

UNIVERSITE KASDSI MERBAH OUARGLA



FACULTE DES SCIENCES  
ET DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

\*\*\*\*\*

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

N° d'ordre .....

N° de série .....

## Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de

# MAGISTER

en Biologie

Option : Biochimie et Analyse des Bio-produits

par : MIMOUNI Yamin

## Thème

**Mise au point d'une technique d'extraction de  
sirops de dattes ; comparaison avec les sirops  
à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie**

Soutenu publiquement le : 28 / 01 / 2009

Devant le jury :

BISSATI Samia.	Maître de Conférences	Université de Ouargla	Présidente
SIBOUKEUR Oumelkheir.	Maître de Conférences	Université de Ouargla	Encadreur
DANDOUGUI Hocine.	Maître de Conférences	Université de Ouargla	Examineur
OULED ELHADJ Mohamed. Didi.	Maître de Conférences	Université de Ouargla	Examineur

---

## *Dédicace*

---

Ce mémoire est dédié à :

*ma mère pour tous ses sacrifices ;*

*mon père pour son soutien durant toute ma vie ;*

*mes chères soeurs: Fatma, Hadja, Samira, Leila, Karima, Khadidja, Zohra,  
Asma Fouzia et Meriém ;*

*mes frères : El Hadj, Ibrahim, Youcef, Hamza, Yacin et Abdelkader ;*

*tous mes collègues étudiants, de la première promotion de MAGISTER en  
biologie option biochimie et analyse de bioproduits en particulier ;*

*tous mes enseignants.*

---

## *Remerciements*

---

Je remercie tout d'abord et du plus profond de mon cœur, Dieu "Le Tout Puissant " pour tout ce qu'il m'a donné, afin que je puisse terminer ce travail. Je tiens, à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur, Madame SIBOUKEUR Oumelkheir d'avoir proposé et diriger ce thème. Je la remercie pour ses conseils, ses orientations et sa patience pour la réalisation de ce mémoire.

C'est avec un immense plaisir, que j'adresse mes remerciements au "Professeur" DADAMOUSSA Belkheir, Doyen de la " Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur", Directeur du " laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides" ; Université Kasdi Merbah de Ouargla. L'occasion m'est offerte aujourd'hui, pour lui exprimer ma gratitude pour m'avoir donné l'occasion d'entreprendre mes investigations, au niveau du laboratoire qu'il dirige.

Que Madame BISSATI Samia, " Maître de Conférences" Chef du Département de Biologie, Université Kasdi Merbah de Ouargla pour avoir accepté de présider ce jury ; Messieurs OULD EL HADJ Mohamed Didi " Maître de Conférences" Département de Biologie, Université Kasdi Merbah de Ouargla et DANDOUGUI Hocine " Maître de Conférences " Département de Physique, Université Kasdi Merbah de Ouargla , trouvent ici l'expression de mes plus vifs remerciements, pour avoir accepté de porter un jugement à ce travail.

Je ne saurais oublier d'adresser ma gratitude à Messieurs, HANNACHI Slimane, "Ingénieur d'Etat" CDARS (Ouargla), CHAABNA "Ahmed , EDDOUD Amar, DJILLI Brahim, SEGGAI Mounir, ZENKHRI Salah , Madame BENMAHCENE Souad, tous " Chargés de Cours" Départements de Biologie / d'Agronomie, Université Kasdi Merbah de Ouargla ainsi qu'à Monsieur MIMOUNI El Hadj, pour leur aide et leurs judicieux conseils Qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Mes remerciements vont également à tout le personnel du "laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides" Université Kasdi Merbah de Ouargla à savoir : Madame IDDER Messaouda, Mademoiselle BOUGHABA Latifa et Messieurs, IDDER Abdelhak et SAADDINE Salah-Eddine et celui du laboratoire pédagogique, en particulier Monsieur BEGGARI El Aich, Départements de Biologie / d'Agronomie, Université Kasdi Merbah de Ouargla , sans oublier Madame HABBAZ Hakima agent au niveau de la

---

bibliothèque des Départements de Biologie / d'Agronomie, Université Kasdi Merbah de Ouargla .

Il m'est également agréable de remercier les membres du "Centre Algérien de la Qualité et de l'Emballage"( CAQE) : Messieurs TOUHAMI, CHIBA, SAID et Mademoiselle KHOULDI, Madame BARI, Madame RAZI et Madame BENDDADI pour leur aide combien précieuse.

Mes chaleureux remerciements s'adressent aussi, à tout le personnel du laboratoire de "l'hôpital Mohamed BOUDIAF" de Ouargla , particulièrement Messieurs, DADAMOUSSA Khemis, BOUMEHKEL et BAHI.

Enfin, je tiens à remercier, tout ceux et celles qui ont apporté aide ou soutien, de près ou de loin, à la réalisation de ce modeste travail.

---

---

## *Résumé*

---

En Algérie, il n'existe pas d'usines de transformation de dattes, permettant de valoriser l'importante diversité génétique (900 cultivars environ) du verger phoenicicole.

La présente étude, s'intéresse à la mise au point d'une technique d'élaboration de sirops à partir de quatre variétés de dattes, de consistance différente, répandues dans les régions, de Ouargla, de Touggourt et de Biskra (Deglet Nour, Ghars, Degla Beida et Mech Degla) récoltées au stade tmar. L'objectif assigné au présent travail vise essentiellement, une comparaison de la qualité nutritionnelle de ces produits obtenus par diffusion à 50°C, 80°C et 90°C pendant 24 heures suivie d'une condensation à 60°C, avec celles des sirops à haute teneur en fructose (HFCS), issus de l'amidonnerie et destinés aux obèses et aux diabétiques. Les résultats montrent que les dattes de la variété "Ghars" sont plus aptes à produire du sirop par cette technique. Ces derniers se caractérisent par un degré Brix compris entre 72 et 73.27 et une densité comprise entