caractérisation physique de la datte entière	39
2.2 Analyses physicochimique du sirop de datte.....	40
2.3 Analyse biochimique	47
4.4 Analyses microbiologiques.....	52
4.5 Analyse de la valeur énergétique du sirop de datte.....	55
II. Résultats et discussions.....	57
1. Caractéristiques morphologiques de la datte.....	57
2. Résultats des analyses physico-chimiques des deux sirops de dattes.....	59
3. Analyses biochimiques.....	66
4. Analyses microbiologiques.....	69
5. Valeurs énergétiques des deux sirops étudiées.....	70
CONCLUSION ET PERPECTIVES.....	73

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE

Liste des abréviations

%: pourcentage

± : plus ou moins

°Bx: Degré Brix

°C: degré Celsius

AFNOR: Agence Française de Normalisation

cm: centimètre

DM: dilution mère

FAO: Food and Agriculture Organization

g: gramme

GMT: germes totaux

H: heure

INA : Institut National d'Agronomie

INRAA: Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

INSTM: Institut National des Sciences et techniques de la Mer

ITDAS: Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne.

Kcal: Kilocalorie

Kg :Kilogramme

KJ: Kilo Joule

L: Litre

m: metre

meq: Milliéquivalent

mg: milligramme

mL: millilitre

mm: millilitre

mn: minutes

Ms: Matière sèche

N: normalité

NA: Norme Algérienne

NF: Norme française

Ph: potentiel d'Hydrogène

ppm: partie par million

sec: seconde

T°: température

μ: micro

μg: micro gramme

μm: micro mètre

Liste des figures

Figure1 : <i>Phoenix dactylifera</i> L variété Degla Beida.....	4
Figure 2 : Morphologie du palmier dattier.....	9
Figure 3 : Répartition du palmier dattier dans le monde.....	12
Figure 4 : Image de Degla Beida.....	16
Figure 5 : Image d' <i>Arthrospira platensis</i> , variétés Lamar.....	27
Figure 6 : Photos de la datte entière Degla Beida et de ses tissus constitutifs.....	34
Figure 7 : Photos de la spiruline en poudre.....	34
Figure 8 : Réceptacle d'extraction	36
Figure 9 : Procédé de fabrication du sirop de datte à partir de la variété Degla Beida.....	37
Figure 10: Les étapes de préparation d'extrait de spiruline à 0,5%.....	38
Figure 11 : Appareillage utilisé pour la caractérisation physique de la datte entière.....	39
Figure 12 : Dimensions de Degla Beida par pied à coulisse.....	40
Figure 13 : Réfractomètre.....	42
Figure 14 : Le dessiccateur à infrarouge utilisé pour la détermination de la teneur en eau.....	42
Figure 15 : Le pH mètre de type (Hanna 211).....	43
Figure 16 : Le four à Moufle.....	45
Figure 17 : Appareillage utilisé pour le dosage des protéines.....	49
Figure 18: L'appareil Soxhlet.....	51
Figure 19 : Préparation de dilution mère et dilutions décimales.....	52
Figure 20: Recherche et dénombrement des germes totaux.....	54
Figure 21 : Recherche et dénombrement des levures et des moisissures.....	55
Figure 22 : Pourcentage de la pulpe et du noyau dans la datte entière.....	58

Figure 23 : Teneur moyenne en eau des deux sirops de dattes étudiés.....	59
Figure 24 : Matière sèche des deux sirops étudiés.....	60
Figure 25 : pH des deux sirops de dattes.....	61
Figure 26 : Le degré Brix des deux sirops de dattes.....	62
Figure 27 : La teneur en cendres des deux sirops de dattes étudiés.....	63
Figure 28 : Teneur en fer et en potassium des deux sirops étudiés.....	64
Figure 29 : Valeurs de l'acidité titrable dans les deux étudiés.....	65
Figure 30 : Dosage quantitatif des sucres totaux des deux sirops de dattes.....	66
Figure 31 : Dosage quantitatif des protéines des deux sirops étudiés.....	67
Figure 32 : Teneur en lipides des sirops de dattes étudiés.....	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les cultivars dominants dans les principaux pays producteurs de dattes de l'ancien Monde.....	6
Tableau 2 : Principales variétés de dattes algériennes et leurs localisation.....	10
Tableau 3 : Superficies en palmier dattier des principales wilayates productrice des Dattes.....	11
Tableau 4 : Inventaire variétale (cultiver) dans les trois régions phœnicicoles d'Algérie.....	13
Tableau 5 : Les stades d'évolution de la datte.....	15
Tableau 6 : Composition chimique de Degla Beida.....	17
Tableau 7 : Production des dattes en Algérie de la campagne agricole 2012 en quintaux.....	17
Tableau 8 : Principaux producteurs de dattes dans le monde.....	18
Tableau 9 : Composition vitaminique de la datte sèche.....	20
Tableau 10 : Composition du sirop de dattes.....	25
Tableau 11 : Systématique de la spiruline	26
Tableau 12 : Répartition de la spiruline dans le monde.....	28
Tableau 13 : Taux de protéines de quelques aliments.....	29
Tableau 14 : Teneur en vitamine en $\mu\text{g/g}$ de matière sèche de spiruline.....	30
Tableau 15: Teneur en minéraux et oligoéléments en $\text{mg}/10\text{g}$ de spiruline.....	31
Tableau 16 : Caractéristiques physiques de la datte Degla Beida.....	57
Tableau 17 : Germes totaux, levures et moisissures par mL de sirops frais.....	69
Tableau 18 : Détermination de la valeur énergétique des deux sirops étudiés.....	71

INTRODUCTION

Le Sahara représente 90% de la superficie d'Algérie , soit plus de 2 millions de Km².Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est un arbre d'une grande importance écologique et socio économique dans les oasis de ces régions désertiques (**El Hadrami et al.,2005**) . En conséquence, il constitue l'axe principal de l'agriculture et assure la principale ressource financière des oasis. En effet, les dattes ont représenté un fruit providentiel pour l'alimentation aussi bien humaine qu'animal. Leur succès, sur une aussi longue période, s'explique par les qualités nutritionnelles de ces fruits particulièrement riches en sucres et en minéraux (**Benchelah et Meka, 2008**).

Les variétés de dattes sèches dites communes représentent environ 30% de la production nationale. Elles sont généralement destinées à l'alimentation de bétail et parfois même jetées dans la nature .Parmi ces variétés ,la Degla Beida et Mech Degla. Elles sont très riches en sucres (fructose , glucose et saccharose), en polyphénols et contiennent pratiquement la plupart des minéraux (K, Ca, Mg, Fe, Na,...etc).(**Amellal et al.,2008**).

Il serait intéressant que les recherches se focalisent sur des utilisations autres que la consommation traditionnelle des dattes. Dans cette optique , la mise en oeuvre d'une industrie de transformation de dattes de qualité commerciale médiocre et de déchets de dattes par des procédés biotechnologiques assez simples aideraient le phoeniculteur à trouver de sérieux débouchés pour sa récolte et répondrait parfaitement aux besoins socio économiques du pays. (**Kaidi et al, 2001**).

Il y a quelques années, les pays producteurs de dattes, et en particulier l'Irak, commençaient à s'intéresser à la technologie de la datte. L'Algérie, a cependant pris beaucoup de retard dans ce domaine, malgré que toutes les conditions s'appêtent à la valorisation des dattes communes en divers produits (vinaigre, l'alcool, levure boulangère, farine, confiture, jus, sirop de dattes ...etc.), pouvant contribuer à réduire la dépendance alimentaire envers l'étranger. (**Mimouni ,2009**)

Par des procédés biotechnologiques assez simples, il est possible de mettre sur le marché local et même national, une nouvelle génération de produits dont l'impact socio-économique est considérable, tant du point de vue de la création d'emplois que de la mise à la disposition des industriels et donc du consommateur, de substances stratégiques fortement demandées.

Dans ce contexte, nous nous sommes fixé comme objectif la valorisation de la datte commune Degla Beida afin de mettre au point un sirop qu'on enrichi avec la spiruline, une algue bleu, considérée parmi les ressources alimentaires non conventionnelles. Cette micro-algue, offre jusqu'à 70 % de protéines, de sels minéraux, des oligo-éléments et vitamines de plus grâce à ses qualités nutritionnelles exceptionnelles, sa facilité de culture, sa haute productivité et son faible coût de production par rapport aux autres produits aquacoles, a été proposée dans l'alimentation humaine comme supplément alimentaire par plusieurs scientifiques et nutritionnistes **(Sall et al., 1999) ; Charpy et al., (2008).**

La présente étude comporte les étapes suivantes:

- Caractérisation physique de la datte entière Degla Beida;
- Production du sirop de datte sans spiruline, ensuite son enrichissement avec 0,5% d'extrait de spiruline;
- Analyses physico-chimiques du sirop de dattes sans spiruline et celui enrichi d'extrait de spiruline;
- Analyses biochimiques du sirop de dattes et celui enrichi en spiruline;
- Analyses microbiologiques des deux sirops étudiés;
- Analyse de la valeur énergétique du sirop de dattes avant et après addition de la spiruline.

PARTIE 1:
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Le palmier dattier

1.1 Description botanique

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* par Linné en 1734. *Phoenix* dérive de *Phoinix*, nom du dattier chez les Grecs, qui le considéraient comme l'arbre des phéniciens ; *Dactylifera* vient du latin « dactylus » dérivant du grec « daktulos », signifiant doigts, en raison de la forme du fruit (**Munier, 1973**).

C'est une espèce dioïque, monocotylédone, arborescente, appartenant à une grande famille d'arbres à palmes et produits des dattes (**Gilles, 2000**).

La figure 1 présente le palmier dattier *Phoenix dactylifera* L variété Degla Beida.

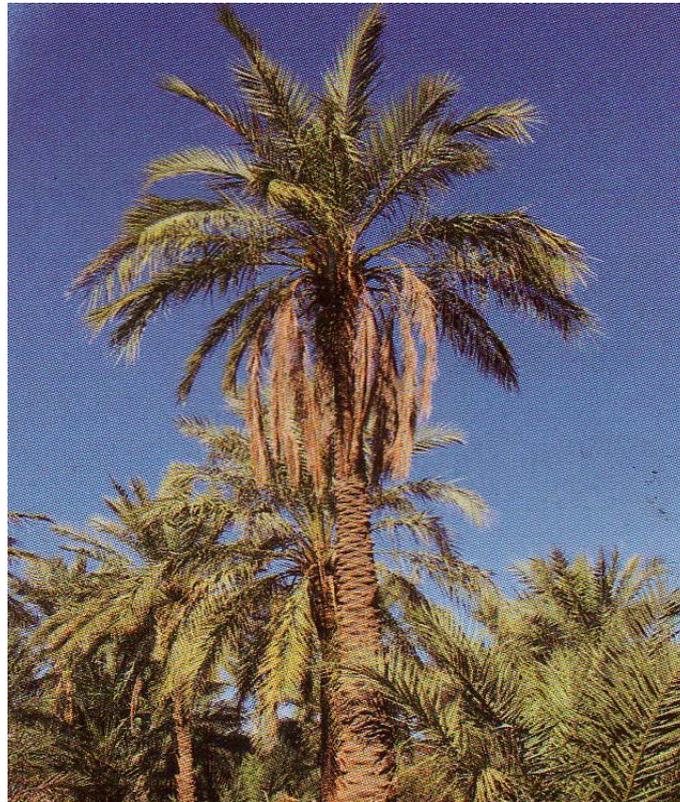


Figure1 : *Phoenix dactylifera* L variété Degla Beida (Belguedj et Tirichine, 2011)

1.2 Position systématique

La place du palmier dattier dans le règne végétale est rappelée ci-dessous (**Djerbi, 1994**).

Groupe : Spadiciflores

Ordre : Palmale

Famille : Palmacées

Sous famille : Coryphoidées

Tribu : Phoenicées

Genre : *Phoenix*

Espèce : *Phoenix dactylifera L*

Le genre *Phoenix* compte au moins douze espèces, la plus connue est le dactylifera, dont les fruits « dattes » font l'objet d'un commerce international important (**Espiard, 2002**).

Le dattier est une espèce thermophile, il existe en climat chaud sec et ensoleillé. C'est un arbre qui s'adapte à tous les sols .Il est sensible à l'humidité pendant la période de pollinisation et au cours de la maturation (**Toutain , 1996**).

Le tableau 1 présente Les cultivars dominants dans les principaux pays producteurs de dattes de l'ancien Monde.

Tableau 1 : Les cultivars dominants dans les principaux pays producteurs de dattes de l'ancien Monde (**Munier, 1973**).

Pays	Cultivars	Pays	cultivars
Algérie	Degla Beida, Mech- Degla, Deglet - Nour	Libye	Bikraari, khadrai, Tasfert
Arabie Saoudite	Rouzeiz, Koulass, kounneizi	Maroc	Jihel, Boufeggous, Mehjoul
Egypte	Hayani, Saidi ou Biwi, Samani	Mauritanie	Ahmar, Tinterguel, Tidiguert, Sekani, Amsersi
Irak	Zihidi, Sayir, Hallaoui, Deri, Hadraoui, Hestaoui, Tsiptab, Barki	Pakistan	Jawan Sor, Berni, Karoeh, Siah, Korba, Kalud, Rabai, Dandori, Mozawali, Sabzo, Abdandan, Alini, Muzawijat, Kluskeech, Zard, Mekrani, Begum
Iran	Savir, Mouzâfti, Kabkab, Chahani, Mordasang	Tchad	Marchiano, Zalao, Mektouli, Koudidou
Tunisie	Deglet-Nour, Allig ou Fitmi		

1.3 Caractéristiques morphologiques du dattier

1.3.1 Système radicalaire

Le système radicalaire du dattier est fasciculé, les racines ne se ramifient pas et n'ont relativement que peu de radicelles. Le bulbe ou plateau racinal, est volumineux et émerge en partie au dessus du niveau du sol (**Peyron, 1992**).

Le système présente quatre zones d'enracinement, représenté dans la figure 2 :

Zone 1 : racines respiratoires

Zone2 : racines de nutrition

Zone3 : racines d'absorption

Zone4 : racines du faisceau pivotant

1.3.2 Le tronc

C'est un stipe généralement cylindrique qui ne se ramifie pas, mais le développement des gourmands ou des rejets peut donner naissance à des pseudos ramifications. Ils peuvent atteindre et dépasser 20 m de hauteur (**Munier, 1973**).

Le tronc « pousse » au fur et à mesure de la croissance du bourgeon terminal, ou apex, ou encore le phyllophore, et de l'émission des palmes (**Gilles, 2000**).

1.3.3 Les palmes

Une palme, ou « Djerid », est une feuille composée, pennée. La base petiolaire, ou Kornaf, engaine partiellement le tronc et en partie recouverte par le fibrillum, ou lif (**Peyron , 1992**) (**Figure 2**).

Les palmes sont issus du bourgeon terminal. Chaque année, il en apparait de 10 à 20, jusqu'à 30. Elles vivent de trois à 7 ans, selon la variété et le mode de culture (**Gilles , 2000**)

1.3.4 Les organes floraux

Le palmier dattier est une plante dioïque, chaque individu ne porte que des inflorescences du même sexe (**Muier, 1973**).

Les inflorescences mâles sont courtes, couvertes de fleurs blanc crème et les inflorescences femelles, de couleur orangée, portent en grappes parfois très lourdes des fruits oblongs de teinte jaune pâle à orange d'environ 4 cm de longueur (**Peyron , 1992**). Ils sont représentés dans la figure2.

Les inflorescences du dattier naissent du développement de bourgeons auxiliaires situés à l'aisselle des palmes dans la région coronaire du tronc (**R'houma , 1994**).

1.3.4 Le fruit

Le fruit du dattier, la datte, est une baie contenant une seule graine appelée noyau. La datte est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin péricarpe ; le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé, il est de forme allongée, plus au moins volumineux, avec un sillon vertical, l'embryon est dorsal, sa consistance est dure et cornée (**Conforti et al., 1993**).

La figure 2 montre la morphologie du palmier dattier.

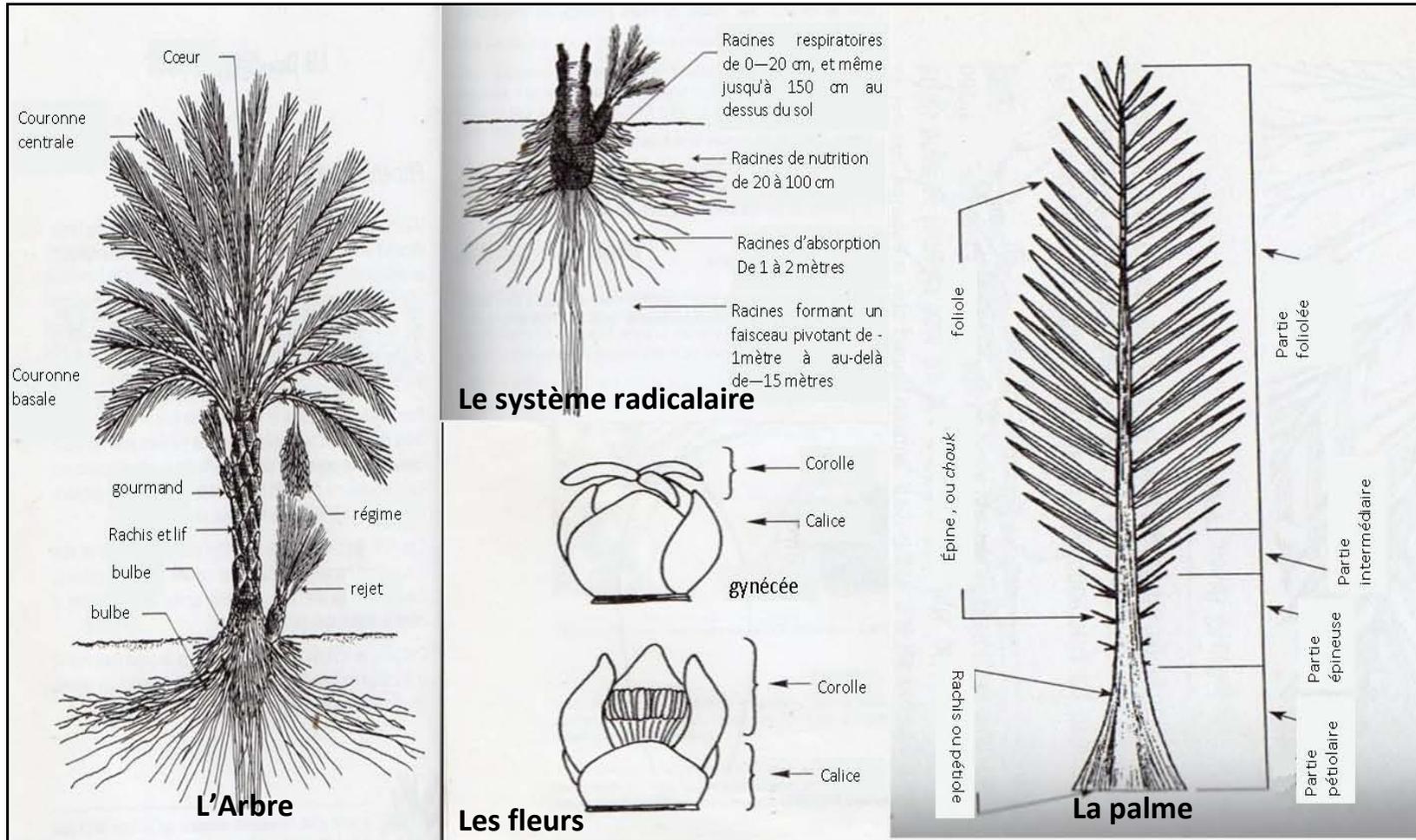


Figure 2 : Morphologie du palmier dattier (Gilles, 2000)

1.4 Répartition géographique du palmier dattier

1.4.1 En Algérie

Le palmier dattier connu en Algérie une superficie total de **163 985 hectares** toutes catégories confondues (Deglet Nour, dattes molles et dattes sèches).

On peut distinguer les localisations de la variété Deglet Nour et les variétés communes (Ghars, Degla-Beida, Mech Degla...) dans le tableau 2.

Tableau 2 : Principales variétés de dattes algérienne et leurs localisation
(Selselet , 1990).

Variétés	Localisations
Ghars	El-Oued, Zibans, Souf Ouargla, M'zab, El Golea
Deglet-Nour	El-Oued, Zibans, Souf Ouargla, M'zab, El Golea
Mech-Degla	Souf ,M'zab, El Oued
Tilemson	Touat, El Golea, Tidikelt
Tin-Nacer	Touat, El Golea, Gouara, Tidikelt
Degla-Beida	El-Oued, Zibans, Souf
Tazerzzit	M'zab, Saoura, Tidikelt
Teazaza	Tidikelt, Touat, El Golea, HHoggar
Temjouhourt	El-Golea, Gourara, M'zab
Takerboucht	Touat, Tidikelt
Tafezouine	El-Oued, Souf, M'zeb
Tamteboucht	El-Oued, Ouargla, Tidikelt
Timedouet	El-Golea, M'zab

Les principales wilayates productives de datte possèdent une superficie en palmier dattier s'élevant à **137 878 hectares**. Ces wilayates relèvent des territoires du sud (Biskra et Ghardaïa) et du grand sud (El Oued, Adrar et Ouargla).

La répartition des superficies en palmier dattier des principales wilayates se représente comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Superficies en palmier dattier des principales wilayates productrices des dattes (Ministère d'Agriculture et du Développement Rural, 2012).

Wilayates	Superficie occupée	Taux	Deglets Nour et Dattes fines	Ghers et analogues Dattes molles	Degla Beida et analogues Dattes sèches
	Ha	Nb d'arbre	Nb d'arbre	Nb d'arbre	Nb d'arbre
Biskra	42040	30,5	2585251	540417	1087664
El Oued	36191	26,3	2413301	701403	615116
Adrar	27748	20,2			3704782
Ouargla	21374	15,5	1358198	987138	161284
Ghardaia	10525	7,6	516750	216570	480790
Total	137878	100	683500	2445528	6049636

Les cinq wilayates avec **137878 hectares** possèdent à elle seule **84,1%** de la surface totale phœnicicole de la surface algérienne, **77%** des superficies de ces 05 wilayates sont détenues par les 3 wilayates qui sont par ordre d'importance : Biskra, El Oued, Adrar.

1.4.2 Dans le monde

Le palmier dattier est cultivé dans les cinq continents, mais sa plus grande distribution se trouve dans les pays arabo-musulmans d'Asie (**66, 79%**) et l'Afrique méditerranéenne (**32,4%**). Le reste est partagé entre les USA (**0,48%** en Californie), l'Amérique du Sud (**0,06%** au Pérou), en Europe (**0,48%** en Espagne, palmeraie d'Elche) et en Australie (désert du Queensland) (**figure 3**).

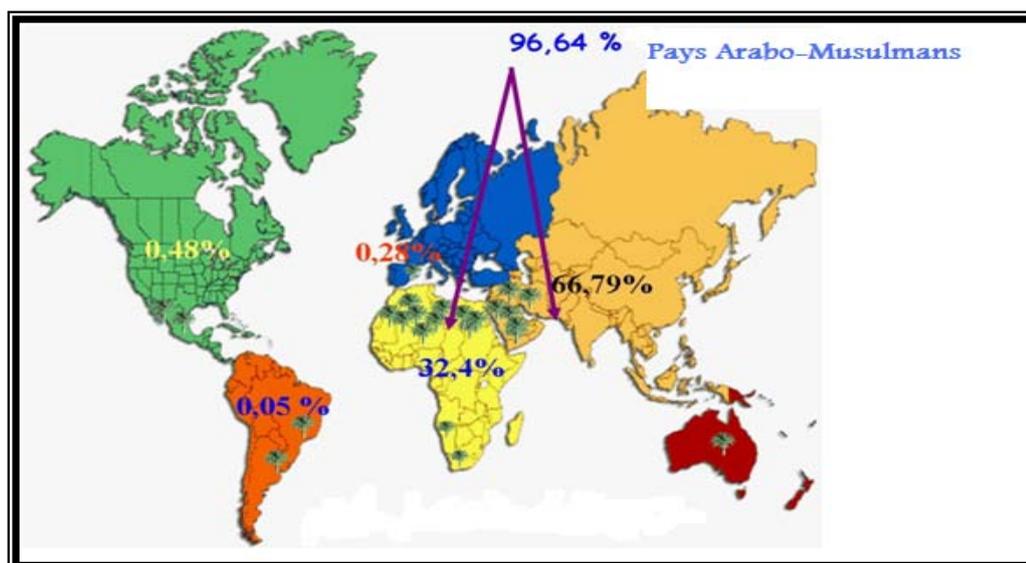


Figure 3 : Répartition du palmier dattier dans le monde (Belguedj , 2012).

1.5 Situation de la phœniciculture en Algérie

L'Algérie est un pays phœnicicole classé au sixième rang mondial et au premier rang dans le Maghreb.

Le palmier dattier en Algérie est établi en plusieurs oasis réparties sur le sud du pays où le climat est chaud et sec (zone saharienne). Sa culture s'étend depuis la frontière marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière tuniso-libyenne à l'Est et depuis l'Atlas Saharien au Nord jusqu'à Reganne (Sud-ouest), Tamanrasset (centre) et Djanet (Sud-est) (Bertossi, 2010).

Près d'un millier de cultivars a été inventorié et les trois régions principales de culture se distinguent sur le plan de la diversité génétique (Tableau 4).

Tableau 4 : Inventaire variétale (cultiver) dans les trois régions phœnicicoles d'Algérie (**Bertossi , 2010**).

Région	Nombre de cultivars	Cultivars les plus courants
Ouest		
Atlas	70	Ghares,Asyan,Feggus,
Saoura	80	Feggus,Hartan,cherka,Hmira,Deglet Talmine
Gourara	230	Hmira,Tinnaser,Taquerbuch
Touat	190	Tgazza, Aghnu, Taquerbuch
Tidikelt	60	Tgazza , Taquerbuch, cheddakh, Aggearz
Centre		
El Ménia	70	Timjuhort,Chars,Timedwel
M'zab	140	Azerza, Ghars,Deglet Nour, Taddela
Est		
Ouargla	70	Ghars, Deglet Nour,Deglat Beida
Oued Righ	130	Deglet Nour, Ghars, Deglat Beida
Souf	70	Deglet Nour, Ghars, Deglat beida, Mech Degla
Zibans	140	Deglet Nour,Ghars, Deglat beida, Mech degla
Aures	220	Buzrur, Alig, Buhles, Mech deglat
Tassili	180	Tamghimen, Tabanist, khadaja

2. La datte et sa technologie

2.1 Définition de la datte

La datte, fruit du dattier, est une baie généralement de forme allongée, longue et arrondie. Elle est composée d'un noyau, ayant une consistance dure, entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de **(Espiard, 2002)** :

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

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés. Leurs couleurs vont du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambre, rouges, brunes plus au moins foncées.

La consistance est également variable, elle peut être molle, demi-molle ou dure, les dattes à consistance dure sont dites dattes communes leur chaire est d'un aspect farineux **(Djerbi, 1994)**.

2.2 Classification des dattes

D'après **Espiard (2002)**, la consistance de la datte est variable. Selon cette caractéristique, les dattes sont réparties en trois catégories :

- 1- Dattes molles : Ahmar (Mauritanie), Kashram et Miskani (Egypte, Arabie Saoudite).
- 2- Dattes demi-molles : Deglet Nour (Tunisie, Algérie), Mehjoul (Mauritanie), Sifri et Zahidi (Arabie-Saoudite).
- 3- Dattes sèches de consistance dure : Degla Beida, Mech Degla (Tunisie et Algérie) et Amersi (Mauritanie).

2.3 Formation et maturation de la datte

Les fleurs fécondées, à la nouaison, donnent un fruit qui évolue en taille, en consistance et en couleur jusqu'à la récolte (**Gilles, 2000**).

La datte passe par différents stades d'évolution (**Al-Shahib et Marchall, 2002**) ; (**Benchabane et al., 1996**). Le tableau ci-dessous illustre les stades d'évolution de la datte et les appellations utilisées en Afrique du Nord et en Irak.

Tableau 5 : Les stades d'évolution de la datte (**Gilles , 2000**)

Stade I Fruit noué	Stade II	Stade III	Stade IV	Stade V
Loulou	Khalal, ou Kimri , ou Blah	Bser, ou Bsir, ou Bissir,	Routab, ou Martouba	Tmar, ou Tamar
Très aqueuse Meratba				

2.4 Description de la variété étudié « Degla Beida »

2.4.1 Caractéristiques du cultivar

D'après **Belguedj (2002)** :

- Nom vernaculaire : Degla Beida
- Sens du nom : La datte blanche
- Importance et répartition : Cultivar abondant dans toutes les palmeraies du sud-est algérien.
- Date de maturité : Septembre, Octobre.
- Mode de récolte : Grappillage
- Utilisation de la datte : Fraîche, conservée, données aux animaux
- Mode de conservation des dattes : Sacs, froid.

2.4.2 Description agro-morphologique

D'après **Belguedj et Tirichine (2011)** :

- Le stipe : de forme cylindrique et d'hauteur moyenne
- L'inflorescence : l'orientation de la hampe florale oblique, de couleur jaune, jaune orange à la maturité.
- Le fruit : de forme subcylindrique avec une longueur de 38 mm et une largeur de 19 mm au stade bser, de couleur jaune orangée au stade Tamar avec un poids de 5,5 g au stade de récolte , de consistance demi sèche et texture fibreuse. Présenté dans la figure 4 ci-dessous.



Figure 4 : Image de Degla Beida (**Belguedj et Tirichine, 2011**).

2.4.2 Composition chimique de Degla Beida

La composition chimique de Degla Beida est résumée dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6: Composition chimique de Degla-Beida (Belguedj et Tirichine, 2011)

Humidité (%)	Cendre (%)	Conductivité (μ Simen/cm)	pH	Acidité (Meq/100g)	Sucre réducteurs (%Ms)	Saccharose (% Ms)	Sucre totaux (% Ms)
17,25	24	1127	0,5	3,963	59,94	0	59,94 2

2.5 La production de dattes

2.5.1 En Algérie

La production réalisée dans la campagne agricole **2012** est de **7,9 millions** de quintaux (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Production des dattes en Algérie de la campagne agricole 2012 en quintaux (**Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2012**).

Wilayas	Deglet- Nour	Ghars et analogues (Dattes molles)	Degla Beida et analogue (Dattes sèches)	Total
Adrar	-	-	865083	865083
Laghouat	1108	4859	4891	10858
Batna	4616	3772	4401	12789
Biskra	1729650	398436	789098	2917184
Bechar	0,0	0,0	239240	239240
Tamanrasset	00	00	108590	108590
Tebessa	7400	10600	-	18000
Djelfa	1100	280	110	1490
M'sila	00	00	00	00
Ouargla	634346	435946	61009	1131301
El Bayedh	46	6760		6806
Illizi	685	9230	5669	15584
Tindouf	0	6075	00	6075
El Oued	1334793	392150	295927	2022870
Khenchela	22500	29600	6800	58900
Naama	0	8800	00	8800
Ghardaia	195000	78000	197000	470000
Total	3931244	1384508	2577818	7893570

D'après le Tableau ci-dessus, près de **62,58%** de la production nationale de dattes est réalisée par les deux wilayas de, El Oued (**25,62%**) et Biskra (**36,96%**).

L'Algérie a un rang honorable comme sixième producteur mondial de datte. Elle enregistre une forte progression dans sa production.

2.5.2 Dans le monde

Les principaux pays producteurs de dattes sont l'Egypte, Irak, l'Iran, l'Arabie Saoudite, l'Emirats Arabes Unies, le Pakistan, l'Algérie et le Soudan (**Tableau 8**).

La production mondiale de dattes réalisée en **2011** est de **7,5 millions** de tonnes (**FAO, 2011**).

Tableau 8 : Principaux producteurs de datte dans le monde (**FAO, 2011**).

Pays	Production en quintaux
Egypte	135 0000
Iran	1088 040
Arabie saoudite	1052 400
Emirates Arabes Unies	759 000
Pakistan	735276
Algérie	600 696
Irak	507 002
Soudan	339 300
Oman	278 590
Lybie	160 101
Tunisie	145 000
Total	7527589

2.6 Compositions biochimiques de la datte

La datte est constituée de deux parties :

- Une partie comestible représentée par la pulpe (mésocarpe).
- Une partie non comestible qui est le noyau ayant une consistance dure.

Le noyau représente **10%** à **30%** du poids de la datte, il est constitué d'un albumen protégé par une enveloppe cellulosique.

2.6.1 Constituants de la pulpe

2.6.1.1 L'eau

La teneur en eau est en fonction des variétés, du stade de maturation et du climat. Elle varie entre **8 %** et **30%** du poids de la chair fraîche avec une moyenne d'environ **19 % (Noui, 2007)**.

2.6.1.2 Les sucres

Les sucres sont les constituants majeurs de la datte. Ceux-ci existent sous deux formes : saccharose et sucres réducteurs. Les principaux sucres réducteurs sont le fructose et le glucose (**Acourene et Tama, 1997**).

La teneur en sucre des dattes des différents cultivars cultivés en Algérie varie de **30% à 82 %** et les non sucres entre **5 % à 35 % (Acourene et al., 2001)**.

2.6.1.3 Les protéines

Les dattes sont caractérisées par une faible teneur en protéines, généralement moins de 3% (Ms) (**Khallil et al., 2002**).

Malgré cette faible teneur, les protéines de la datte sont équilibrées qualitativement (**Yahiaoui, 1998**).

2.6.1.4 Les lipides

La datte renferme une faible quantité de lipides. Leur taux varie entre **0,43%** et **1,9%** du poids frais (**Djouab, 2007**). Cette teneur est en fonction de la variété et du stade de maturation.

2.6.1.5 Les éléments minéraux

L'étude de 58 variétés de dattes cultivées dans la région des Zibans faite par (**Acourene et al., 2001**) montre que le taux de cendres est compris entre **1,10%** et **3,69 %** du poids sec. La datte est l'un des fruits les plus riches en éléments minéraux, essentiellement le potassium, le magnésium, le phosphore et le calcium.

2.6.1.6 Les vitamines

En général, la datte ne constitue pas une source importante de vitamines. La fraction vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables de vitamines du groupe B (**Tableau 9**).

Tableau 9 : Composition vitaminique de la datte sèche (**Favier et al., 1995**).

Vitamines	Teneur moyenne pour 100g
Vitamine C	2,00 mg
Thiamine B ₁	0,06 mg
Riboflavine B ₂	0,10 mg
Niacine B ₃	1,70 mg
Acide pantothénique B ₅	0,80 mg
Vitamine B ₆	0,15 mg
Folates B ₉	28,00 µg

2.6.1.7 Les fibres

La datte est riche en fibres, elle en apporte **8,1 à 12,7 %** du poids sec (**Al Shahib et Marshall, 2002**).

Du fait de leur pouvoir hydrophile, les fibres facilitent le transit intestinal et exercent un rôle préventif des cancers colorectaux, des appendicites, de la diverticulose, des varices et des hémorroïdes. Elles ont également un effet hypocholestérolémiant (**Jaccot et Campillo, 2003**).

2.6.2 Constituants du noyau

Selon **Djerbi (1994)**, les noyaux constituent un sous produit intéressant. En effet, de ces derniers, il est possible d'obtenir une farine dont la valeur fourragère est équivalente à celle de l'orge.

2.7 La valeur nutritionnelle de la datte

La datte constitue un excellent aliment de grande valeur nutritive et énergétique (**Gilles, 2000**) :

- La forte teneur en sucres, confère à ces fruits une grande valeur énergétique.
- Une teneur intéressante en sucre réducteur facilement assimilés par l'organisme.
- Un apport important en éléments minéraux. Les dattes sont riches en minéraux plastiques : Ca, Mg, p, S, et en minéraux catalytique : Fe, Mn. Elles sont reminéralisantes et renforcent notablement le système immunitaire **(Albert, 1998)**.
- Le profil vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables en vitamines du groupe B. Ce complexe vitaminique participe au métabolisme des glucides, des lipides, et des protéines **(Tortora et Anagnastakos, 1987)**.

2.8 Valorisation de la datte

Les dattes communes de faible valeur marchande représentent un tonnage important en Algérie, auxquelles s'ajoute un certain tonnage provenant des écarts de tri de la Deglet-Nour. Généralement ces dattes sont données telles quelles aux animaux. Ainsi, leur transformation à l'échelle industrielle est souhaitable afin d'obtenir des produits nouveaux à haute valeur ajoutée.

2.8.1. Valorisation technologique de la datte

2.8.1.1. Les sirops, les crèmes et les confitures de dattes

Selon **Espiard (2002)**, cette gamme de produits est basée sur l'extraction des sucres par diffusions de ces derniers et des autres composants solubles de la datte. Par mélange et cuisson de pâte ou de morceaux de datte et de sirop, nous pouvons obtenir des crèmes ou des confitures d'excellente qualité.

2.8.1.2. Les pâtes de dattes

Les pâtes de dattes peuvent être confectionnées à partir de datte molles et demi-molles et peuvent être intéressantes pour l'utilisation des dattes dont l'aspect externe les rend impropre à la vente. Elle peuvent être utilisées en biscuiterie, en pâtisserie pour le fourrage de gâteaux **(Espiard, 2002)**.

2.8.1.3. Les farines de datte

Elle est préparée à partir de dattes sèche (Mech Degla, Degla Beida, et Horra) ou susceptibles de le devenir après dessiccation. Riche en sucre, cette farine est utilisée en biscuiterie, pâtisserie, aliments pour enfants (**Ait-Ameur, 2001**).

D'après **El Ogaidi (1987)**, il est possible d'obtenir à partir de **100 Kg** de dattes sèches ,**50 Kg** de farine de dattes ayant une teneur en eau de **5 %**.

2.8.1.4 Production du caramel

On peut le produire à partir des dattes, des pâtes ou du sirop de dattes .D'après **Al-Ogaidi (1987)**, les caramels de dattes présentent une qualité nutritive supérieure à celle produite à partir du saccharose et ceci du point de vue richesse en protéines, sels minéraux et vitamines.

2.8.2 Valorisation biotechnologique des dattes

2.8.2.1 Les alcools

Les dattes constituent un substrat de choix pour la production de l'alcool éthylique. Selon **Touzi (1997)**, l'alcool éthylique a été produit au laboratoire avec un rendement de **87%**.

2.8.2.2 Le vinaigre

Les dattes peuvent être utilisées pour l'élaboration de nombreux produits alimentaires parmi lesquels le vinaigre (**Ould el hadj et al ., 2001**).Ce dernier a été produit par culture de la levure *Saccharomyces uvarum* sur un extrait de datte (**Boughnou, 1988**).

2.8.2.3 La biomasse et protéines unicellulaires

La production de protéines reste un objet essentiel afin de subvenir aux besoins mondiaux. A cet égard des essais de production de protéines d'organismes unicellulaires par culture de la levure *saccharomyces cerevisiae* sur un milieu à base de dattes ont été réalisés.

3 Le sirop de dattes

3.1 Composition biochimique du sirop de dattes

La composition biochimique du sirop de dattes se résume comme suit : une teneur en eau de 25% du poids frais et une teneur élevée en sucres totaux qui représente 96% dont la majorité est sous forme de sucres réducteurs, les éléments minéraux et les protéines sont présentent en faibles quantités (**Ibrahim et Khalil,1997**) (**Tableau 10**).

Selon **El Ogaidi (2000)**, le pH de sirop est compris entre **6** et **6,5**. En outre, le sirop de dattes a un degré Brix compris entre **73 %** à **75%** ce qui permet sa conservation au delà de deux ans (**Tableau 10**).

3.2 Propriétés organoleptique du sirop

Le sirop de dattes peut être fabriqué avec toutes les variétés de dattes de qualité secondaires préférentiellement (**El-Ogaidi, 1987**).

3.2.1 Le goût

Selon **Abdelfattah (1990)**, le sirop de dattes est caractérisé par le goût sucré pur, grâce à la teneur de solides solubles élevée, par rapport à la matière première utilisée pour son élaboration, le gout du sirop est similaire au gout de la datte utilisée (**El-Ogaidi, 1987**).

3.2.2 La couleur

Le sirop de datte est un produit stable d'une couleur plus ou moins brune, dans des flacons transparents, il peut prendre une couleur noir-rougeâtre (**Abdelfattah, 1990**).

3.3 Propriétés physiques du sirop

3.3.1 Densité

Elle est très élevée grâce au taux de solides solubles existant dans ce produit, ce caractères permet leur stockage pendant une longue durée (**Abdelfattah, 1990**).

3.3.2 Viscosité

Selon **Abdelfattah (1990)**, le sirop de dattes est un produit très visqueux, ceci est dû à la faible humidité. Cette propriété est importante pour préserver la qualité du produit durant deux ans et empêche la prolifération des microorganismes.

D'une manière générale, il existe une relation linéaire entre le logarithme de la viscosité et le logarithme de l'humidité du sirop, la viscosité augmente lorsque la teneur en eau diminue, elle est proportionnelle au taux des substances solubles dans le sirop, ce qui lui donne un pouvoir sucrant élevé (**Mimouni , 2009**).

3.3.3 Pouvoir anti cristallisant

Le pouvoir cristallisant du saccharose diminue suite à son immersion partielle ou totale .Parmi les deux sucres présents dans le saccharose inversé (sirop),c'est principalement le fructose qui est responsable des propriétés anti cristallisante, par contre le glucose (dextrose) a un point de saturation beaucoup plus bas que celui des fruits (**Guerin et al., 1982**).

3.3.4 Hygroscopicité

L'hygroscopicité s'exprime par l'humidité d'équilibre ou l'activité de l'eau A_w , Le caractère est important dans la fabrication de certains entremets tel que les génoises, le pain d'épices (**Mimouni, 2009**). Selon **Abdelfattah (1990)**, le sirop de dattes est très hygroscopique, ceci est dû à sa teneur élevée en fructose.

Tableau 10 : Composition du sirop de datte selon (**ABDELFATTAH ,1990**) et (**IBRAHIM et KHALLIL, 1997**)

Teneur des constituants	ABDELFATEH, 1990	IBRAHIM et KHALLIL, 1997
Teneur en eau %	25,00	24,80
Sucres réducteurs Glucose , Fructose %	90,40	81,50
Sucres non réducteurs saccharose %	5,60	4,90
Sucres totaux (%)	96,00	86,40
Protéines (%)	0,50	2,10
Elémnets minéraux (%)	1,83	6,60
Lipides (%)	--	--
Acidité	0,17	0,20
Degré Brix (°Bx)	73 à 75	76,0
Vitamine A, vitamine du groupe B	+	+

4. La spiruline

4.1 La systématique de la spiruline

La spiruline est une cyanobactérie (anciennement désignée par le terme « algue bleue » en 1971 par Stanier, aujourd'hui incluse dans le groupe des bactéries à gram négatif **(Fremy et al., 2001)**).

Elle appartient à l'ordre des Nostocales, la famille des Oscillatoriaceae, le genre *Arthrospira* **(Kornprobst , 2005)**. Ce qui est présenté dans le tableau 11.

Tableau 11 : Systématique de la spiruline (Reviere , 2003)

Règne	Monera
Sous règne	Procaryota
Phylum	Cyanophyta
Classe	Cyanophyceae
Ordre	Nostocales
Famille	Oscillatoriaceae
Genre	<i>Arthrospira</i>
Espèce	<i>Arthrospira platensis</i>

4.2 Biologie et écologie de la spiruline

4.2.1 Biologie de la spiruline

La spiruline est une procaryote pourvu de pigments assimilateurs tels que la chlorophylle A, les caroténoïdes et la phycobiliprotéines. Elle est dotée du pouvoir de photosynthèse **(Bugnicourt , 1995)**, la figure 5 présente la spiruline d'*Arthrospira platensis*, variétés Lamar.

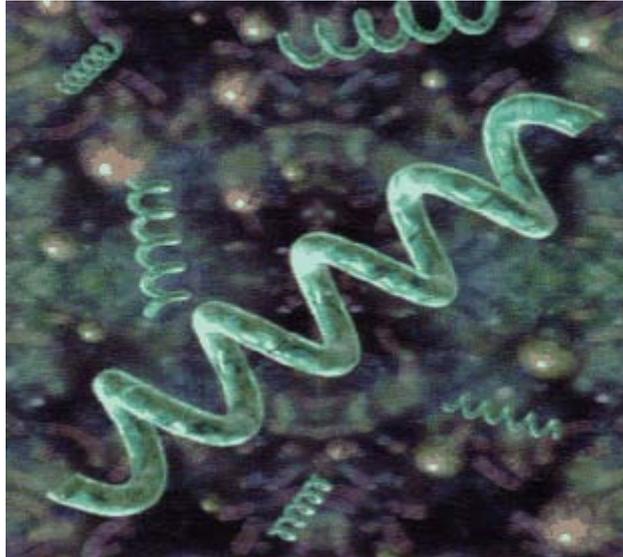


Figure 5 : Image d'*Arthrospira platensis*, variétés Lamar (Reviers , 2003)

C'est une micro algue vivant en eau douce, d'environ **0,3 mm** de long, se présentant sous forme de filaments microscopiques non ramifiés et enroulés en spirale .Ses filaments sont mobiles et se déplacent par des mouvements de vrilles à plus de 5 $\mu\text{m}/\text{sec}$: sa mobilité lui sert à se protéger des expositions trop fortes au soleil (Reviers , 2003).

Elle a une reproduction asexuée, commune aux bactéries, qui se fait par simple division cellulaire, ce qui rend sa culture relativement aisée (Kornprobst , 2005)

4.2.2 Ecologie de la spiruline

Elle croit naturellement dans les lacs alcalins contenant du carbonate de sodium Na_2CO_3 ou du bicarbonate de sodium NaHCO_3 , d'autres minéraux et source d'azote fixée.

Le tableau 12 illustre la répartition de la spiruline dans le monde.

Tableau 12 : Répartition de la spiruline dans le monde
(Tabutin et *al.*, 2002).

Afrique			
Algérie Tchad Soudan	Djibouti Ethiopie Congo	Kenya Tanzanie Tunisie	Zambie Madagascar
Asie			
Inde Myanmar Sri Lanka		Pakistan Thaïlande Azerbaïdjan	
Amérique du Sud			
Pérou Mexique		Uruguay Equateur	
Amérique du Nord			
Californie Haïti		République dominicaine	
Europe			
Hongrie		France (Camargue)	

4.3 Composition de la spiruline

4.3.1 Composition en protéines et acides aminés

La teneur en protéines de la spiruline oscille entre 60 et 70 % de son poids sec, selon les conditions dans les quelles elle pousse (**Vidal** , **2008**) .

Les meilleures sources de protéines végétales n'arrivent qu'à la moitié de ces teneurs. Le pourcentage de protéines utilisables dans la matière sèche de spiruline reste supérieure à celui des autres végétaux, équivalent à celui de la viande et des produits laitiers mais demeure inférieure aux valeurs atteintes par la volaille et le poisson (**Tabutin et al.**, **2002**) . Le tableau 13 représente le taux de protéine de quelques aliments

Tableau 13 : Taux de protéines de quelques aliments (**Tabutin et al.**, **2002**).

Aliments	Taux de protéines %
Spiruline	60-70
Farine de soja	35
Haricots	30-35
Bœuf	18-22
Œufs	12-16
Lait	3

D'un point de vue qualitatif, les protéines de la spiruline sont complètes, des acides aminés essentiels y figurent (43 % du poids total des protéines).

Le spectre d'acides aminés montre que la valeur biologique des protéines de la spiruline est très haute et que l'optimum pourrait être atteint par complémentation avec une bonne source d'acides aminés soufrés et éventuellement de lysine et/ou histidine (**Vidal** , **2008**).

4.3.2 Composition en lipides et acides gras

La composition en lipides totaux se caractérise par un bon équilibre entre acides gras saturés et acides gras polyinsaturés. La composition des principaux acides gras révèle la présence d'une forte concentration en acides gras essentiels, incluant des

oméga 3 et des oméga 6 qui préviendraient l'accumulation de cholestérol dans l'organisme (**Hug , 2011**).

L'acide gamma linoléique constitue jusqu'à **40%** des acides gras de la spiruline, qui figure parmi les meilleures sources connues d'acide gamma linoléique. Cette présence mérite d'être soulignée du fait de sa rareté dans les aliments courants et que c'est un précurseur de médiateurs chimiques des réactions inflammatoires et immunitaires (**Falquet et Hurni , 2006**).

4.3.3 Composition en glucides

Les glucides de la spiruline représentent **15 à 25 %** de la matière sèche et sont constitués de polysaccharides, dont le rhamnose et le glycogène. A la différence de la plus part des plantes mais à l'instar du corps humain, la spiruline stocke l'énergie sous forme de glycogène, de sorte que le corps convertit rapidement la spiruline en énergie (**Vidallo , 2008**).

4.3.4 Les vitamines

La spiruline contient des taux exceptionnels de vitamines B12 et la provitamine A (B carotène) (**Tabutin et al., 2002**). Le tableau 12 résume la teneur en vitamine en µg/g de matière sèche de spiruline.

Tableau 14 : Teneur en vitamine en µg/g de matière sèche de spiruline

(**Falquet et Hunri , 2006**).

Vitamines	Teneur
Vitamines hydrosolubles	
Thiamines (B1)	34-50
Riboflavine (B2)	30-46
Niacine (B3)	130
Panthoténate(B5)	4,6-25
Pyridavine (B6)	5-8
Biotine (B8)	0,05
Folate (B9)	0,5
Cobalamine (B12)	0,10-0,34
Acide ascorbique ©	Traces
Vitamines liposolubles	
Provitamines A (Bcarotène)	700-1700
Cryptoxanthine	100
Alphatacophenol (vitamine E)	

4.3.4 Les minéraux et les oligoéléments

La spiruline contient tous les oligoéléments et minéraux essentiels tous hautement assimilables sous forme de chélas (**Babadzhanov , 2004**).

Le tableau suivant présente la teneur en minéraux et oligoéléments en mg/10g de spiruline.

Tableau 15: Teneur en minéraux et oligoéléments en mg/10g de spiruline
(Vidallo , 2008)

Minéraux et oligoéléments	Teneur en (mg)
Calcium	25-50
Phosphore	80
Fer	7-10
Zinc	0,3
Magnésium	20-40
Sodium	90-120
Cuivre	0,12
Manganèse	0,5
Chrome	0,25
Sélénium	0,1

Des recherches de **Duan (2003)**, confirment cette abondance de micro éléments dont le potassium , le sodium, le calcium, la magnésium, le fer, le zinc, le sélénium, comparé au riz, au blé, au maïs, ou encore au soja, la spiruline contient quatre à dix fois plus de potassium , dix à quatre –vingt fois plus de sodium, vingt-cinq à soixante - dix fois plus de calcium , trois à quinze fois plus de magnésium, quatre à trente-six fois plus de fer et quatre à vingt –quatre fois plus de zinc.

5 L'utilisation de la spiruline

5.1 L'utilisation de la spiruline pour la santé

La spiruline est actuellement produite à l'échelle industrielle et commercialisée comme complément alimentaire diététique « bénéfique à la santé » (**Tabutin et al., 2002**).

5.2 L'utilisation de la spiruline en cosmétique

Elle est utilisée dans les masques cryogéniques et crèmes anti-âge, pour son action sur le renouvellement cellulaire et la tonicité des tissus (**Spolaore et al., 2006**).

Elle est aussi utilisée en synergie avec d'autres algues, comme agent cicatrisant et antiseptique.

5.3 L'utilisation de la spiruline dans l'agroalimentaire

En alimentation humaine elle est utilisée comme colorant naturel dans les chewing gums, sorbets, sucreries, produits laitiers, boissons non alcoolisées comme la menthe. La phycocyanine est un des rares pigments naturels de couleur bleue. En Suisse et au Japon, il existe de puis longtemps du pain à la spiruline (**Langlad et al., 2008**).

5.4 L'utilisation en aquariophilie et en aquaculture

La spiruline est utilisée comme complément nutritionnel en aquariophilie, en aquaculture pour des effets très spécifiques :

- Pour favoriser la croissance et la fertilité:

Des études sur les poissons d'aquarium ont montré les effets très bénéfiques de la spiruline en ce domaine (**Kim et al.2006**).

L'influence bénéfique sur la croissance de l'incorporation des spirulines dans la nourriture des poulets de chair (**Blanchot, 2008**).

- Pour renforcer les défenses immunitaires:

En aquaculture, les poissons d'élevage, beaucoup plus fragiles que les poissons sauvages, sont souvent soumis à des infections virales et/ou bactériennes qui peuvent être catastrophiques en bassins.

Watanuki et al., (2006) ont mis en évidence l'effet immunostimulant de *Spirulina platensis* chez la carpe *Cyprinus carpio*.

II. Résultats et discussions

II.1 Caractéristiques morphologiques de la datte

Les caractéristiques physiques de la datte étudiée sont données dans le tableau 16.

Ces résultats sont les moyennes de 10 mesures.

Tableau 16 : Caractéristiques physique de la datte Degla-Beida.

Paramètres	Valeur moyenne
Couleur	Jaune orange
Consistance	Sèche
Forme	Sub cylindrique
Longueur de la datte (cm)	3.56± 0.13
Largeur de la datte (cm)	1.43 ±0.26
Poids de la datte entière (g)	5.89± 0.37
Poids de la pulpe (g)	4.66 ±0.11
Poids du noyau (g)	4.20 ±0.11
Poids du tissu externe de la pulpe (tissu jaune) (g)	3.36 ±0.31
Poids du tissu interne de la pulpe (tissu blanc) (g)	1.19 ± 0.11
Rapport poids de la pulpe/poids de la datte (%)	79.1
Rapport poids du noyau/poids de la datte (%)	20.4
Rapport poids du tissu jaune/poids de la pulpe(%)	70.7
Rapport poids du tissu blanc/poids de la pulpe(%)	25.3
Rapport longueur de la datte/largeur	2.75

La couleur de la datte Degla-Beida (déterminée visuellement) est jaune orange présentant des zones brunes sur la surface. Les zones brunes peuvent-être dues aux réactions de brunissement non enzymatiques qui sont accentués par l'exposition direct au soleil. Cette observation corrèle avec l'avis de **(Boukhiar, 2009)**.

La consistance d'une variété est déterminante pour ses qualités organoleptiques. Et de ce point de vue, Degla-Beida est classé comme variété sèche et commune **(Meunier, 1973)**.

Les poids de la datte, de la pulpe et du noyau trouvés sont légèrement inférieur à ceux trouvés par **(Amellal, 2008)** et **(Chibane, 2008)** pour la même variété. Ces différences peuvent-être attribuées à la forte influence des conditions climatiques et des zones géographiques de récolte sur les caractéristiques physiques de la datte.

La datte étudiée Degla-Beida présente une qualité physique acceptable conformément aux critères fixés par (Mohamed et al., 1983); (Acourene et al., 2001).

- Un poids supérieur ou égal à 6g ;
- Un poids de la pulpe supérieur ou égale à 5g ;
- Une longueur supérieure ou égale à 3.5cm ;
- Un diamètre supérieur ou égal à 1.5cm.

La teneur en pulpe qui constitue **79.1%** du poids de la datte entière Degla-Beida est en accord avec celle trouvé par (Chibane et al., 2007) qui donnent une valeur de **79.15%** et légèrement, et légèrement inférieure à celle trouvé par (Acourene et Tama, 1997), qui donne une valeur de 80.78% pour la même variété

La figure 22 illustre les pourcentages de la pulpe et du noyau dans la datte entière.

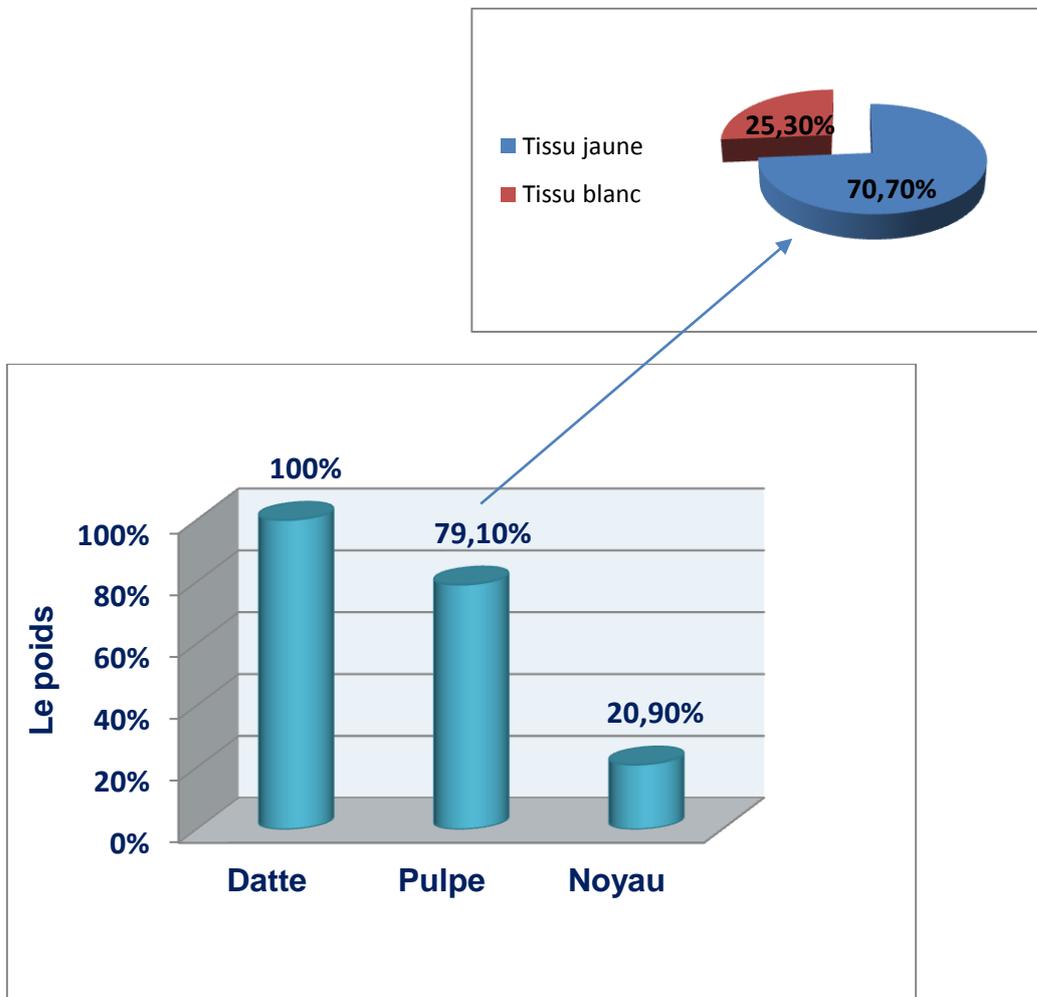


Figure 22 : Pourcentage de la pulpe et du noyau dans la datte entière.

La proportion en poids frais moyen des deux tissus dans la datte Degla-Beida est de 70,7% pour le tissu jaune est la partie qui prédomine dans la pulpe de la datte analysée. Ce résultat est contradictoire avec celui trouvé par (Noui, 2007) sur la Mech-Degla pour laquelle la proportion des deux tissus brun et blanc sont respectivement 42,16% et 57%.

La proportion du noyau par rapport à la datte constitue une caractéristique variétale : une donnée d'appréciation des qualités commerciales et un critère de sélection pour les prospecteurs (Gilles, 2000).

II.2 Résultats des analyses physico-chimiques des deux sirops de dattes

II.2.1 La teneur en eau

Les résultats de la teneur en eau dans les deux sirops de dattes analysés sont illustrés dans la figure 23.

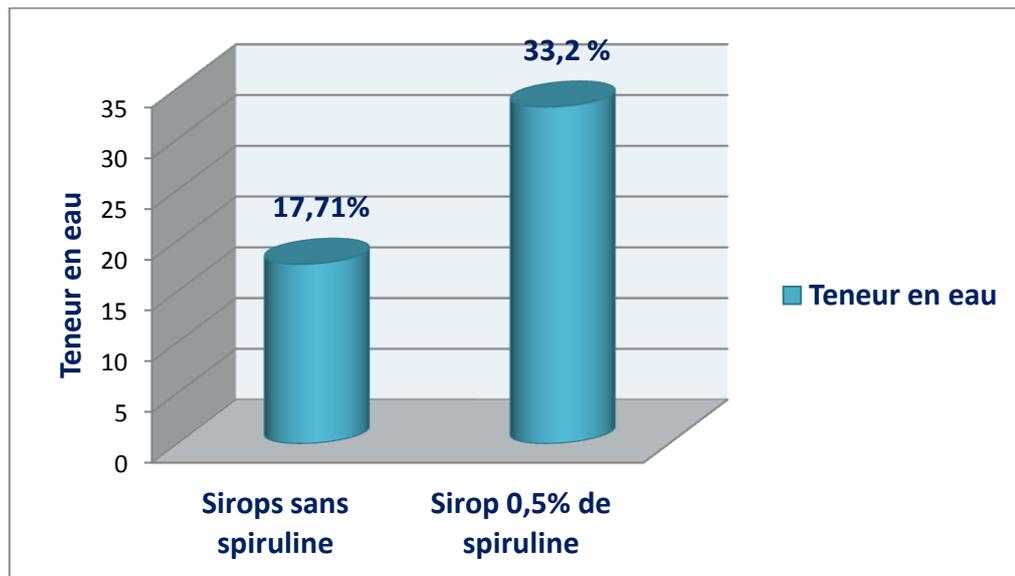


Figure 23 : Teneur moyenne en eau des deux sirops de dattes étudiés.

La **figure 23** montre que les deux sirops étudiés présentent des teneurs en eau de l'ordre de 17,72 % pour le sirop de dattes sans spiruline et de 33,2 % pour le sirop enrichi de 0,5 % de spiruline. Ce qui indique que le sirop sans spiruline est relativement moins humide que le sirop enrichie en spiruline.

Des travaux réalisés par (**Mimouni 2009**) rapportent des teneurs en eau du sirop provenant de la variété Degla Beida, oscillant entre 23% et 31,66 %. Selon **Abdelfettah (1990)** et **Ibrahim et Khallil (1997)**, les sirops de dattes des variétés irakiennes et égyptiennes renfermaient des teneurs en eau comprises entre 15 et 25 % . De ce fait, les résultats obtenus lors de la présente étude sont compris dans la fourchette donnée.

D'une manière générale, les teneurs en eau des sirops restent dans l'intervalle de l'activité de l'eau : $0,14 < A_w < 0,31$, ceci permet de dire que la vitesse de détérioration des constituants du sirop de dattes est très faible (**Cheftel, 1984**).

En effet l'humidité constitue le principal facteur favorisant le développement des micro-organismes (**Fernot et Vierling, 1997**). Ceci permet de classer les sirops de dattes parmi les aliments à faible humidité dont la conservation est très facile.

II.2.2 Extrait sec total

La figure 24 nous donne le taux de la matière sèche des deux sirops analysés.

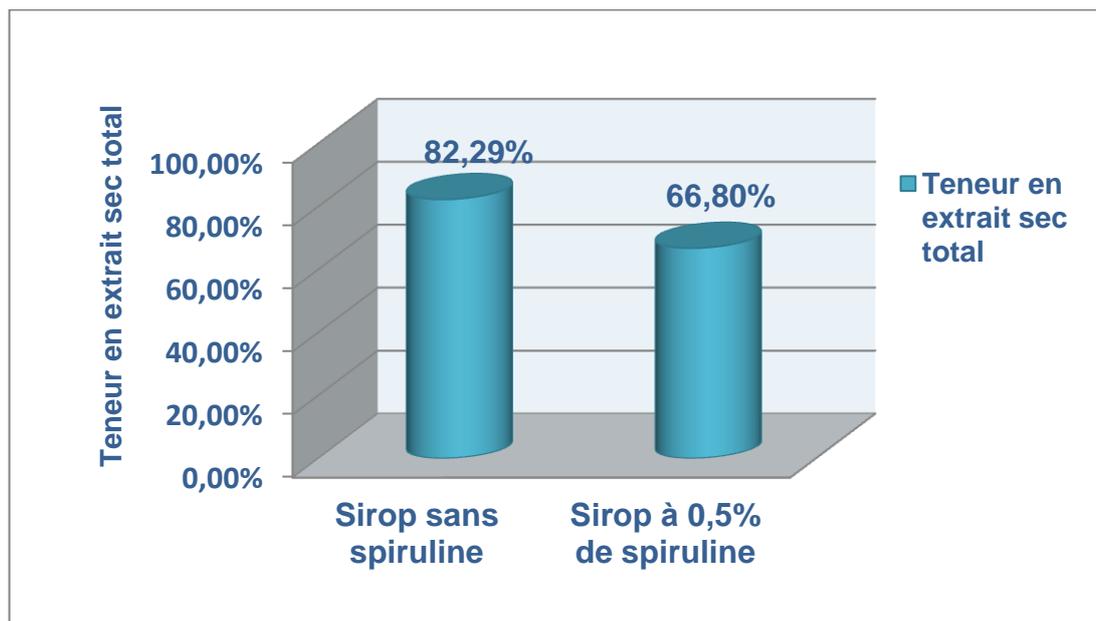


Figure 24 : Matière sèche des deux sirops étudiés.

Le taux de matière sèche est égale à 82,29% et 66,8% respectivement pour le sirop de dattes sans spiruline et celui à 0,5 % de spiruline. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de (**Mimouni, 2009**) dont les valeurs varient entre 68,33 et 85,04 % MS.

II.2.3 Le pH

Les valeurs de pH des deux sirops sont présentées dans la figure suivante :

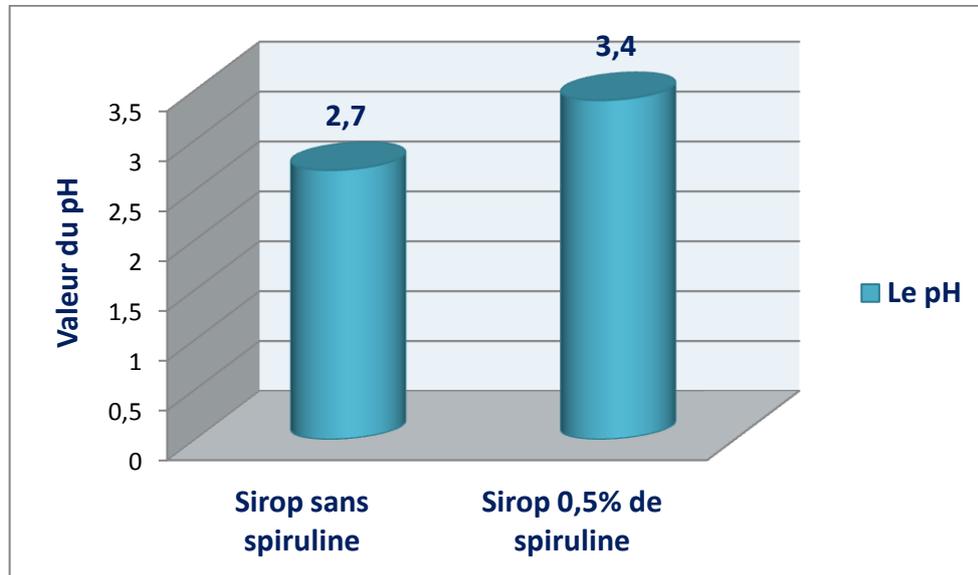


Figure 25 : pH des deux sirops de dattes.

D'après les résultats présentés dans la figure 25, nous constatons que les deux sirops présentent un pH acide.

Ces valeurs sont inférieures de (4,86) valeur donnée par **Mimouni (2009)**. Ceci peut être expliqué probablement, par le caractère acide des dattes variété Degla-Beida avec un pH égale 5,21 (**Belguedj et Tirichine, 2011**) qui se trouve dans leurs sirops.

Selon les travaux de (**Benahmed et al., 2011**), la spiruline présente un pH acide à une valeur 6,81 et que si la spiruline est sèche a une température assez élevée (60 à 65 °C) et qu'elle est réhydratée, ses cellules s'éclatent, entraînant ainsi un abaissement de pH, parfois jusqu'à avoir la valeur 5.

II.2.4 Le degré Brix

Le taux de solides solubles exprimé par le degré Brix est égale à 75 et 72 respectivement pour le sirop de dattes sans spiruline et celui à 0,5 % de spiruline (Figure ci-dessous).

Nos résultats sont comprises dans l'intervalle rapporté par (**Ibrahim et Khallil 1997**) ; (**Mimouni, 2009**). Selon ces auteurs le sirop de dattes appelé "Dibs" en Ikra extrait à haute température serait de l'ordre de 72 à 75 ° Brix.

La concentration des sirops liée à la teneur en solides solubles dépend de la technique d'extraction utilisée. En effet, **Siboukeur (1997)** a montré que le sirop de dattes extrait par tassement ont un degré Brix compris entre 60 et 67° Brix, alors que les travaux réalisés par **Mekki et al.,(1983)** (extraction par pressurage) montrent que les sirops de dattes sont à 77 °Brix.

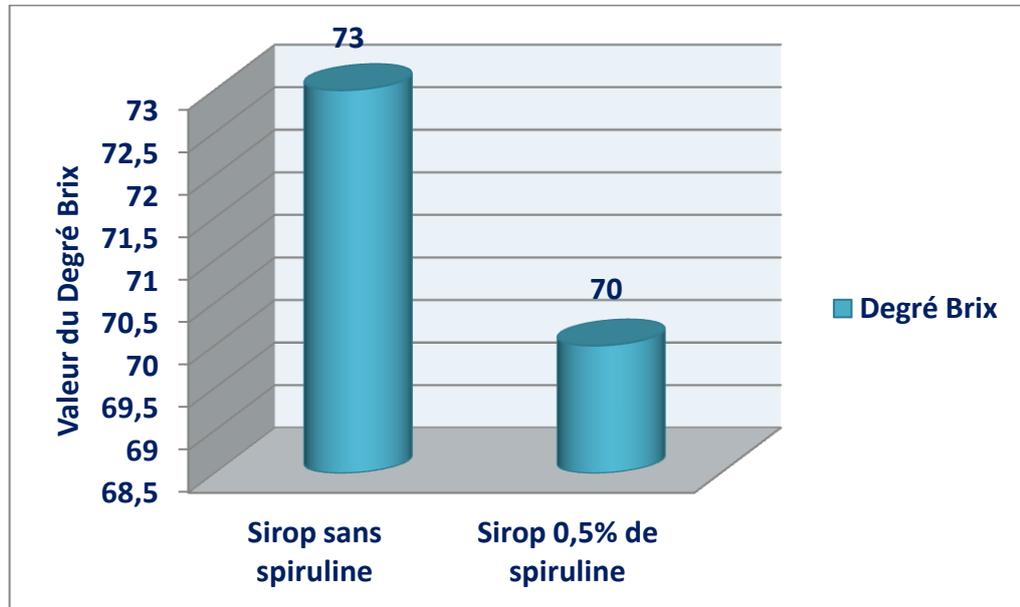


Figure 26 : Le degré Brix des deux sirops de dattes.

II.2.5 Le taux de cendres

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon.

Les valeurs trouvées pour les deux sirops sont de l'ordre de 2,5 % MS, très proche des valeurs trouvées par **Mimouni et Siboukeur (2011)**, qui sont comprises entre 2,5 et 3,1 %.

Toutefois, la variété de datte Degla-Beida renferme un taux de cendres nettement supérieure à celui de la variété de dattes sèches étudiée par **Benahmed (2007)** : Mech Degla qui se caractérise par un teneur de 1,85 %. Cet auteur a expliqué cette différence par les conditions de fertilisation et d'irrigation de chaque palmier.

Ceci montre qu'il y a diffusion d'une grande quantité de minéraux des dattes vers leurs sirops (**Figure 27**).

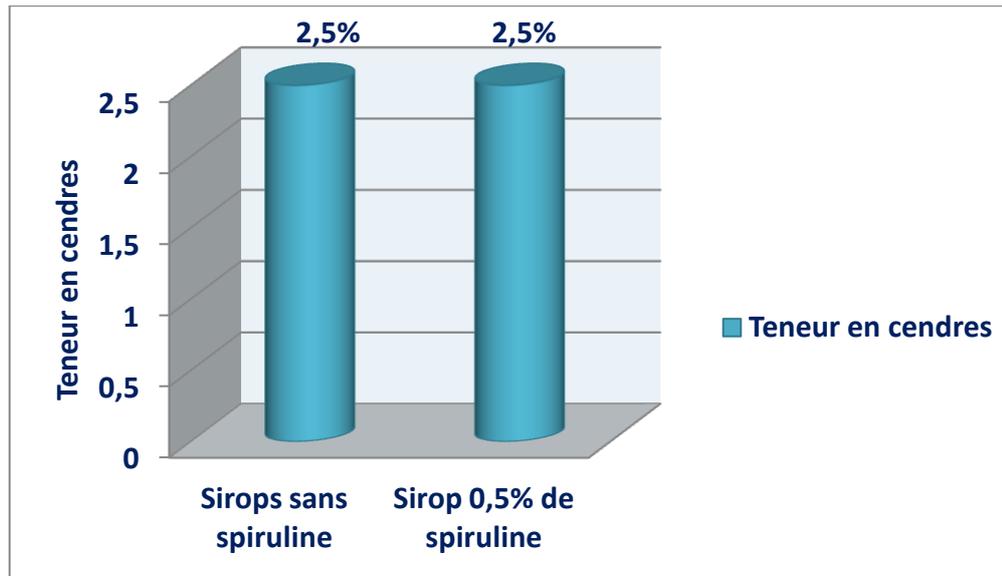


Figure 27 : La teneur en cendres des deux sirops de dattes étudiés.

II.2.6 Teneur en fer et en potassium des deux sirops étudiés

Le fer est un minéral indispensable à la santé. Il entre dans la constitution de l'hémoglobine (composant des globules rouges assurant le transfert de l'oxygène dans le sang), de la myoglobine forme de réserve de l'oxygène du muscle et des enzymes jouant un rôle capital dans de nombreuses réactions métaboliques.

Le potassium est le cation majeur du milieu intracellulaire. Il maintient le potentiel de membrane au repos, active les enzymes de la synthèse de glycogène et favorise la protéosynthèse. Les teneurs en fer et en potassium exprimés en grammes pour 100g du sirop sont consignés dans la figure ci après.

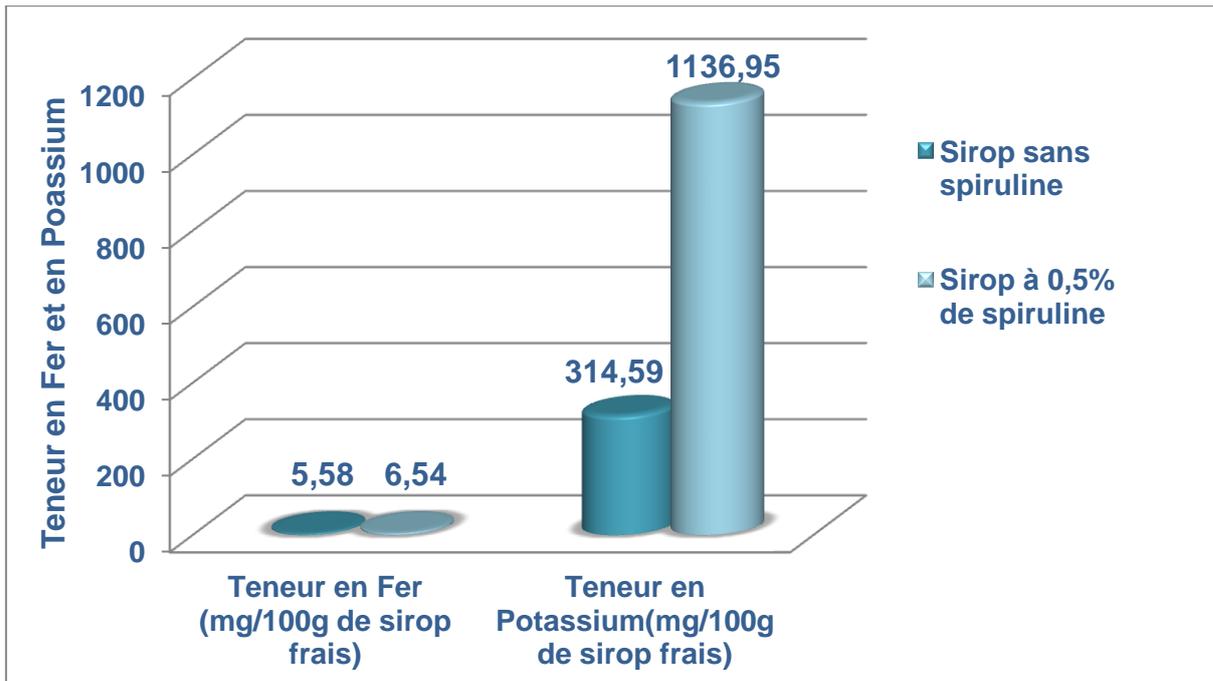


Figure 28 : Teneur en fer et en potassium en mg/100g de MS sans spiruline et celui à 0.5 % spiruline.

L'analyse de la figure 28, permet de faire les constatations suivantes :

1- La teneur en fer du sirop de dattes à 0.5% spiruline est plus élevée (6.54 mg/100g de sirop frais) que celle de sirop de dattes sans spiruline (5.58mg/100g de sirop frais).

Nos résultats sont inférieurs à ceux de **Abd El Tawab et El Nagga (2012)**. Selon ces auteurs, la teneur en fer est plus élevée (9.8mg/100g de sirop frais), dans les sirops extraits par micro onde. Elle serait également élevée (8,8 mg/100 g de sirop frais, dans les sirops extraits par diffusion. La teneur en fer des sirops de datte semble, dépendre par conséquent, de la méthode d'extraction utilisée.

Il ressort également de la figure 28, une augmentation de la teneur en fer dans le sirop après addition de 0.5% de spiruline et d'après **Farquet et Hurni (2006)** la teneur en fer de la spiruline cultivée est de (550- 6000 mg/ Kg). Il est clair que l'incorporation de l'extrait de spiruline (0.5%) dans le sirop de dattes fait augmenter la teneur en fer.

2-Concernant le potassium, sa teneur est plus élevée dans le cas de sirop de datte à 0.5% de spiruline (1136.95mg/100g de sirop frais) (**Figure 28**).

Pour le sirop sans spiruline, cette valeur est de (900mg/100g de sirop frais) (**Abd El Tawab et El Nagga, 2012**). On constate, parallèlement, que le sirop 0.5% spiruline

présente des teneurs en potassium plus que celle donné par cet auteur. Ceci pourrait être du à la forte teneur en potassium de la spiruline de l'ordre de 6400 à 15400mg/Kg (**Fraquet et hurni , 2006**).

On peut dire que l'addition d'un extrait de spiruline 0.5% dans le sirop de datte obtenu à partir de la variété Degla-Beida nous a permis d'obtenir un sirop enrichis en minéraux (Fer et potassium). Ceci augmente la valeur nutritive des sirops de dattes.

II.2.7 L'acidité titrable

Les valeurs obtenues sont récapitulés dans la figure ci-dessous :

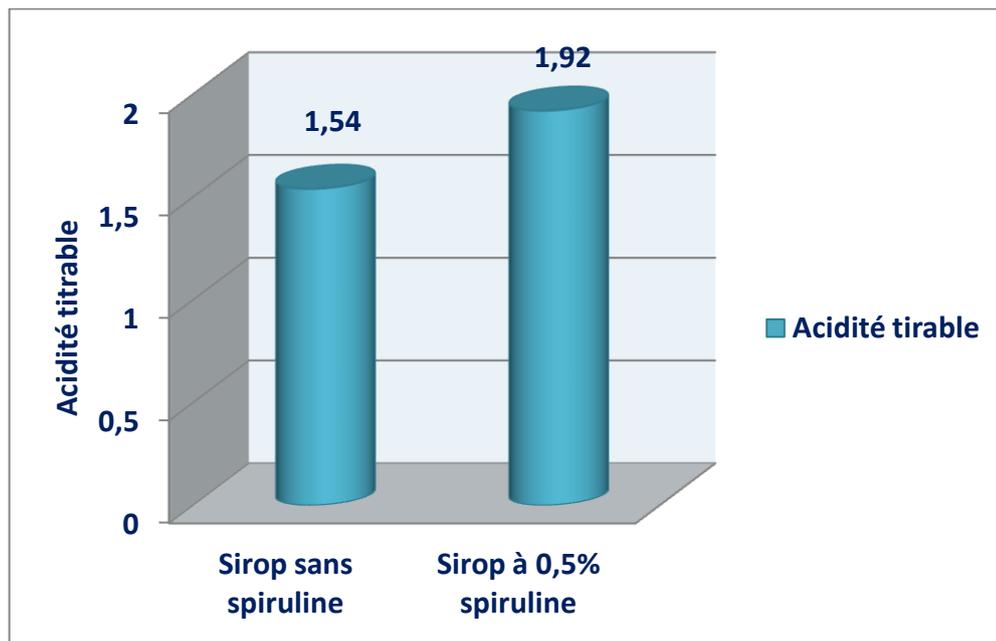


Figure 29 : Valeurs de l'acidité titrable dans les deux étudiés.

Les deux sirops présentant une acidité titrable élevée qui se situe entre (1.54 et 1.92 g d'acide critique/100g de sirop frais) comparativement aux résultats de **Abbès et al (2011)**, ayant travaillé sur trois variétés tunisienne à savoir ; Deglet Nour, Allig et Kentichi et pour lesquelles. Ils ont trouvé des valeurs de 0.27, 0.18 et 0.2% respectivement.

Toutefois, nos résultats restent largement inférieurs à ceux rapporté par **Abd El Tawab et El Nagga (2012)** qui ont trouvé des teneurs s'étendant de 5.75 à 7.9%.

Cette acidité élevée des deux sirops de datte peut être du à l'acidité titrable élevée de la datte de l'ordre de 0.95% pour la variété Degla - Beida (**Benahmed, 2007**).

Aussi la spiruline présente une teneur élevée en acidité titrable, ceci est du à sa composition qui est riche en acides organiques (**Elyah, 2003**).

II.3 Analyses biochimiques

II.3.1 Teneur en sucres totaux

La figure 30 regroupe les résultats du dosage quantitatif des sucres totaux de datte, selon la méthode de Bertrand.

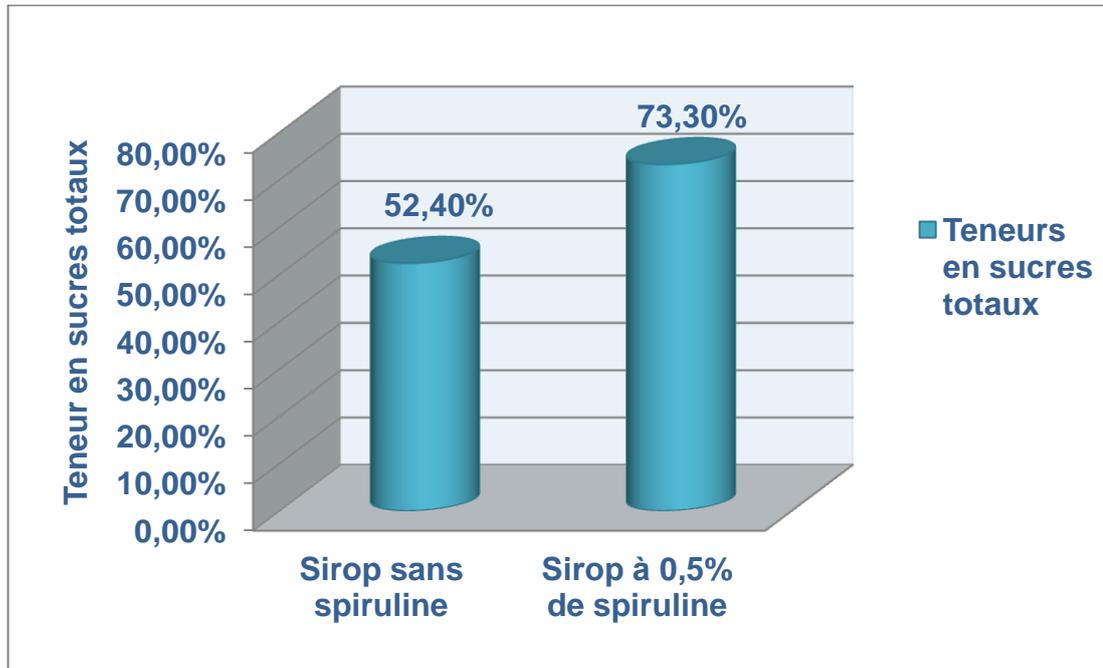


Figure 30 : Dosage quantitatif des sucres totaux des deux sirops de dattes.

L'analyse de la figure ci-dessus montre que le taux des sucres totaux est élevé dans le sirop 0,5% spiruline 73,3% en comparaison avec le sirop de dattes sans spiruline, qui présente un taux plus faible de 52,4%.

Toutefois, la teneur en sucre totaux du sirop sans spiruline semble plus faible que celles citées par **Mimouni et Sibakeur (2011)** et qui fluctuent entre 62,50% et 84,86%.

Ceci peut être expliqué par des phénomènes biologiques pouvant se manifester sous l'effet de la chaleur (réaction de Maillard, oxydation ...) pourraient être à l'origine de la diminution de la teneur en sucres totaux extrait à 70°C.

Par ailleurs, l'addition de la spiruline au sirop pourrait être à l'origine de l'augmentation de la teneur en sucres totaux du sirop de datte à 0,5 % spiruline .Les données bibliographiques indiquent à ce sujet, que la spiruline renferme 19,59% (**Simpore et al., 2006**).

II.3.2 Teneur en protéines

La figure ci-dessous regroupe les résultats du dosage quantitatif des protéines des deux types de sirops.

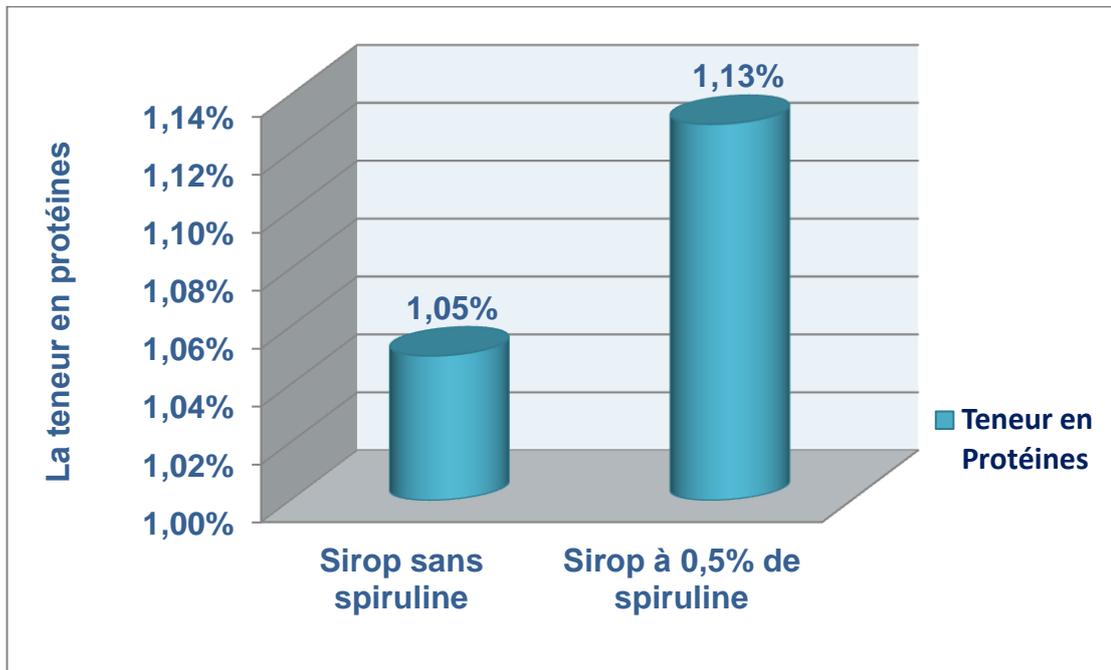


Figure 31 : Dosage quantitatif des protéines des deux sirops étudiés.

La teneur en protéines est égale à 1,05 % et 1,13 %, respectivement pour le sirop de dattes sans spiruline et celui à 0,5 % de spiruline.

Les sirops de dattes, présentent des teneurs en protéines légèrement différentes.

Nos résultats se rapprochent de ceux de **Mimouni et Siboukeur (2011)**. D'après ces auteurs, les sirops de la variété Degla Beida contiendraient des teneurs en protéines de l'ordre 1,05 à 1,15 %.

Toutefois, nos résultats semblent plus faibles que ceux annoncées par **Abd El Tawab et El Nagga (2012)** (1,79 %).

Les données bibliographiques indiquent à ce sujet, que la quantité de protéines contenue dans la datte Degla Beida est faible, seulement 2,49 % (**Boukhiar, 2009**). Ces résultats sont de nature à indiquer qu'une quantité importante de rappeler que les protéines bien qu'existant en petites quantités sont qualitativement bien équilibrés (**Berindi, 2000**).

Par ailleurs l'addition d'un extrait de spiruline au sirop de datte a augmenté légèrement la teneur en protéines, ceci semble être dû à la teneur en protéines élevée de la poudre de spiruline, qui avoisine 57% (**Simpore et al., 2006**).

II.3.3 Teneur en lipides

Les résultats trouvés sont donnés dans la figure 32.

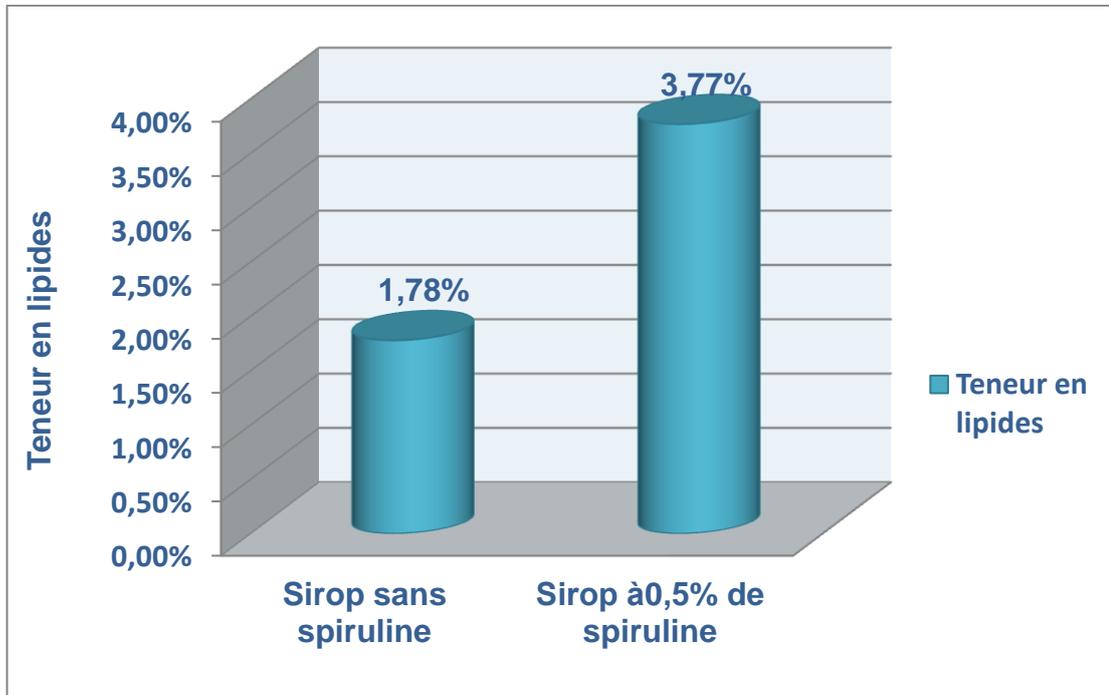


Figure 32 : Teneur en lipides des sirops de dattes étudiés.

A partir de l'histogramme ci-dessus, il ressort que les teneurs en lipides égales à 1,78 % et 3,77% respectivement pour le sirop sans spiruline et celui à 0,5 % spiruline. Nous pouvons dire que le sirop à 0,5 % spiruline en contient un peu plus en lipides que le sirop sans spiruline.

La teneur en lipides dans le sirop sans spiruline est inférieure à celle rapporté par (**Abd El Tawab et El Nagga, 2012**) (2,40%) hors que la valeur signalé par l'auteur reste inférieure à celle du sirop sans 0,5 % de spiruline.

Nos résultats semblent normaux étant donné que la teneur en lipides de la datte est faible selon **Abbès et al., (2011)** donnent 0,69 , 1,62 et 3,30 % pour les trois variétés tunisiennes Deglet-Nour , Allig et Kentichi respectivement.

Par ailleurs, il paraît clairement que l'ajout d'un extrait de spiruline 0,5 % a permis d'avoir un taux de lipides plus élevé. Cependant, la spiruline présente une teneur de 6% (**Simpore et al., 2006**).

II.4. Analyses microbiologiques

II.4.1. Qualité hygiénique

D'après la définition de la norme AFNOR FFX 30 – 120 :

« La qualité est l'ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un produit ou service, qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicite ».

Ces soins peuvent se résumer selon (**Gressel, 1994**), par l'équation :

$$4S + 2 R = \text{qualité}$$

Le " S " de santé, le "S" de sécurité, le " S "de sûreté, le "S" de satisfaction.

Le "R" de régularité, le "R" de rêve = qualité.

La qualité hygiénique occupe une place prépondérante. Ce qui est tout à fait légitime puisqu'il s'agit de la santé du consommateur.

Une erreur en matière d'hygiène peut entraîner des modifications organoleptiques et parfois même intoxication.

Le sirop, au même titre que les dattes dont ils sont issus, sont fondamentalement un milieu de culture pour les microorganismes.

Ils renferment comme tout produit alimentaire, les composantes nécessaires à la vie microbienne : les sucres, les protéines, les sels minéraux et l'eau. Ils sont par conséquent, sujets aux altérations microbiennes.

II.4.2 Qualité hygiénique des sirops frais

Les résultats se rapportant au dénombrement des germes totaux, levures et moisissures sont consignés dans le tableau17.

Tableau 17 : Germes totaux, levures et moisissures par mL des deux sirops frais.

Micro-organismes	Germes totaux	Levures	Moisissures
Sirop sans spiruline	<10	<1	<1
Sirop 0,5% spiruline	10	<1	<1

Rappelons que l'on entend par germes totaux le nombre de colonies bactériennes qui se sont développées à 30°C pendant 24h à 48h sur milieu nutritif gélose défini non sélectif (PCA).

Compte tenu des normes réglementaires : la valeur paramétrique des germes totaux à 30°C est de 60 à 200 selon la NA 1207/90, les levures selon la norme NA 1210/90 sont de 3 à 10 et les moisissures entre 3 et 10 (NA 1210/90).

Nous pouvons dire que, les sirops frais de datte obtenus de la variété Degla-Beida sont situés au dessous des valeurs fixées par les normes, alors ils présentent une qualité microbiologique conforme aux normes.

II.5 Valeurs énergétiques des deux sirops étudiés

Les aliments peuvent fournir de l'énergie grâce aux nutriments énergétiques qui les composent tels les glucides, lipides et protéines.

Les valeurs énergétiques pour chacun de ces nutriments sont celles qui sont mesurées dans une bombe calorimétrique. Il s'agit d'un instrument de mesure permettant d'obtenir la quantité totale d'énergie totale contenue dans un produit alimentaire (énergie brute) évalué par le nombre de calories fournies par la combustion complète d'un poids connu de substance : c'est ce qu'on appelle la valeur calorifique (**Murat et al., 2009**).

Selon le même auteur, ces valeurs sont corrigées : il a fallu trouver des coefficients représentant l'énergie physiologiquement utilisable par l'organisme : les coefficients d'Atwater.

Les valeurs énergétiques moyennes des nutriments sont exprimées en KJ d'énergie métabolisable par gramme de produit (KJ .g⁻¹).

Il ressort du tableau 18, l'enrichissement du sirop datte avec 0.5% d'extrait de spiruline à un effet positif sur sa qualité nutritionnelle, menant à une augmentation de la valeur énergétique par rapport au sirop sans spiruline.

Tableau 18 : Détermination de la valeur énergétique des deux sirops étudiés.

Sirops	Valeur énergétique (Kcal/100g de sirop frais)	Valeur énergétique (KJ/100 g de sirop frais)
Sirop sans spiruline	229,82	974,51
Sirop 0,5 spiruline	331,65	1404,8

I Matériel et méthodes

I.1 Matériel végétal

Dans cette présente étude nous avons utilisé une variété de datte de consistance sèche Degla Beida et une spiruline présentée dans les figures 6 et 7.

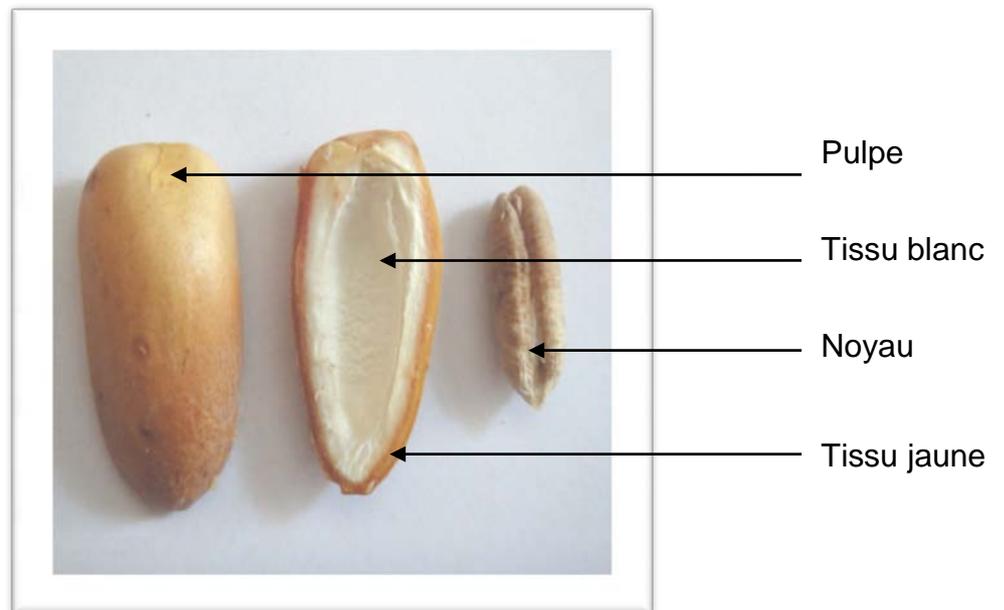


Figure 6 : Photos de la datte entière Degla –Beida et de ses tissus constitutifs.



Figure 7 : Photos de la spiruline en poudre.

Les dattes utilisées proviennent de la région de Biskra .Elles ont été récoltées au stade de maturité « Tamar » le mois de Décembre de l'année 2012.

Cette variété est de faible valeur marchande, très riche en sucres, en minéraux et en vitamines, du groupe B particulièrement. Sa faible teneur en eau (15%) environ favorise sa conservation (**Chibane, 2008**).

La spiruline dont on dispose est sous forme de poudre, de couleur verte .Il s'agit de l'espèce *Archospira fusiformis*, portant la marque Marcus Roheer Spirulina provenant d'Espagne. Cette poudre est conservée dans une boîte de Pétri fermée hermétiquement à l'abri de l'humidité et la lumière.

I.2 Préparation et fabrication du sirop de dattes

I.2.1 Echantillonnage

Les dattes ayant servies à notre étude, proviennent de la région de Biskra, il s'agit de la variété Degla Beida qui est une des plus importantes variétés pour la production de ce type de produit vu sa richesse en sucre, son bas prix et sa bonne conservation durant des années.

I.2.2 Les différentes étapes de production du sirop de datte

Selon **Al ogaidi (1987)**, les principales étapes pour la production du sirop de datte sont :

- Lavage, dénoyautage et hachage.
- L'extraction.
- Pressage et filtration.
- Concentration sous vide.

I.2.2.1 Lavage, Dénoyautage et hachage

La réception des dattes, nettoyage et lavage à l'eau courante, le dénoyautage manuel et le hachage s'effectue par un hachoir.

I.2.2.2 L'extraction

Dans notre travail nous avons utilisé un grand réceptacle en verre d'une capacité de 25 L, fermé par un couvercle muni d'un thermostat, d'un thermomètre, d'un mélangeur et deux résistances (**Figure 8**).

On règle la température à 70°C et le temps d'extraction etait environ 72 h. (4Kg de dattes Degla Beida trempés dans 19 L d'eau chauffés à 70°).



Figure 8: Le réceptacle d'extraction.

Pour conduire à terme l'extraction on presse notre produit par l'utilisation de jutes, on obtiendra un jus d'une concentration de 25° Brix.

I.2.2.3 Concentration

La concentration consiste en l'évaporation de l'eau jusqu'à obtention d'un sirop à 70° Degré Brix à une température de 50 à 55 °C. Le sirop obtenu est enfin refroidi et mis dans des pots stériles. Le rendement était environ 2,5 Litres.

Le procédé de fabrication du sirop de datte est réalisé comme le montre la figure 9.

Ensuite, un extrait de spiruline à 0,5 % a été préparé par l'extraction des substances nutritives et bioactives de la spiruline dans l'eau dans un bain marie à 65°C pendant 3 à 4 heures (**Benahmed et al., 2012**). La figure 10 présente la préparation d'extrait de spiruline à 0,5%.

La figure 9 illustre la préparation de l'extrait de spiruline à une concentration de 0,5%.

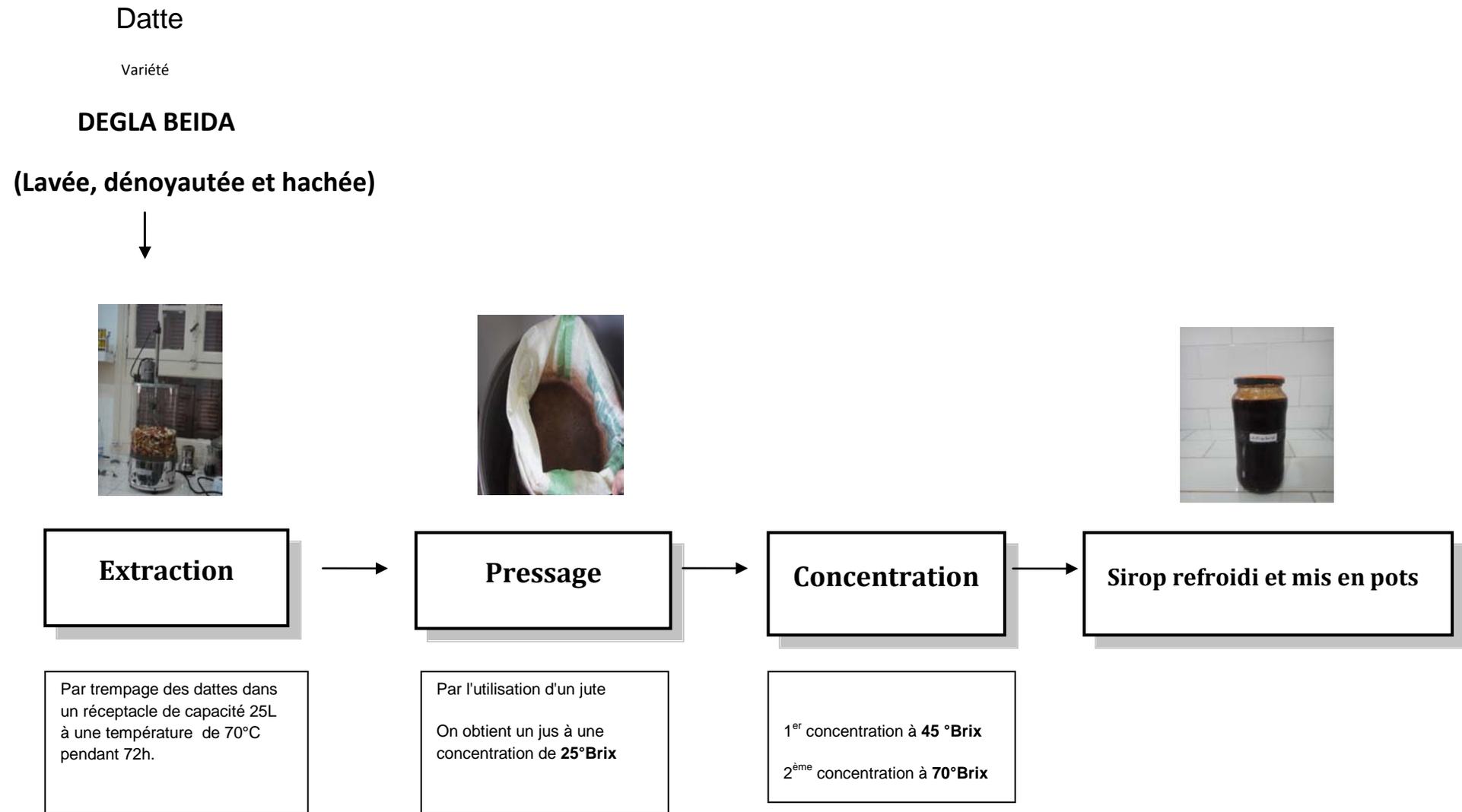


Figure 9: Procédé de fabrication du sirop de datte à partir de la variété Degla Beida.



La pesée de la spiruline



L'addition de l'eau distillée



L'extraction des substances nutritives et bioactives de la spiruline dans un bain marie à 65° pendant 3 à 4 heures

Figure 10: Les étapes de préparation d'extrait de spiruline à 0,5%.

I.2 Méthodes d'analyses

Elles se rapportent aux expériences suivantes :

- Caractérisation physique de la datte entière Degla Beida;
- Production du sirop de dattes sans spiruline, ensuite son enrichissement avec 0,5% d'extrait de spiruline;
- Analyses physico-chimiques du sirop de dattes sans spiruline et celui enrichi d'extrait de spiruline.
- Analyses biochimiques du sirop de dattes et celui enrichi en spiruline;
- Analyses microbiologiques des deux sirops étudiés;
- Analyse de la valeur énergétique du sirop de datte avant et après addition de la spiruline.

I.2.1 Caractérisation physique de la datte entière

Les analyses suivantes ont été réalisées sur 10 dattes prises d'une manière aléatoire de la quantité initiale (**Acourene et al ., 2001**).

- La couleur, l'aspect et la forme sont appréciés visuellement.
- La consistance : au toucher
- Les dimensions (largeur et longueur) sont déterminées par le biais d'un pied à coulisse, présenté dans la figure 12.
- Le poids frais (la datte entière, la pulpe de la datte, le noyau, le tissu jaune, le tissu blanc) est déterminé à l'aide d'une balance de précision de marque Sartorius, présenté dans la figure 11.
- Le rapport masse du noyau / masse de la datte.
- La masse de la pulpe / masse de la datte.
- Le rapport masse du tissu jaune / masse de la pulpe.
- Le rapport longueur / largeur.



Pied à coulisse



Balance de précision

Figure 11 : Appareillage utilisé pour la caractérisation physique de la datte entière.



Figure 12 : Dimensions de Degla Beida par pied à coulisse.

I.2.2 Analyses physicochimique du sirop de datte

I.2.2.1 Détermination de l'extrait sec soluble (degré Brix) (NF.V.05 – 109 – 1970)

Principe :

L'extrait sec soluble est déterminé par réfractomètre, représenté sur la figure 13. Il mesure la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit à analyser. Il est exprimé en pourcentage de masse ou en degré Brix.

Mode opératoire

- Placer une goutte de sirop sur la surface de prisme;
- Abattre de deuxième prisme sur le premier, ce qui permet d'obtenir une couche uniforme de liquide;
- En dirigeant le réfractomètre vers une source lumineuse, on verra se dessiner sur l'échelle deux zones;
- La limite entre deux zones indique la grandeur de la réfraction;
- La valeur Brix est la valeur lue par le réfractomètre de type (OTAGP RX5000), qui nous donne le pourcentage des sucres dans le produit.

I.2.2.2 Détermination de la teneur en eau

Elle est effectuée selon la méthode normalisée en Algérie, NA1132/1990 en concordance avec la NF 707 (Mars 1996).

Principe :

Séchage du produit à température de $130 \pm 2^\circ\text{C}$ à pression atmosphérique normale.

Mode opératoire :

- Sécher les capsules vides à l'étuve durant 15 mn à $130^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur
- Peser dans chaque capsule 5g d'échantillon à une précision de $\pm 0,001$ g, et les placer dans l'étuve réglée à $103 \pm 2^\circ\text{C}$.
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur, et après refroidissement, les peser. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).

La teneur en eau est égale à la perte de masse subie dans les conditions de la mesure (**Audigie et al., 1984**).

$$H\% = \frac{M_i - M_f}{P} \times 100$$

Soit :

H% : Teneur en eau ou humidité

M_i : Masse initiale « avant dessiccation » « Matière fraîche +capsule »

M_f : Masse finale « après dessiccation » « Matière sèche + capsule »

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en matière sèche est calculée selon la relation suivante

Matière sèche %= 100 - % Humidité

La figure 14 présente le dessiccateur à infrarouge utilisée pour la détermination de la teneur en eau.



Figure 13 : Réfractomètre.



Figure 14: Le dessiccateur à infrarouge utilisée pour la détermination de la teneur en eau.

I.2.2.3 Détermination du pH (NFV 05 – 108, 1970)

Principe :

La détermination du pH s'effectue par une lecture directe à l'aide d'un pH mètre préalablement étalonné de type (Hanna 211), présenté dan la figure 15.

Où :

Basé sur la détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongé dans le sirop de datte avant et après addition de la spiruline.



Figure 15 : Le pH mètre de type (Hanna 211).

I.2.2.4 Détermination de l'acidité titrable (NFV 05-101,1974)

Principe :

Consiste à effectuer un titrage de l'acidité d'une solution aqueuse avec une solution hydroxyde de sodium en présence du phénolphtaléine comme indicateur.

Mode opératoire

- Peser à 0,01g près au moins 25 g de sirop de datte.
- Placer l'échantillon dans une fiole conique avec 50 mL d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.
- Adapter un réfrigérant à reflux à la fiole conique puis chauffer le contenu au bain-marie pendant 30mn.
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 mL et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouilli et refroidie, bien mélanger puis filtrer.
- Prélever à la pipette 25 mL du filtrat et le verser dans un bêcher.
- Ajouter 0,25 à 0,5 mL de phénolphaléine et tout en agitant, titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

Expression des résultats

L'acidité titrable est exprimée en grammes d'acide citrique pour 100g de produit :

$$A \% = \frac{250 \times V1 \times 100}{V^{\circ} \times M \times 10} \times 0,07 = 175 \frac{V1}{V^{\circ} \times M}$$

Soit :

M : Masse en grammes de produit prélevé.

V° : Volume en millilitres de la prise d'essai.

V1 : Volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N utilisé.

0,07 : Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique

I.2.2.5 Détermination de la teneur en cendres (NF V 03.760,1981)

Principe :

La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu obtenu par incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de 900 °C jusqu'à combustion complète de la matière organique.

Mode opératoire

Nous procédons d'abord à un préchauffage des nacelles dans le four à 900°C pendant 15 à 20 mn (les nacelles doivent être rincées par une solution d'acide pour éliminer toute trace de cendre des essais précédents).

- Nous laissons les nacelles refroidir dans le dessiccateur 30-40 minutes.
- Nous pesons les nacelles vides (P_0) puis les nacelles avec la prise d'essai de 5 g de sirop (P_1).
- Nous introduisons les nacelles avec la prise d'essai dans le four à moufle pendant (**figure 16**) deux (02) heures à deux heures trente minutes (02 h 30 mn) jusqu'à la disparition de la matière organique (la disparition des taches noires).
- Nous retirons les nacelles du four et les plaçons dans un dessiccateur pendant 30 à 40 minutes, après leur refroidissement, les nacelles sont pesées (P_2).

Expression des résultats

$$C_{MS} \% = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

Soit :

P_0 : poids de nacelle vide

P_1 : poids de nacelle + prise d'essai

P_2 : poids de nacelle + résidu

H : la teneur en eau, exprimée en pourcentage de masse, de l'échantillon pour essai.



Figure 15 : Le four à Moufle.

I.2.2.6 Dosage des minéraux (LPFC- 1377, Avril 1985)

Principe :

La méthode consiste à réduire l'échantillon en cendres sous l'effet de la chaleur et de l'acide nitrique, en vue de décomposer la matière organique, puis à dissoudre le résidu inorganique dans un volume approprié d'acide chloridrique dilué.

Mode opératoire

- Minéralisation par voie sèche
 - Peser 5g d'échantillon et mettre dans un creuset en silice.
 - Placer l'échantillon dans une étuve pendant 16 heures à 105 °C.
 - Placer les échantillons dans le Four Pasteur réglé à 200°C puis la température à 800°C.
 - Retirer les échantillons du four et les laisser refroidir dans le dessiccateur.
 - Noter le poids des échantillons après incinération.

- Minéralisation par voie humide
 - Humidifier les cendres avec l'eau et ajouter une quantité suffisante de l'acide nitrique pour les couvrir.
 - Chauffer sur plaque chauffante pendant une heure environ.
 - Remettre les échantillons au four et les calciner à 375 °C jusqu'à l'obtention de cendres blanches.
 - Diluer les cendres obtenues à 50 mL d'acide nitrique.
 - Doser les éléments par absorption atomique de flamme.

- Etablissement des courbes d'étalonnages (Appendice A)
 - Cas du Fer
 - Préparer la solution mère de fer (nitrate de fer) à 1g/L.
 - Préparer quatre solutions contenant 1,2 ,5 et 10 mg de fer par litre

 - Cas du Calcium
 - Préparer la solution mère de calcium (chlorure de calcium) à 1g/L.
 - Préparer quatre solutions contenant 4, 8,20, 40, mg de calcium par litre.

 - Cas de Magnésium
 - Préparer la solution mère de magnésium (nitrate de magnésium) à 1g/L.
 - Préparer quatre solutions contenant 0,1, 0.2, 0.5, et 1 mg par litre.

- Cas de Potassium
 - Préparer la solution mère de potassium à 1g de potassium par litre.
 - Préparer quatre solutions à différentes concentrations à raison de 1, 1.5, 2, et 2.5 ppm.

- Cas de Sodium
 - Préparer la solution mère à partir de chlorure de sodium à raison de 1g par litre.
 - Préparer quatre solutions à différentes concentrations : 0.05 ,0.1, 0.3, 0.5 ppm.

Mesure par spectrométrie :

Doser les éléments minéraux par absorption atomique de flamme sur les étalons et les échantillons.

Expression des résultats :

$$X \text{ (mg /100g)} = \frac{Y \times FD}{P}$$

Où :

X : éléments minérales (Cu, Zn, Fer, etc.)

FD : facteur de dilution

Y : concentration de x lue sur la courbe d'étalonnage en mg/100g

P : poids de la prise d'essai après dessiccation en grammes

I.2.3 Analyse biochimique

I.2.3.1 Dosage des protéines (Méthode de Kjeldhal) (NFV 03-050, 1970)

Principe

Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, le sulfate d'ammonium obtenu est distillé sous forme d'ammoniac et dosé après déplacement, en milieu alcalin.

Mode opératoire

- Introduire dans un matras de minéralisation (**Figure 17**), 1g d'échantillon, ajouter 2g de catalyseur (sulfate de cuivre et de potassium).
- Ajouter 15 mL d'acide sulfurique pur.
- Appliquer un chauffage progressif : d'abord une attaque à froids pendant 15 mn jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique puis le chauffage est rendu plus énergétique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures à une T° de 350°C.
- Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 mL avec de l'eau distillée.
- La distillation se fait dans un distillateur automatique (VELP) (**Figure 17**), on l'ajoute 20mL de lessive de soude à 35 % dans le matras et 25% d'acide borique dans une fiole de 250 mL est réalisée.
- Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle). L'excès d'ammoniac est alors dosé par l'acide sulfurique 0,05 N dans un titrateur automatique.

Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans échantillon.

Expression des résultats

La teneur est déterminée par la formule suivante :

$$P (\%)_{Ms} = \frac{0,0014 \times V \times 100}{m} \times \frac{100}{100-H} \times 6,25$$

m: la prise d'essai en gramme

V: volume d'acide sulfurique versé pendant le titrage en ml

6, 25: le coefficient de conversion

0, 0014: indice de l'azote

H: la teneur en eau du produit

La figure suivante présente l'appareillage utilisé pour le dosage des protéines.



Le minéralisateur

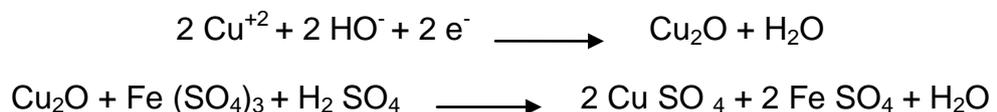
Le distillateur automatique

Figure 17 : Appareillage utilisé pour le dosage des protéines.

I.2.3.2 Dosage des sucres totaux (Méthode de Bertrand)

Principe :

Le dosage des sucres totaux est réalisé par la méthode de Bertrand (**Audigie et al ., 1984**). Cette méthode est basée sur la réduction d'une liqueur cupro-alcaline. On fait agir un excès de liqueur sur les sucres dans des conditions bien fixées. On sépare l'oxyde de cuivreux et on le traite par une liqueur sulfurique de sulfate ferrique.



Le sel ferreux (Fe^{++}) formé est dosé par une liqueur titré de KMnO_4 et ramené à l'état de fer ferrique (Fe^{+++}).

Pour déduire de ce titrage la teneur en sucres de la prise d'essai, on a recours à des tables de correspondance établies dans les mêmes conditions opératoires pour les différents sucres (**Annexe 1**).

Mode opératoire

- **Défécation**
- Peser 20 mL dans une fiole de 200 mL : dissoudre dans un peu d'eau tiède.
- Ajouter à la prise d'essai 5mL d'acétate de plomb (10%), quelques pincés de sulfate de sodium.
- Agiter le contenu avec 2/3 d'eau pendant 10 minutes, après défécation complète à 200 mL avec H_2O , agiter et filtrer.

- **Hydrolyse**

- Prener 10mL de la solution du filtrat de défécation, ajouter 10 mL d'HCl (83 g/l) porter au bain marie 30 à 70 °C.
- Refroidir et ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine.
- Neutraliser avec NaOH 33 % et compléter à 100 ml avec H₂O.
- Prélever 20 mL de la solution A (liqueur cuprique) plus 20 mL de la solution B (liqueur tartrique alcaline).
- Porter à l'ébullition.
- Refroidir et laisser reposer.
- Filtrer sur un papier filtre sans introduire le précipité sur le papier filtre.
- Jeter le filtrat et dissoudre le précipité avec 30 mL de la solution C (liqueur ferrique).
- Filtrer sur le même papier filtre : Laver à 5 reprises le filtrat avec 20 mL d' H₂O.
- Titrer le filtrat contenant la solution ferrique partiellement réduit par la solution N/10 de K Mn O₄.
- Le virage est obtenu quand la couleur passe du vert franc au rose persistant.

- **Calcul**

Faire la correspondance du volume K Mn O₄ et taux de glucose en mg.

$$\% \text{ Sucre} = \frac{10 x}{E}$$

x : Correspondant au volume de K Mn O₄ sur le tableau de correspondance.

E : Prise d'essai 20 ml.

I.2.3.3 Dosage de la matière grasse totale (NF EN ISO 734-1, 2000)

Principe

Les corps gras sont des substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil Soxhlet.

Mode opératoire

- On sèche le ballon de 500 mL dans une étuve à 100°C pendant 1 heure.
- Après refroidissement dans un dessiccateur, on détermine son poids (vide) avec une précision de 0,001g.
- Peser 20 à 25 g de l'échantillon qu'on met dans la cartouche en papier filtre.
- On place ensuite cette dernière avec l'échantillon dans l'appareil soxshelt (**Figure 18**).

- On verse 200 mL d'éther de pétrole dans le ballon et 50 mL dans l'extracteur.
- On chauffe le ballon sur le chauffe ballon pendant 4 heures (20 siphonage par heure) jusqu'à épuisement de la matière grasse.
- Après l'élimination du solvant par distillation, on sèche le ballon à une température de 70 – 80 °C puis on le pèse après refroidissement dans un dessiccateur avec une précision de 0,001g. On répète l'opération de séchage jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La figure18 présente l'appareil Soxhlet utilisé pour le dosage de la matière grasse

La teneur en matière grasse est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = \frac{P_2 - P_1}{P_3} 100$$

Où :

MG : matière grasse.

P₁ : poids du ballon vide (g).

P₂ : poids du ballon avec les huiles extraites (g).

P₃ : poids de la prise d'essai (g).



Figure 18: L'appareil Soxhlet..

I.2.4 Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que le sirop de datte présente une qualité hygiénique et commerciale supérieure.

- **Préparation de dilution mère et dilution décimales**

- Dilution mère

Introduire aseptiquement 25 mL de sirop à analyser dans 225 mL de l'eau physiologique (TSE). Homogénéiser. Cette dilution constitue la dilution mère (DM) qui correspond à la dilution 10^{-1} (**Figure 19**).

- Dilution décimales

Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile 1 mL de la dilution mère dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 mL du même diluant : cette dilution sera alors au 10^{-2} .

Introduire par la suite 1 mL de la dilution dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 mL du même diluant : cette dilution sera alors au 10^{-3} .

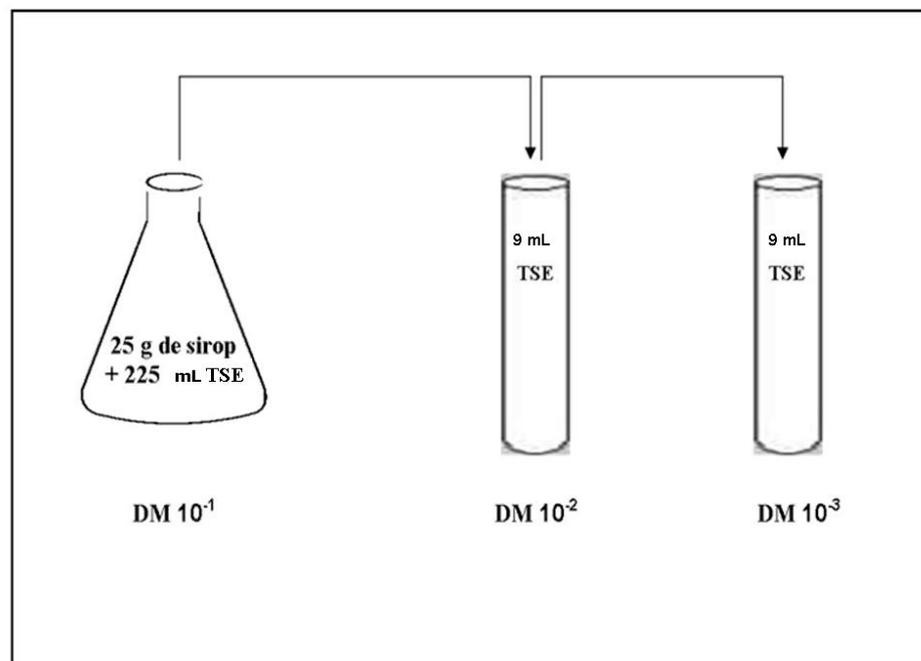


Figure 19 : Préparation de dilution mère et dilutions décimales.

I.2.4.1 Recherche et dénombrement des germes totaux mésophiles à 30°C (AFNOR VFV

08-051)

Principe :

Contrôle du développement des germes aérobies mésophiles totaux dans un milieu nutritif gélose défini non sélectif (PCA) à 30 °C pendant 72h.

Mode opératoire

- A partir des trois dilutions décimales 10^{-3} , 10^{-2} et 10^{-1} , porter aseptiquement 1 mL dans une boîte de pétri vide préparée et numérotée à cet usage.
- Compléter ensuite avec environ 20 mL des géloses PCA, fondue puis refroidie à $45\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$.
- Faire ensuite des mouvements circulaires de vas et vient en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de ce mélanger à la gélose utilisée.
- Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche, d'environ 5 mL de la même gélose. cette double couche à un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

Les boites seront incubées couvercle en bas pendant 72h à une température de 30°C avec une lecture chaque 24h on tenant compte que les colonies des GMT présentent sous forme lenticulaire en masse de couleur blanchâtre.

Le dénombrement consiste à compter toutes les colonies ayant poussé sur les boites en tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boites contenant plus de 30 colonies et moins de 300 colonies.
- Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution et faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

La figure 20 illustre les étapes de dénombrement des germes totaux.

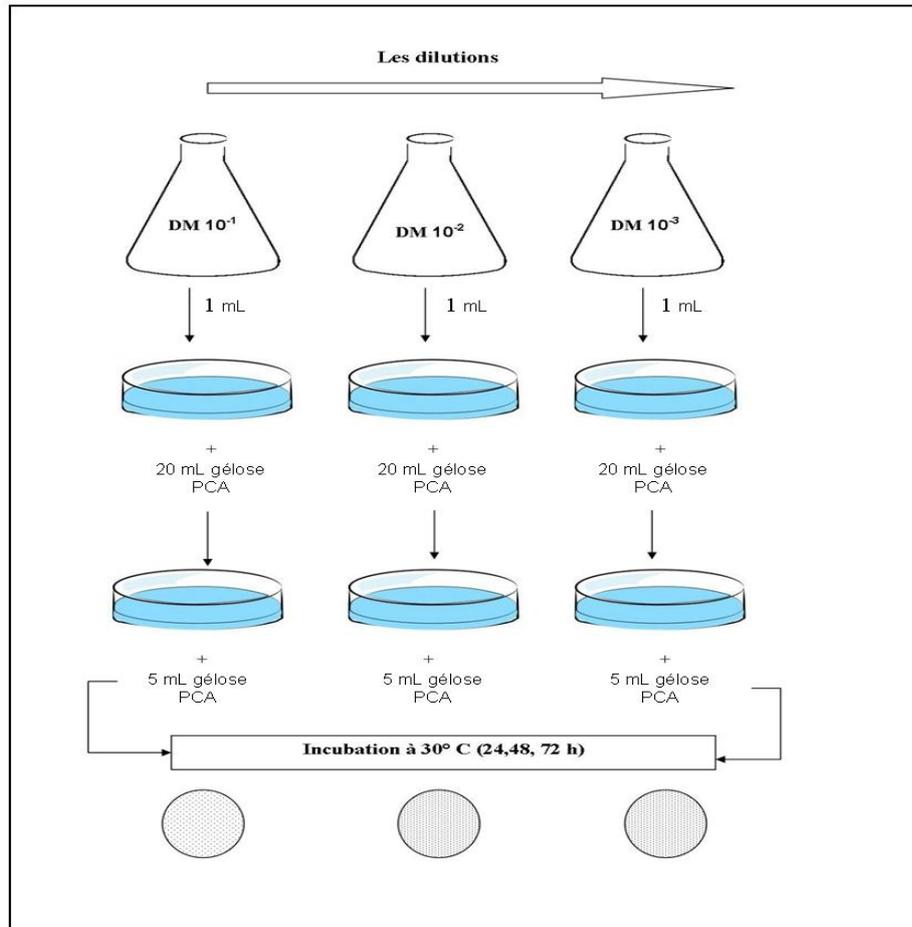


Figure 20: Recherche et dénombrement des germes totaux.

I.2.4.2 Recherche et dénombrement des levures et des moisissures (AFNOR NFV 8-052)

Le milieu utilisé pour la recherche des levures et des moisissures est l'oxytétracycline glucose Agar (OGA) à 25 °C pendant 5 jours, le comptage se fait à partir de nombre de colonies obtenu sur le milieu gélosé.

Mode opératoire

- Préparer des boîtes de pétri numérotées contenant environ 15 à 20 mL de milieu OGA.
- Ensemencer aseptiquement en surface 4 gouttes de chaque dilution (10^{-3} , 10^{-2} et 10^{-1}).

- L'incubation est réalisée à une température de 25 °C pendant 5 jours avec une lecture chaque 24h. Les colonies dénombrées sont des colonies de couleur blanchâtre ou jaunâtre.

La figure 21 illustre les étapes de dénombrement des levures et des moisissures.

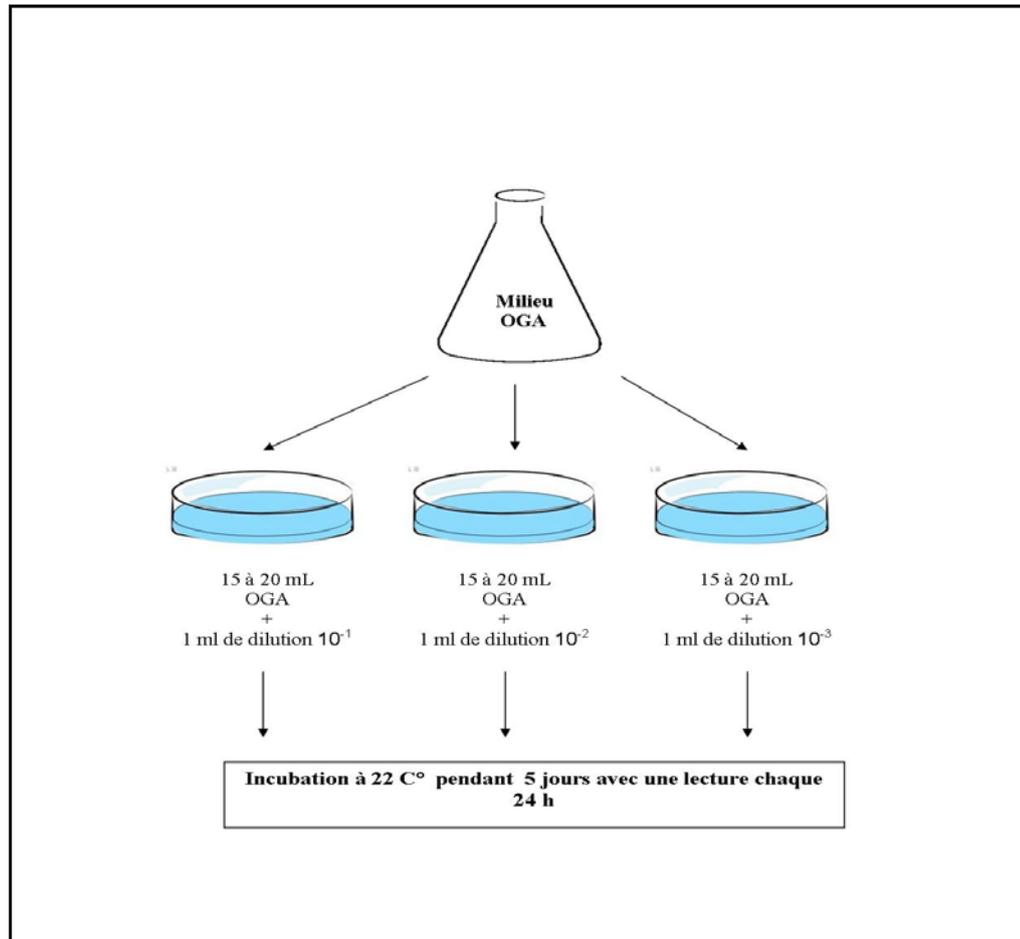


Figure 21 : Recherche et dénombrement des levures et des moisissures.

I.2.5 Analyse de la valeur énergétique du sirop de datte

Selon **Loiseau (1999)**, l'apport énergétique d'un aliment est égal à la somme des Energies Chimiques Potentielle (ECP) des nutriments énergétiques qu'il renferme :

Soit :

M_G : La quantité de glucide contenus dans l'aliment.

M_L : La quantité de lipides dans l'aliment

M_P : La quantité de protides dans l'aliment

La valeur énergétique (VE) de l'aliment considérée sera égale à :

$$\mathbf{VE = (MG. 17) + (M_L. 38) + (M_P. 17) \text{ Kilojoules}}$$

Soit :

1 gramme de glucides à une ECP de 17kJ ou 4 Kcal.

1 gramme de lipides à une ECP de 38 kJ ou 9 Kcal.

1 gramme de protéines à une ECP de 17 kJ ou 4 Kcal.

1kJ = 0,239 Kcal

1Kcal = 4,184 kJ

Les valeurs exprimées en kilocalories doivent être multiplié par 4,184 pour obtenir la valeur énergétique en KiloJoules.

II. Résultats et discussions

II.1 Caractéristiques morphologiques de la datte

Les caractéristiques physiques de la datte étudiée sont données dans le tableau 16.

Ces résultats sont les moyennes de 10 mesures.

Tableau 16 : Caractéristiques physique de la datte Degla-Beida.

Paramètres	Valeur moyenne
Couleur	Jaune orange
Consistance	Sèche
Forme	Sub cylindrique
Longueur de la datte (cm)	3.56± 0.13
Largeur de la datte (cm)	1.43 ±0.26
Poids de la datte entière (g)	5.89± 0.37
Poids de la pulpe (g)	4.66 ±0.11
Poids du noyau (g)	4.20 ±0.11
Poids du tissu externe de la pulpe (tissu jaune) (g)	3.36 ±0.31
Poids du tissu interne de la pulpe (tissu blanc) (g)	1.19 ± 0.11
Rapport poids de la pulpe/poids de la datte (%)	79.1
Rapport poids du noyau/poids de la datte (%)	20.4
Rapport poids du tissu jaune/poids de la pulpe(%)	70.7
Rapport poids du tissu blanc/poids de la pulpe(%)	25.3
Rapport longueur de la datte/largeur	2.75

La couleur de la datte Degla-Beida (déterminée visuellement) est jaune orange présentant des zones brunes sur la surface. Les zones brunes peuvent-être dues aux réactions de brunissement non enzymatiques qui sont accentués par l'exposition direct au soleil. Cette observation corrèle avec l'avis de **(Boukhiar, 2009)**.

La consistance d'une variété est déterminante pour ses qualités organoleptiques. Et de ce point de vue, Degla-Beida est classé comme variété sèche et commune **(Meunier, 1973)**.

Les poids de la datte, de la pulpe et du noyau trouvés sont légèrement inférieur à ceux trouvés par **(Amellal, 2008)** et **(Chibane, 2008)** pour la même variété. Ces différences peuvent-être attribuées à la forte influence des conditions climatiques et des zones géographiques de récolte sur les caractéristiques physiques de la datte.

La datte étudiée Degla-Beida présente une qualité physique acceptable conformément aux critères fixés par (Mohamed et al., 1983); (Acourene et al., 2001).

- Un poids supérieur ou égal à 6g ;
- Un poids de la pulpe supérieur ou égale à 5g ;
- Une longueur supérieure ou égale à 3.5cm ;
- Un diamètre supérieur ou égal à 1.5cm.

La teneur en pulpe qui constitue **79.1%** du poids de la datte entière Degla-Beida est en accord avec celle trouvé par (Chibane et al., 2007) qui donnent une valeur de **79.15%** et légèrement, et légèrement inférieure à celle trouvé par (Acourene et Tama, 1997), qui donne une valeur de 80.78% pour la même variété

La figure 22 illustre les pourcentages de la pulpe et du noyau dans la datte entière.

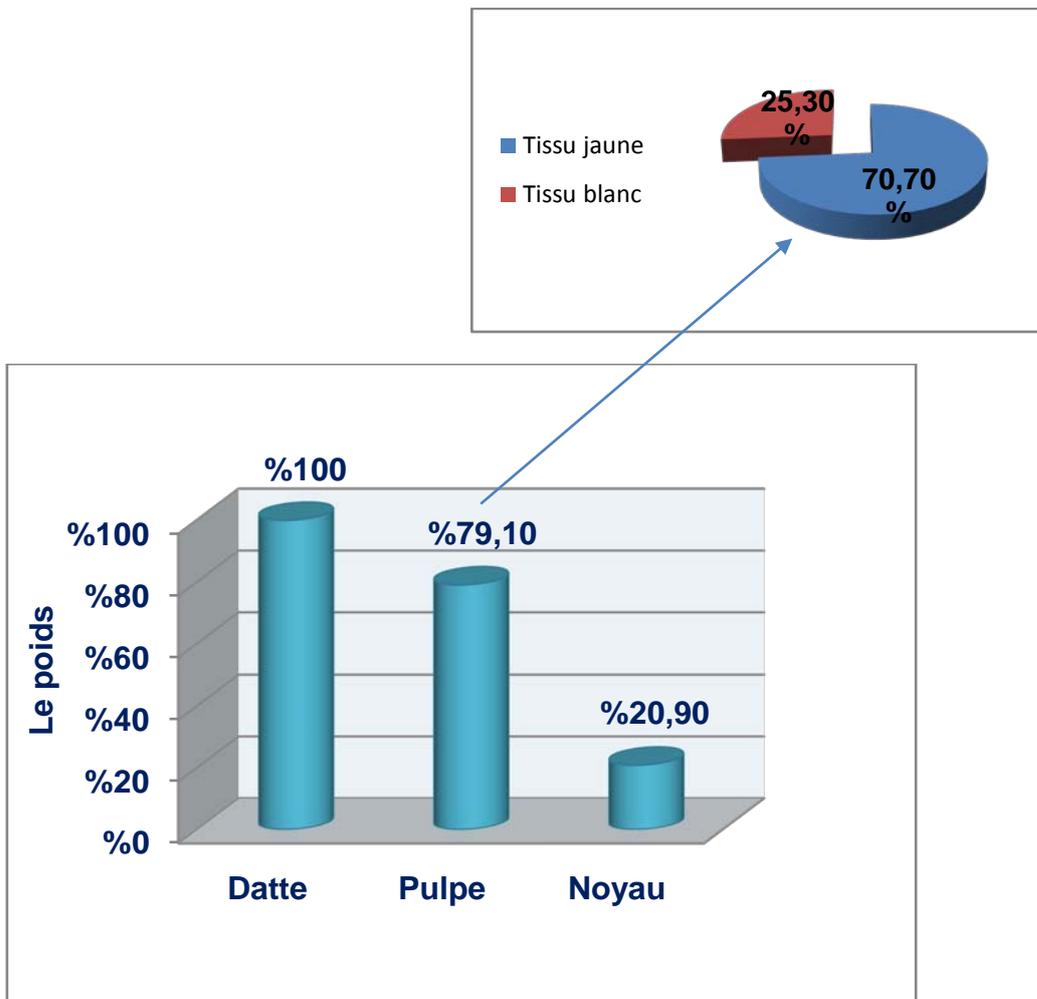


Figure 22 : Pourcentage de la pulpe et du noyau dans la datte entière.

La proportion en poids frais moyen des deux tissus dans la datte Degla-Beida est de 70,7% pour le tissu jaune est la partie qui prédomine dans la pulpe de la datte analysée. Ce résultat est contradictoire avec celui trouvé par (Noui, 2007) sur la Mech-Degla pour laquelle la proportion des deux tissus brun et blanc sont respectivement 42,16% et 57%.

La proportion du noyau par rapport à la datte constitue une caractéristique variétale : une donnée d'appréciation des qualités commerciales et un critère de sélection pour les prospecteurs (Gilles, 2000).

II.2 Résultats des analyses physico-chimiques des deux sirops de dattes

II.2.1 La teneur en eau

Les résultats de la teneur en eau dans les deux sirops de dattes analysés sont illustrés dans la figure 23.

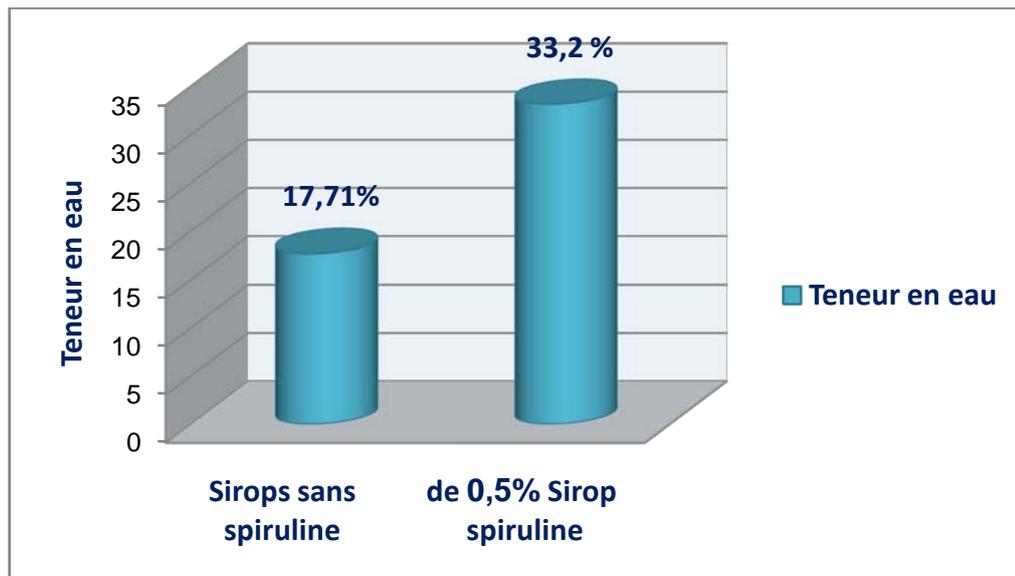


Figure 23 : Teneur moyenne en eau des deux sirops de dattes étudiés.

La **figure 23** montre que les deux sirops étudiés présentent des teneurs en eau de l'ordre de 17,72 % pour le sirop de dattes sans spiruline et de 33,2 % pour le sirop enrichi de 0,5 % de spiruline. Ce qui indique que le sirop sans spiruline est relativement moins humide que le sirop enrichie en spiruline.

Des travaux réalisés par (**Mimouni , 2009**) rapportent des teneurs en eau du sirop provenant de la variété Degla Beida, oscillant entre 23% et 31,66 %. Selon **Abdelfattah (1990)** et **Ibrahim et Khallil (1997)**, les sirops de dattes des variétés irakiennes et égyptiennes renfermaient des teneurs en eau comprises entre 15 et 25 % . De ce fait, les résultats obtenus lors de la présente étude sont compris dans la fourchette donnée.

D'une manière générale, les teneurs en eau des sirops restent dans l'intervalle de l'activité de l'eau : $0,14 < A_w < 0,31$, ceci permet de dire que la vitesse de détérioration des constituants du sirop de dattes est très faible (**Cheftel, 1984**).

En effet l'humidité constitue le principal facteur favorisant le développement des micro-organismes (**Fernot et Vierling, 1997**). Ceci permet de classer les sirops de dattes parmi les aliments à faible humidité dont la conservation est très facile.

II.2.2 Extrait sec total

La figure 24 nous donne le taux de la matière sèche des deux sirops analysés.

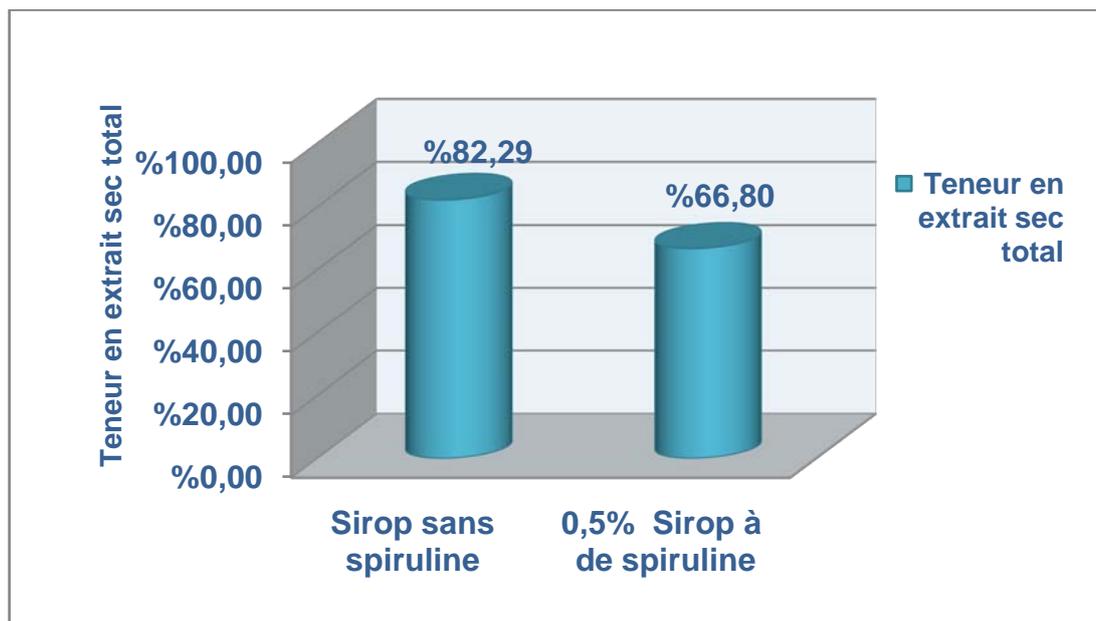


Figure 24 : Matière sèche des deux sirops étudiés.

Le taux de matière sèche est égale à 82,29% et 66,8% respectivement pour le sirop de dattes sans spiruline et celui à 0,5 % de spiruline. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de (**Mimouni, 2009**) dont les valeurs varient entre 68,33 et 85,04 % MS.

II.2.3 Le pH

Les valeurs de pH des deux sirops sont présentées dans la figure suivante :

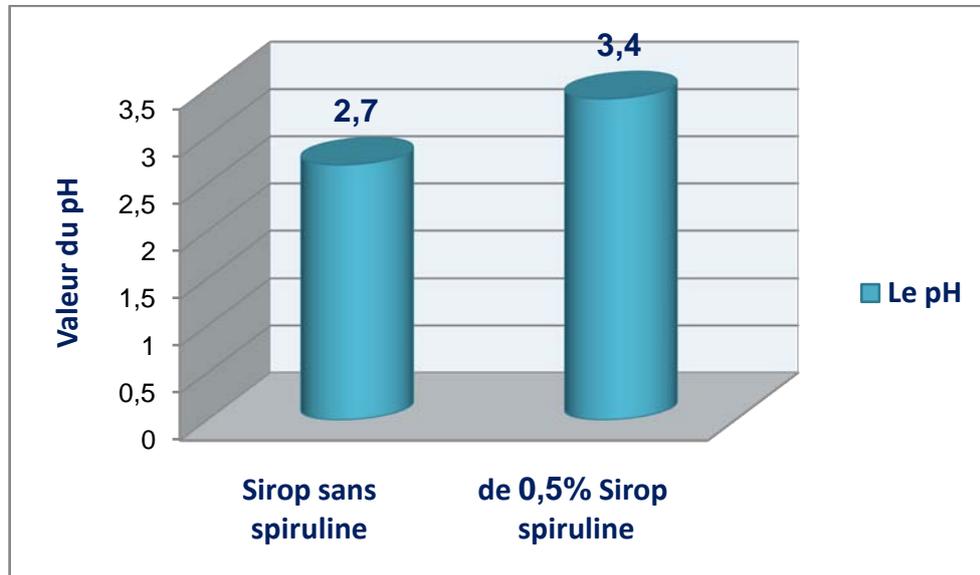


Figure 25 : pH des deux sirops de dattes.

D'après les résultats présentés dans la figure 25, nous constatons que les deux sirops présentent un pH acide.

Ces valeurs sont inférieures de (4,86) valeur donnée par **Mimouni (2009)**. Ceci peut être expliqué probablement, par le caractère acide des dattes variété Degla-Beida avec un pH égale 5,21 (**Belguedj et Tirichine, 2011**) qui se trouve dans leurs sirops.

Selon les travaux de (**Benahmed et al., 2011**), la spiruline présente un pH acide à une valeur 6,81 et que si la spiruline est sèche a une température assez élevée (60 à 65 °C) et qu'elle est réhydratée , ses cellules s'éclatent, entraînant ainsi un abaissement de pH , parfois jusqu'à avoir la valeur 5.

II.2.4 Le degré Brix

Le taux de solides solubles exprimé par le degré Brix est égale à 75 et 72 respectivement pour le sirop de dattes sans spiruline et celui à 0,5 % de spiruline (Figure ci-dessous).

Nos résultats sont comprises dans l'intervalle rapporté par (**Ibrahim et Khallil 1997**) ; (**Mimouni , 2009**). Selon ces auteurs le sirop de dattes appelé "Dibs" en Ikra extrait à haute température serait de l'ordre de 72 à 75 ° Brix.

La concentration des sirops liée à la teneur en solides solubles dépend de la technique d'extraction utilisée. En effet, **Siboukeur (1997)** a montré que le sirop de dattes extrait par tassement ont un degré Brix compris entre 60 et 67° Brix, alors que les travaux réalisés par **Mekki et al.,(1983)** (extraction par pressurage) montrent que les sirops de dattes sont à 77 °Brix.

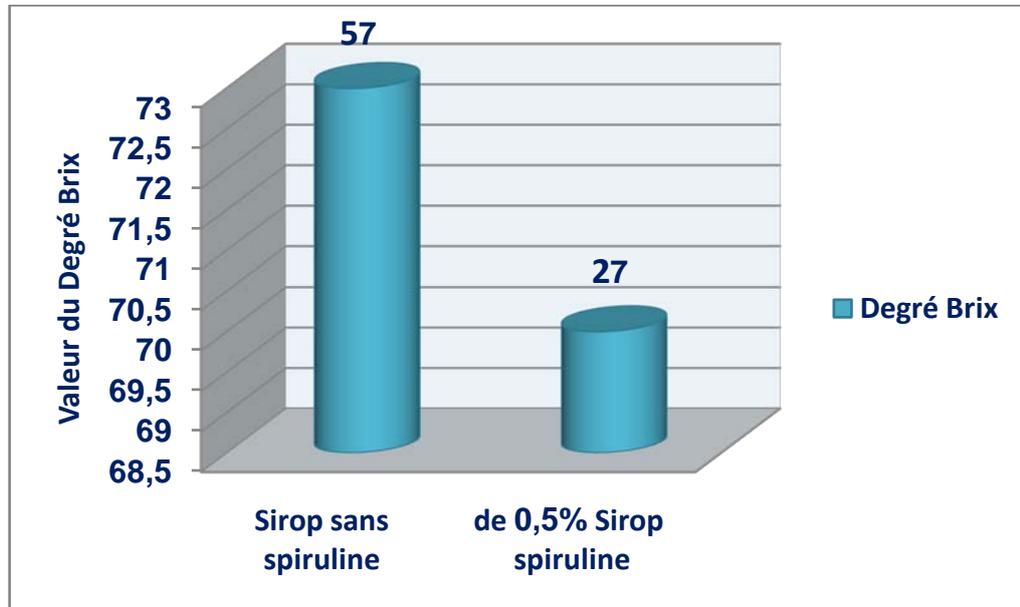


Figure 26 : Le degré Brix des deux sirops de dattes.

II.2.5 Le taux de cendres

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon.

Les valeurs trouvées pour les deux sirops sont de l'ordre de 2,5 % MS, très proche des valeurs trouvées par **Mimouni et Siboukeur (2011)**, qui sont comprises entre 2,5 et 3,1 %.

Toutefois, la variété de datte Degla-Beida renferme un taux de cendres nettement supérieure à celui de la variété de dattes sèches étudiée par **Benahmed (2007)** : Mech Degla qui se caractérise par un teneur de 1,85 %. Cet auteur a expliqué cette différence par les conditions de fertilisation et d'irrigation de chaque palmier.

Ceci montre qu'il y a diffusion d'une grande quantité de minéraux des dattes vers leurs sirops (**Figure 27**).

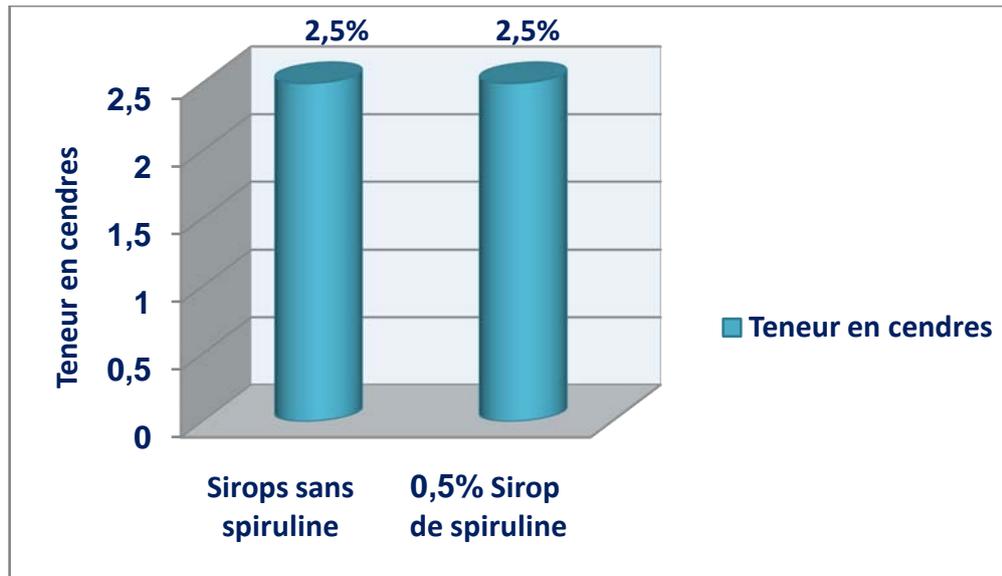


Figure 27 : La teneur en cendres des deux sirops de dattes étudiés.

II.2.6 Teneur en fer et en potassium des deux sirops étudiés

Le fer est un minéral indispensable à la santé. Il entre dans la constitution de l'hémoglobine (composant des globules rouges assurant le transfert de l'oxygène dans le sang), de la myoglobine forme de réserve de l'oxygène du muscle et des enzymes jouant un rôle capital dans de nombreuses réactions métaboliques.

Le potassium est le cation majeur du milieu intracellulaire. Il maintient le potentiel de membrane au repos, active les enzymes de la synthèse de glycogène et favorise la protéosynthèse. Les teneurs en fer et en potassium exprimés en grammes pour 100g du sirop sont consignés dans la figure ci après.

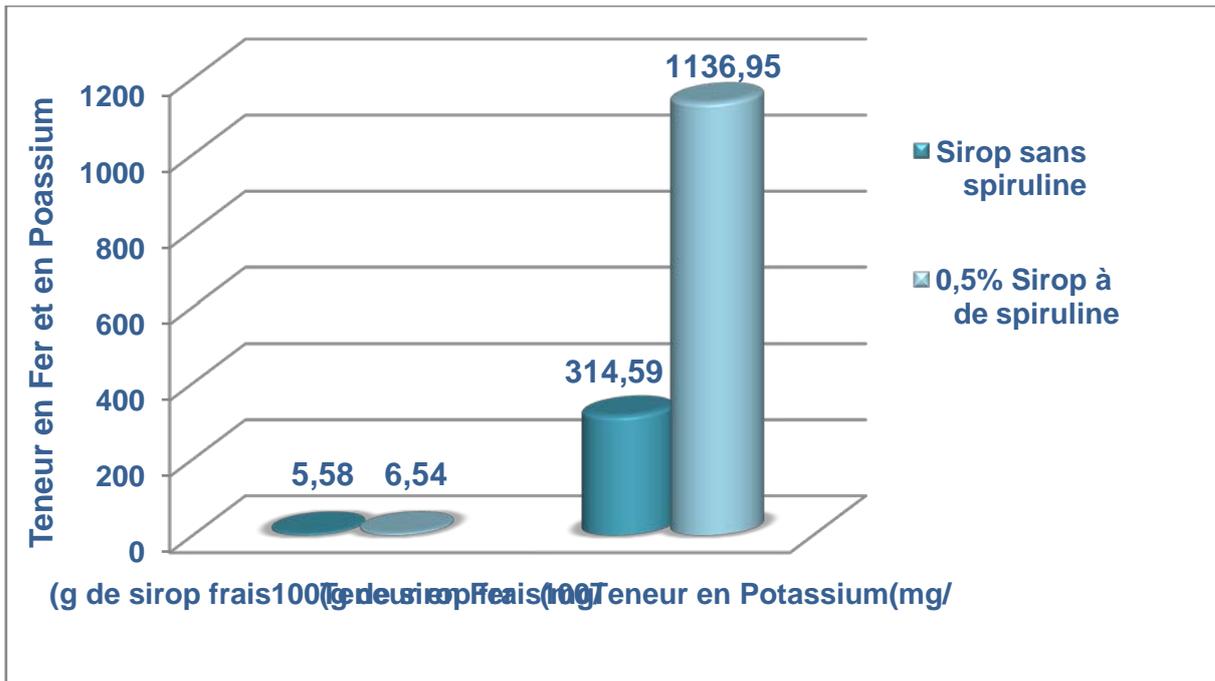


Figure 28 : Teneur en fer et en potassium en mg/100g de MS sans spiruline et celui à 0.5 % spiruline.

L'analyse de la figure 28, permet de faire les constatations suivantes :

1- La teneur en fer du sirop de dattes à 0.5% spiruline est plus élevée (6.54 mg/100g de sirop frais) que celle de sirop de dattes sans spiruline (5.58mg/100g de sirop frais).

Nos résultats sont inférieure à ceux de **Abd El Tawab et El Nagga (2012)**. Selon ces auteurs, la teneur en fer est plus élevée (9.8mg/100g de sirop frais), dans les sirops extrait par micro onde. Elle serait également élevée (8,8 mg/100 g de sirop frais, dans les sirops extraits par diffusion. La teneur en fer en fer des sirops de datte semble, dépendre par conséquent, de la méthode d'extraction utilisée.

Il ressort également de la figure 28, une augmentation de la teneur en fer dans le sirop après addition de 0.5% de spiruline et d'après **Farquet et Hurni (2006)** la teneur en fer de la spiruline cultivée est de (550- 6000 mg/ Kg). Il est clair que l'incorporation de l'extrait de spiruline (0.5%) dans le sirop de dattes fait augmenter la teneur en fer.

2-Concernant le potassium, sa teneur est plus élevée ans le cas de sirop de datte à 0.5% de spiruline (1136.95mg/100g de sirop frais) (**Figure 28**).

Pour le sirop sans spiruline, cette valeur est de (900mg/100g de sirop frais) (**Abd El Tawab et El Nagga, 2012**). On constate, parallèlement, que le sirop 0.5% spiruline

présente des teneurs en potassium plus que celle donné par cet auteur. Ceci pourrait être du à la forte teneur en potassium de la spiruline de l'ordre de 6400 à 15400mg/Kg (**Fraquet et hurni , 2006**).

On peut dire que l'addition d'un extrait de spiruline 0.5% dans le sirop de datte obtenu à partir de la variété Degla-Beida nous a permis d'obtenir un sirop enrichis en minéraux (Fer et potassium). Ceci augmente la valeur nutritive des sirops de dattes.

II.2.7 L'acidité titrable

Les valeurs obtenues sont récapitulés dans la figure ci-dessous :

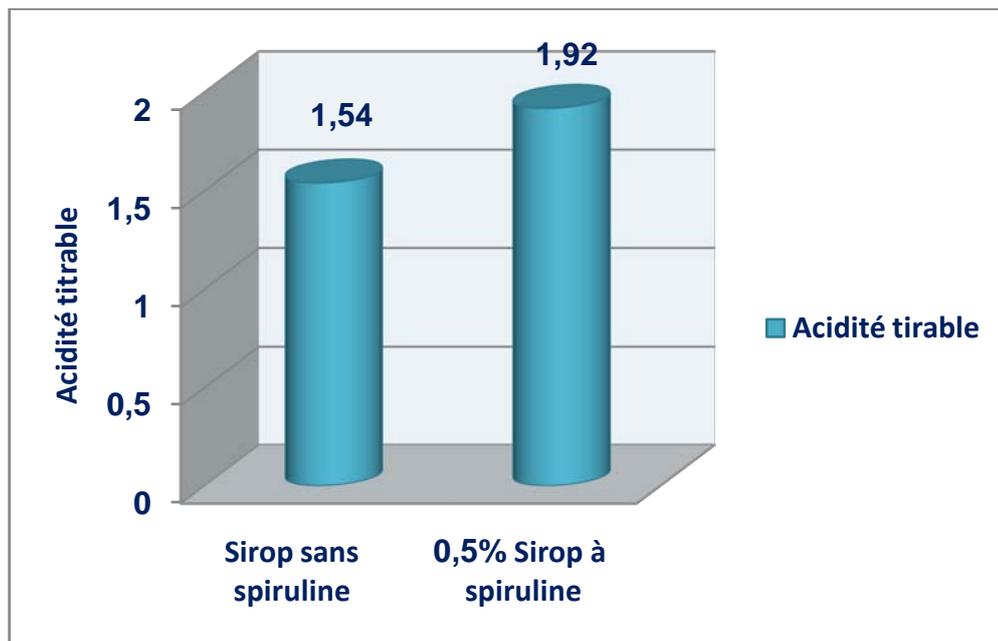


Figure 29 : Valeurs de l'acidité titrable dans les deux étudiés.

Les deux sirops présentant une acidité titrable élevée qui se situe entre (1.54 et 1.92 g d'acide critique/100g de sirop frais) comparativement aux résultats de **Abbès et al (2011)**, ayant travaillé sur trois variétés tunisienne à savoir ; Deglet Nour, Allig et Kentichi et pour lesquelles. Ils ont trouvé des valeurs de 0.27, 0.18 et 0.2% respectivement.

Toutefois, nos résultats restent largement inférieurs à ceux rapporté par **Abd El Tawab et El Nagga (2012)** qui ont trouvé des teneurs s'étendant de 5.75 à 7.9%.

Cette acidité élevée des deux sirops de datte peut être du à l'acidité titrable élevée de la datte de l'ordre de 0.95% pour la variété Degla - Beida (**Benahmed, 2007**).

Aussi la spiruline présente une teneur élevée en acidité titrable, ceci est du à sa composition qui est riche en acides organiques (**Elyah, 2003**).

II.3 Analyses biochimiques

II.3.1 Teneur en sucres totaux

La figure 30 regroupe les résultats du dosage quantitatif des sucres totaux de datte, selon la méthode de Bertrand.



Figure 30 : Dosage quantitatif des sucres totaux des deux sirops de dattes.

L'analyse de la figure ci-dessus montre que le taux des sucres totaux est élevé dans le sirop 0,5% spiruline 73,3% en comparaison avec le sirop de dattes sans spiruline, qui présente un taux plus faible de 52,4%.

Toutefois, la teneur en sucre totaux du sirop sans spiruline semble plus faible que celles citées par **Mimouni et Sibakeur (2011)** et qui fluctuent entre 62,50% et 84,86%.

Ceci peut être expliqué par des phénomènes biologiques pouvant se manifester sous l'effet de la chaleur (réaction de Maillard, oxydation ...) pourraient être à l'origine de la diminution de la teneur en sucres totaux extrait à 70°C.

Par ailleurs, l'addition de la spiruline au sirop pourrait être à l'origine de l'augmentation de la teneur en sucres totaux du sirop de datte à 0,5 % spiruline .Les données bibliographiques indiquent à ce sujet, que la spiruline renferme 19,59% (**Simpore et al., 2006**).

II.3.2 Teneur en protéines

La figure ci-dessous regroupe les résultats du dosage quantitatif des protéines des deux types de sirops.

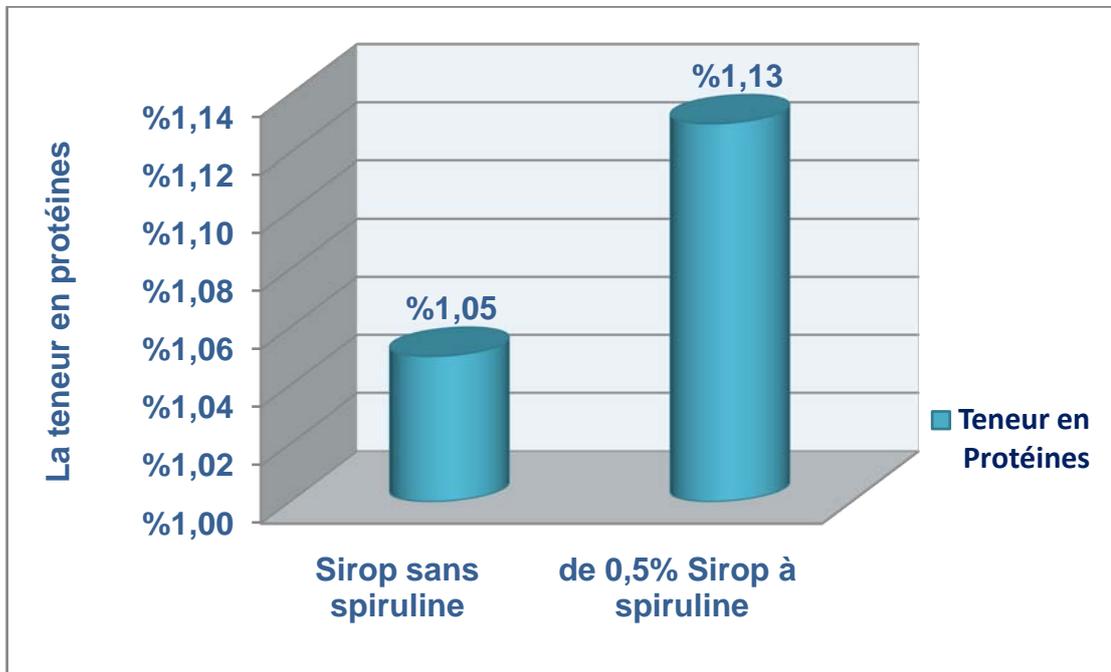


Figure 31 : Dosage quantitatif des protéines des deux sirops étudiés.

La teneur en protéines est égale à 1,05 % et 1,13 %, respectivement pour le sirop de dattes sans spiruline et celui à 0,5 % de spiruline.

Les sirops de dattes, présentent des teneurs en protéines légèrement différentes.

Nos résultats se rapprochent de ceux de **Mimouni et Siboukeur (2011)**. D'après ces auteurs, les sirops de la variété Degla Beida contiendraient des teneurs en protéines de l'ordre 1,05 à 1,15 %.

Toutefois, nos résultats semblent plus faibles que ceux annoncées par **Abd El Tawab et El Nagga (2012)** (1,79 %).

Les données bibliographiques indiquent à ce sujet, que la quantité de protéines contenue dans la datte Degla Beida est faible, seulement 2,49 % (**Boukhiar, 2009**). Ces résultats sont de nature à indiquer que les protéines bien qu'existant en petites quantités sont qualitativement bien équilibrés (**Berindi, 2000**).

Par ailleurs l'addition d'un extrait de spiruline au sirop de datte a augmenté légèrement la teneur en protéines, ceci semble être dû à la teneur en protéines élevée de la poudre de spiruline, qui avoisine 57% (**Simpore et al., 2006**).

II.3.3 Teneur en lipides

Les résultats trouvés sont donnés dans la figure 32.

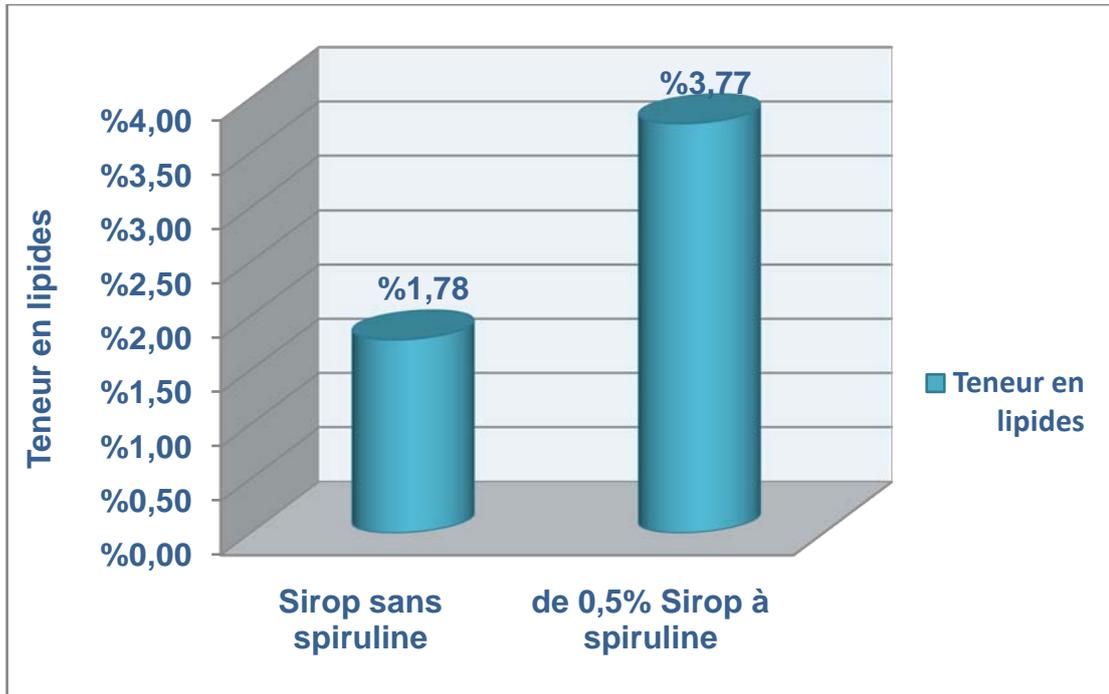


Figure 32 : Teneur en lipides des sirops de dattes étudiés.

A partir de l'histogramme ci-dessus, il ressort que les teneurs en lipides égales à 1,78 % et 3,77% respectivement pour le sirop sans spiruline et celui à 0,5 % spiruline. Nous pouvons dire que le sirop à 0,5 % spiruline en contient un peu plus en lipides que le sirop sans spiruline.

La teneur en lipides dans le sirop sans spiruline est inférieur à celle rapporté par **(Abd El Tawab et El Nagga, 2012)** (2,40%) hors que la valeur signalé par l'auteur reste inférieur à celle du sirop sans 0,5 % de spiruline.

Nos résultats semblent normaux étant donné que la teneur en lipides de la datte est faible selon **Abbès et al., (2011)** donnent 0,69 , 1,62 et 3,30 % pour les trois variétés tunisiennes Deglet-Nour , Allig et Kentichi respectivement.

Par ailleurs, il parait clairement que l'ajout d'un extrait de spiruline 0,5 % a permis d'avoir un taux de lipides plus élevé. Cependant, la spiruline présente une teneur de 6% **(Simpore et al., 2006)**.

II.4. Analyses microbiologiques

II.4.1. Qualité hygiénique

D'après la définition de la norme AFNOR FFX 30 – 120 :

« La qualité est l'ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un produit ou service, qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicite ».

Ces soins peuvent se résumer selon (**Gressel, 1994**), par l'équation :

$$4S + 2 R = \text{qualité}$$

Le " S " de santé, le "S" de sécurité, le " S "de sûreté, le "S" de satisfaction.

Le "R" de régularité, le "R" de rêve = qualité.

La qualité hygiénique occupe une place prépondérante. Ce qui est tout à fait légitime puisqu'il s'agit de la santé du consommateur.

Une erreur en matière d'hygiène peut entraîner des modifications organoleptiques et parfois même intoxication.

Le sirop, au même titre que les dattes dont ils sont issus, sont fondamentalement un milieu de culture pour les microorganismes.

Ils renferment comme tout produit alimentaire, les composantes nécessaires à la vie microbienne : les sucres, les protéines, les sels minéraux et l'eau. Ils sont par conséquent, sujets aux altérations microbiennes.

II.4.2 Qualité hygiénique des sirops frais

Les résultats se rapportant au dénombrement des germes totaux, levures et moisissures sont consignés dans le tableau17.

Tableau 17 : Germes totaux, levures et moisissures par mL des deux sirops frais.

Micro-organismes	Germes totaux	Levures	Moisissures
Sirop sans spiruline	<10	<1	<1
Sirop 0,5% spiruline	10	<1	<1

Rappelons que l'on entend par germes totaux le nombre de colonies bactériennes qui se sont développées à 30°C pendant 24h à 48h sur milieu nutritif gélose défini non sélectif (PCA).

Compte tenu des normes réglementaires : la valeur paramétrique des germes totaux à 30°C est de 60 à 200 selon la NA 1207/90, les levures selon la norme NA 1210/90 sont de 3 à 10 et les moisissures entre 3 et 10 (NA 1210/90).

Nous pouvons dire que, les sirops frais de datte obtenus de la variété Degla-Beida sont situés au dessous des valeurs fixées par les normes, alors ils présentent une qualité microbiologique conforme aux normes.

II.5 Valeurs énergétiques des deux sirops étudiés

Les aliments peuvent fournir de l'énergie grâce aux nutriments énergétiques qui les composent tels les glucides, lipides et protéines.

Les valeurs énergétiques pour chacun de ces nutriments sont celles qui sont mesurées dans une bombe calorimétrique. Il s'agit d'un instrument de mesure permettant d'obtenir la quantité totale d'énergie totale contenue dans un produit alimentaire (énergie brute) évolué par le nombre de calories fournies par la combustion complète d'un poids connu de substance : c'est ce qu'on appelle la valeur calorique (**Murat et al., 2009**).

Selon le même auteur, ces valeurs sont corrigées : il a fallu trouver des coefficients représentants l'énergie physiologiquement utilisable par l'organisme : les coefficients d'Atwater.

Les valeurs énergétiques moyennes des nutriments sont exprimées en KJ d'énergie métabolisable par gramme de produit (KJ .g⁻¹).

Il ressort du tableau 18, l'enrichissement du sirop datte avec 0.5% d'extrait de spiruline à un effet positif sur sa qualité nutritionnelle, menant à une augmentation de la valeur énergétique par rapport au sirop sans spiruline.

Tableau 18 : Détermination de la valeur énergétique des deux sirops étudiés.

Sirops	Valeur énergétique (Kcal/100g de sirop frais)	Valeur énergétique (KJ/100 g de sirop frais)
Sirop sans spiruline	229,82	974,51
Sirop 0,5 spiruline	331,65	1404,8

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

SOMMAIRE

TABLE DES MATIERES

PREMIERE 1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

DEUXIEME PARTIE
PARTIE EXPERIMENTAL

TROISIEME PARTIE
RESULTATS ET DISCUSSIONS

REFERENCES
BIBIOGRAPHIQUES

CONCLUSION

ANNEXES

Il ressort des résultats obtenus, les points essentiels suivants :

Concernant les caractéristiques morphologiques de la datte entière « Degla-Beida », elle possède un poids de $5,89 \pm 0,37$ g où la pulpe constitue plus de 79,12%, une longueur de $3,56 \pm 0,13$ cm et une largeur de $1,43 \pm 0,26$ cm. On peut affirmer qu'elle est de caractéristiques acceptable.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et nutritionnelle des deux sirops de dattes à savoir sirop sans spiruline et celui enrichi de 0.5% d'extrait de spiruline a permis de faire ressortir les points suivants :

- Une similitude du degré Brix entre les deux sirops, ce qui justifie l'appellation « sirop » de nos produits ;
- Un pH acide pour les deux sirops ;
- Une faible teneur en eau permettant de les classer parmi les « aliments à faible teneur en eau » dont la conservation est relativement aisée ;
- Comparativement au sirop de dattes sans spiruline, la composition biochimique du sirop enrichi en spiruline est plus intéressant sur le plan nutritionnel. Ainsi, les teneurs en eau, en glucides totaux, en lipides et en protéines sont comparables à celles du sirop sans spiruline. Parallèlement, les résultats indiquent que ce sirop est plus intéressant du point de vue valeur énergétique vu que sa valeur est de (331, 65Kcal/j 100g de sirop frais). En plus, le sirop de dattes à 0.5% de spiruline se caractérise par une richesse en potassium et une valeur considérable en fer.

- Les sirops en question est conforme aux normes, ce qui pourrait constituer un atout majeur lors de la commercialisation.

L'intérêt de la présente étude parait double :

- La valorisation d'une variété de datte sèche dites commune de faible valeur marchande.
- La mise au point d'un sirop de dattes et y enrichi par un extrait de spiruline. Il peut-être destiné aux femmes enceintes, aux femmes allaitantes, personnes anémiques, sportifs et les nourrissons. De même qu'il peut être utilisé comme ingrédients en confiserie, en pâtisserie, dans la fabrication des boissons.

Cependant, cette étude nécessite des investigations plus approfondies tenant compte des points suivants :

- Dosage qualitatif des sucres, des acides gras et les acides aminés ;
- Détermination des composés mineurs des deux sirops étudiés (autres éléments minéraux, polyphénols, fibres alimentaires, etc...);
- Dosage des métaux lourds dans le sirop enrichi en spiruline;
- Etude économique : production du sirop, son enrichissement.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	1
Partie 1: Partie bibliographique.....	4
1. Le palmier dattier.....	4
1.1 Description botanique.....	5
1.2 Position systématique.....	7
1.3 Caractéristiques morphologiques du dattier.....	7
1.3.1 Système radicalaire.....	7
1.3.2 Le tronc.....	7
1.3.3 Les palmes.....	7
1.3.4 Les organes floraux.....	7
1.3.5 Le fruit.....	8
1.4 Répartition géographique du palmier dattier.....	10
1.4.1 EnAlgérie.....	10
1.4.2 Dans le monde.....	11
1.5 Situation de la phoeniciculture en Algérie.....	12
2. La datte et sa technologie.....	14
2.1 Définition de la datte.....	14
2.2 Classification des dattes.....	14
2.3 Formation et maturation de la datte.....	15
2.4 Description de la variété étudié « Degla Beida ».....	15
2.4.1 Caractéristiques du cultivar.....	15
2.4.2 Description agro-morphologique.....	16
2.4.2 Composition chimique de Degla Beida.....	17
2.5 La production de dattes.....	17
2.5.1 En Algérie.....	17
2.5.2. Dans le monde.....	18
2.6 Compositions biochimiques de la datte.....	18
2.6.1 Constituants de la pulpe.....	19
2.6.1.1	
L'eau.....	19

2.6.1.2 Les sucres.....	19
2.6.1.3 Les protéines.....	19
2.6.1.4 Les lipides.....	19
2.6.1.5 Les éléments minéraux.....	19
2.6.1.6 Les vitamines.....	20
2.6.1.7 Les fibres.....	20
2.6.2 Constituants du noyau.....	20
2.7 La valeur nutritionnelle de la datte.....	20
2.8 Valorisation de la datte.....	21
2.8.1 Valorisation technologique de la datte.....	21
2.8.1.1 Les sirops, les crèmes et les confitures de dattes.....	21
2.8.1.2 Les pâtes de datte.....	21
2.8.1.3 Les farines de datte.....	21
2.8.1.4 Production du caramel.....	22
2.8.2 Valorisation biotechnologique des dattes.....	22
2.8.2.1 Les alcools.....	22
2.8.2.2 Le vinaigre.....	22
2.8.2.3 La biomasse et protéines unicellulaires.....	22
3 Le sirop de datte	23
3.1 Composition biochimique du sirop de dattes.....	23
3.2 Propriétés organoleptique du sirop.....	23
3.2.1 Le goût.....	23
3.2.2 La couleur.....	23
3.3 Propriétés physiques du sirop.....	23
3.3.1 Densité.....	23
3.3.2 Viscosité.....	24
3.3.3 Pouvoir anti cristallisant.....	24
3.3.4 Hygroscopicité.....	24
4 La spiruline.....	26

4.1	La systématique de la spiruline.....	26
4.2	Biologie et écologie de la spiruline.....	26
4.2.1	Biologie de la spiruline.....	26
4.2.2	Ecologie de la spiruline.....	27
4.3	Composition de la spiruline.....	29
4.3.1	Composition en protéines et acides aminés.....	29
4.3.2	Composition en lipides et acides gras.....	29
4.3.3	Composition en glucides.....	30
4.3.4	Les vitamines.....	30
4.3.5	Les minéraux et les oligoéléments.....	31
5.	L'utilisation de la spiruline.....	32
5.1	L'utilisation de la spiruline pour la santé.....	32
5.2	L'utilisation de la spiruline en cosmétique.....	32
5.3	L'utilisation de la spiruline dans l'agroalimentaire.....	32
5.4	L'utilisation en aquariophilie et en aquaculture.....	32

PARTIE 2: Partie expérimentale

I.	Matériel et méthodes.....	34
1.1	Matériel végétal.....	34
1.2	Préparation et fabrication du sirop de dattes.....	35
1.2.1	Echantillonnage.....	35
1.2.2	Les différentes étapes de production du sirop de datte.....	35
1.2.2.1	Lavage, Dénoyautage et hachage.....	35

1.2.2.2 L'extraction.....	35
1.2.2.3 Concentration.....	36
2. Méthodes d'analyses.....	39
2.1 Caractérisation physique de la datte entière.....	39
2.2 Analyses physicochimique du sirop de datte.....	40
2.2.1 Détermination de l'extrait sec soluble.....	40
2.2.2 Détermination de la teneur en eau.....	41
2.2.3 Détermination du pH	43
2.2.4 Détermination de l'acidité titrable.....	43
2.2.5 Détermination de la teneur en cendres	44
2.2.6 Dosage des minéraux.....	46
2.3 Analyse biochimique.....	47
2.3.1 Dosage des protéines.....	47
2.3.2 Dosage des sucres totaux.....	49
2.3.3 Dosage de la matière grasse totale.....	50
2.4 Analyses microbiologiques.....	52
2.4.1 Recherche et dénombrement des germes totaux à 30°C.....	53
2.4.2 Recherche et dénombrement des levures et des moisissures.....	54
2.5 Analyse de la valeur énergétique du sirop de datte.....	55
II. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	57
1. Caractéristiques morphologiques de la datte.....	57
2. Résultats des analyses physico-chimiques des deux sirops de dattes.....	59
2.1 La teneur en eau.....	59

2.2	Extrait sec total.....	60
2.3	Le pH.....	61
2.4	Le degré Brix.....	61
2.5	Le taux de cendres.....	62
2.6	Teneur en Fer et en potassium des deux sirops étudiés.....	63
2.7	L'acidité titrable.....	65
3.	Analyses biochimiques.....	66
3.1	Teneur en sucres totaux.....	66
3.2	Teneur en protéines.....	67
3.3	Teneur en lipides.....	68
4.	Analyses microbiologiques.....	69
4.1	Qualité hygiénique.....	69
4.2	Qualité hygiénique des sirops frais.....	69
5.	Valeurs énergétiques des deux sirops étudiés.....	70
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	73
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
	ANNEXE	

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

- 1- **Abbès F., Bouziz M.A., Masmoudi M., Attia H., Besbes S., 2011.** Date syrup : Effet of Hyoholytic enzymes (pentinase/allulase) on physico-chemical characteristics, sensory and frenction al properties. Food Science and Technology, 44, pp. 1827-1834.
- 2- **Abdelfattah A.C., 1990 .**La date et le palmier dattier. Ed Dal El Talae, Caire, 192p.
- 3- **Abdel Tawab y.A. , El Nagga E.A., 2012.** Compositional carteristics of date syrups extracted by different method in some fermented dairy products. Annals of agricultural science , Vol 57, N°1, pp-29-36.
- 4- **Acourene S., Belguedj .M, Tama M., Talleb B., 2001.** Caractérisation et évolution de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région des Zibans. Recherche Agronomique, N°8.Ed. INRA, pp 19-39.
- 5- **Acourene S., Tama M., 1997.** Caractérisation physico-chimique des principaux cultivars de dattes de la région de Ziban. Revue Recherche Agronomique, Ed. INRA, N°1, pp 51-66.
- 6- **Ait Aneur L., 2001.** Analyse du processus de diffusion des sucres, des acides organiques et de l'acide ascorbique dans le système Mech Degla, jus de citron. Mémoire de Magister. Université de Boumerdès , 80p.
- 7- **Al Shahib w., Marchall R,J., 2002.** Dietary fibre content of dates from 13 variétés of date palm *Phoenix dactylifera* L . Intenational Journal of food Science and Technology, 37, pp 719-721.
- 8- **Albert L., 1998 .** La santé par les fruits. Edition Veechi, Paris, 74p.
- 9- **Amellal H, 2008.** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes des dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat , Université de Boumerdès.182p.
- 10-**Audigie D., Figarella J., Zonszuin F., 1984.** Manipulations d'analyses biochimiques. Edition Doin, 1^{ere} Ed ., Paris, 273p.
- 11-**Babadzhanov A.S., 2004.** Chemical composition of spirulina platensis cultivated in Uzbekistan, chemistery of natural compounds .pp 3- 40.
- 12-**Belguedj M., 2002.** Caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud –est Algérien, dossier N°1, pp 204-251.

- 13-Belguedj M., Trichine A., 2011.** Ressources génétiques du palmier dattier : Caractéristiques des cultivars du Ghardaïa, édition INRAA, dossier n°2, Algérie, pp. 32-33,
- 14-Belguedj M., 2012.** Préservation des espèces oasiennes et stratégies à mettre en œuvre .Cas du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), ITIDAS.
- 15-Benahmed A., 2007.** Etude et optimization d'un processus de fabrication traditionnelle du vinaigre. Mémoire de Magister, Université de Boumerdès ,179p
- 16-Benahmed A., Amrani M., Azouaou M., Damir A., Benamara S., 2011.** Possibilité de fabrication d'un jus naturel à base d'un sirop de dates communes et d'un extrait de spiruline et jus de citron naturel, 4^{ème} Symposium International sur les plantes aromatiques et médicinales sous le thème " de la plante à la pratique", Maroc.
- 17-Benahmed D., Saidi , Mekssoud , Benamara, 2013.** Pharmacological and biological proprieties of a mixture of date powders (Mech Degla and Spirulina). The macrotheme Review , Vol 2, pp 310-320.
- 18-Benchabane A., 1996.** Rapport de synthèse de l'atelier "Technologie et qualité de la datte " .In options méditerranéennes, série A, N° 28. Séminaire méditerranéens . , Zaragoza, Spain, pp 205-210.
- 19-Benchela A.C., Maka M., 2008.** Les dattes intérêt nutrition. Phytothérapie (ethnobotanique) Springer, Vol N°6, pp117-121.
- 20-Berindi A., 2000.** La technologie de palmier dattier .Edition Dimechk, Damas, 49p.
- 21-Bertossi F.A., 2010.** Biotechnologie du palmier dattier, édition IRD, Montpellier, 200 p.
- 22-Blanchot J., 2006.** Colloque International, "spiruline et développement", 28-30Avril 2008, Tuoar, Madagascar.
- 23-Boukhiar A., 2009.** Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes tel appliqué au sud algérien essai d'optimisation. Mémoire de magister , Université de Boumerdès, 102p.
- 24-Boughnou N . , 1988.** Essai de production de vinaigre à partir de déchets de datte .Magister, INA. El Harrach , Alger, 82p.

- 25-Bugnicourt M, 1995.** Dictionnaire de microbiologie générale, edition ellips, Paris, 911p.
- 26-Charpy Y., Langlade M.J.,Alliod R., 2008.** La spiruline peut être un atout pour la santé et le développement en Afrique? Institut de recherche pour le développement, Marseille, 67p.
- 27-Conforti J., Peyron G., R'houma A., Dollé V., Duchamp M.C. ,1993.** L'agriculture d'oasis : Bibliographie. Montpellier, Gridao, 160p.
- 28-Cheikh – Roulou S., Baklouti S., Hadj-Taieb N., Besbes S., Chaabouni S., Blecker C., Attia H., 2006.** Elaboration d'une boisson à partir d'écart de triage de dattes: clarification par traitement enzymatique et microfiltration .Fruits Sciences,Vol 61 pp 389-399.
- 29-Chibane H., Benamara S., Noui Y., Djouab A., 2007.** Some physicochemical and morphological characterisation of three varieties of Algerian common dates .European journal of scientific research, Vol 10 N°1, pp. 134-140.
- 30-Chibane H., 2008.** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturel sucré et aromatisé. Thèse de doctorat , Université de Boumerdès,192p.
- 31-Cheftel J.C.,et Cheftel H., 1984.** Introduction à la biochimie et la technologie des aliments , vol1, Edition Lavoisier , Paris, 367p.
- 32-Djerbi M., 1994.** Précis de phœniciculture .FAO, 192p.
- 33-Djouab A., 2007.**Essai de formulation d'une margarine allégée à base d'un extrait de dattes Mech Degla. Mémoire de Magister, spécialité génie alimentaire, Université de Boumerdès .102 p.
- 34-Duan H., Mawx ,Lil, Sun X.T.,2003.** Determination of microelements in natural spirulina using FAAS , Guang Puxue Yu Gang Lu Fen xi,2001 Dec ;Vol 21, pp 70-868 .
- 35-El Hadrami A., El Idriss T., El Hasni M., Dayf F., El Hadrami I., 2005.** Toxin based in vitro selection and its potential application to date palm for resistance to bayoud fusarium wilt , Biologie 328, 732-744.
- 36-El-Ogaidi H.K., 1987.** Dates and confectionary products .Edition FAO, Bagdad , Irak ,182p.

- 37-El-Ogaidi H.K., 2000.** Le palmier dattier, Science Technologique, Agronomique et Industriel . Edition Dar Azahane , Oman, 410p.
- 38-Elyah, 2003.** Quel avenir pour la spiruline. Edition INSTM, Montpellier, 33p.
- 39-Espiard E., 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Edition. Lavoisier, Paris, pp145-155.
- 40-Favier J.C,Ireland R.J., Toque C., Feinberg M., 1995.** Répertoire général des aliments, table de composition. Edition Lavoisier, INRA , 897p.
- 41-Falquet J., Hurni J.P., 2006.** Spiruline, Aspects nutritionnels. Antenna technologies, 41p.
- 42-Fremy J.M., Lassus P., 2001 .**Toxines d'algues dans l'alimentation, édition : ifremer, 553p.
- 43-Fernot M., Vierling E., 1997.** Biochimie des aliments diététique du sujet bien portant. Edition doin, 285p.
- 44-Gilles P., 2001.**Cultiver le palmier dattier . Edition GRIDAO, Djibouti, 211p.
- 45-Gressel P., 1994.** A propos des signes de qualité des produits alimentaires.TAA N°6, pp 18-32.
- 46-Guerin B., Gautier A.,Orthieb J., 1982 .** Série de synthèse bibliographique : les sirops (saccharose , glucose, fructose, et autres édulcorants : valeur technologique et utilisation. Edition APRIA, n°12, Paris ,123p.
- 47-Hug C.,Weideder V.D. ,2011.** La spiruline dans la lutte contre la mal nutrition bilan et perspectives, édition : Antenna , technologie, Genève ,30p.
- 48-Ibrahim M.A. et Khallil H.N.M., 1997.** Le palmier dattier protection et production. Edition Iskanderia : pp 432-627.
- 49-Jaccot B., Campillo B. ,2003 .**Nutrition humaine. Edition Masson, Paris, 311p.
- 50-Kaidi F., Touzi A., 2001.** Production de bioalcol à partir des déchets de dattes.Revue Energie Renouvelable : production et valorisation – biomasse, pp.75-78.
- 51-Khallil K.E, Abd El Bari M.S. , Hafiz N.E., Enstar Y.A., 2002.** Production, évolution and utilisation of the date syrop concentrates, Egypt, Journal of Food Sciences. N°30, pp 189-203.

- 52-Kim C.J., Yoon S.K., Kim H.I., Park Y.H., Oh H.M., 2006.** Effect of spirulina platensis and probiotics as food additives on growth of shrimp *Litopenaeus chinensis*. Journal of microbiology and biotechnology, Vol 16, pp 1248-1254.
- 53-Kornprobst M.J., 2005.** Substances naturelles d'origine marine , édition tecdoc, Paris, 598p.
- 54-Langlade M.J., Alliod R., Chorpy L., 2008.** Utilisation de la spiruline autrement que traiter la malnutrition.
- 55- Loiseau B.D., 1999.** Sciences appliquées a l'alimentation: besoins et rations alimentaires , menus- régime simples, Edition BPI, Paris, 182p.
- 56-Mohamed S., Shaban H.R., Mouloud E.A., 1983.** Evaluation and identification of Iraqi date cultivars. Fruits characteristics of fifty cultivars .Journal of date palm, vol.2, pp 27-55.
- 57-Mimouni Y., 2009.** Mis au point d'une technique d'extraction de sirop de dattes, comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie. Mémoire de Magister, Université de Ouargla, 132p.
- 58-Mimouni Y., Siboukeur O., 2011.** Etude des propriétés nutritives et diététiques des sirops de dattes par diffusion en comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (isoglucose) issus de l'industrie de l'amidon , Annales des sciences et technologie, Vol3, N° 1, pp 1-11.
- 59-Munier P., 1973.** Le palmier dattier. Paris, Maisonneuve et Larose, coll. Techniques agricoles et production tropicales, 222p.
- 60-Murat M., Battut – La fosse V., Limousse M., Tisset M., Vivier – Huet L., 2009.** Nutrition humaine et sécurité alimentaire, édition Lavoisier, Paris, 678p.
- 61-Noui Y., 2007.** Caractéristique physico-chimique comparative des deux tissus constitutifs de la pulpe de datte Much Degla. Mémoire de magister spécialité génie alimentaire, Université de Boumerdes. 62p.
- 62-Ould El Hadj, M.D., Sebihi., Siboukeur O., 2001.** Qualité hygiénique et caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette Ouargla .Revu. Energies renouvelables : Production et valorisation –Biomasse, pp 87-92.
- 63-Peyron G., 1992.** Floraison et pollinisation du palmier dattier à Djibouti première campagne. Montpellier, Girdao , 68p.

- 64-R'houma A., 1994.** Le palmier dattier en Tunisie .vol.1. Tunisie, INRA,Gridao, 254p.
- 65-Reviers B., 2003.** Biologie et phylogénie des algues, edition Belin, p255.
- 66- Shall M., Dan Kako B., Bodiane M., Ehua E., Kuakuwi N., 1999.** La spiruline une source alimentaire à pouvoir . Medecine d'Afrique Noire, Vol 46, N° 3, pp 17-23.
- 67-Selselet G., 1990.** Les progrès à réalisés en matière de stockage à froid en Algérie, Algérie verte. Vol 13. Pp 14-17.
- 68-Siboukeur O., 1997.**Qualité nutritionnelle , hygiénique et organoleptique du jus de dattes, Mémoire de Magister , INA, El Harrach , 192p
- 69-Simpore J., Kabore F.,Damsou D., Bere A., Pignatellis S., Biandi M.D., Ruberto G., Musumeci S., 2006.** Nutrition rehabilitation of under nourished children utilizing spiruline and Misola . Nutrition journal , Vol 5, N°3, pp.1-7.
- 70-Spolaore P., Jaomins C., Duran E., Isambert A., 2006.** Commercial applications of microalgae.Journal of bioscience and bioengineering ,pp 87-96.
- 71-Tabutin I., Gouestin P.Y., Mollo P., 2002.** Livret pédagogique « La spiruline contre la mal nutrition », 27p.
- 72-Tortora G.J.et Anagnastakos N.P., 1987.** Principes d'anatomie et de physiologie .Ed. INC, 5ème édition, 693p.
- 73-Toutain G., 1996.** Rapport synthèse de l'atelier « techniques culturelles du palmier dattier ».In options méditerranéennes, série n°28. Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens. Ed. IAM, Zaragazo , Spain, pp 201-205.
- 74-Touzi A., 1997.** Valorisation des produits et sous produits de la datte par les procédés biotechnologiques. Rapport de sunthèse de l'atelier technologie et qualité de la datte , option méditerranéenne, 214p
- 75-Vidal J.L. ,2008.**Spiruline l'algue bleue de santé et de prévention, edition : du dauphin, Paris ,319p.
- 76-Watanuki H., Ota K., Tassakka A., Kato T., Sahai M., 2006.** Immunostimulant effects of dietary spiculina platensis on carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture ,pp 157-163.
- 77-Yahiaoui K., 1998.** Caractérisation physico-chimique et l'évolution du brunissement de la datte Deglet Nour au cours de la maturation. Mémoire de Magister, INA.El Harrach, Alger, 103 p.

ANNEXES

Annexe 2: Tableau de correspondance du dosage des sucres

KMnO4 N/10 ml	Cuivre mg	Glucose mg	Sucre inverti mg	Saccharose
3.2	20.3	10	10	9.3
3.3	20.9	10.2	10.2	9.6
3.4	21.5	10.5	10.4	9.6
3.5	22.2	10.9	10.7	10.1
3.6	22.8	11.2	11	10.4
3.7	23.4	11.5	11.3	10.7
3.8	24.1	11.9	11.7	11.1
3.9	24.7	12.2	12	11.4
4	25.4	12.5	12.4	11.7
4.1	26	12.8	12.7	12
4.2	26.6	13.1	13	12.3
4.3	27.3	13.5	13.3	12.6
4.4	27.9	13.8	13.6	12.9
4.5	28.5	14.1	14	13.3
4.6	29.2	14.5	14.5	13.5
4.7	29.8	14.8	14.6	13.8
4.8	30.4	15.2	14.9	14.1
4.9	31.1	15.5	15.3	14.5
5	31.7	15.7	15.5	14.7
5.1	32.3	16	15.9	15.1
5.2	33	16.4	16.2	15.4
5.3	33.6	16.7	16.5	15.6
5.4	34.2	17	16.8	15.9
5.5	34.9	17.3	17.2	16.3
5.6	35.5	17.6	17.5	16.6
5.7	36.1	17.9	17.8	16.9
5.8	36.8	18.3	18.1	17.2
5.9	37.4	18.6	18.5	17.5

Annexe 2: Tableau de correspondance du dosage des sucres

6	38.1	19	18.8	17.8
6.1	38.7	19.3	19.1	18.1
6.2	39.3	19.6	19.4	18.4
6.3	40	19.9	19.7	18.7
6.4	40.6	20.2	20.1	19
6.5	41.2	20.5	20.4	19.3
6.6	41.9	21	20.7	19.6
6.7	42.5	21.2	21.1	20
6.8	43.1	21.5	21.4	20.3
6.9	43.8	22	21.7	20.6
7	44.4	22.2	22	20.9
7.1	45	22.5	22.4	21.2
7.2	45.7	23	22.7	21.5
7.3	46.3	23.2	23	21.8
7.4	46.9	23.5	23.4	22.2
7.5	47.6	24	23.7	22.5
7.6	48.2	24.2	24.1	22.8
7.7	48.8	24.5	24.4	.23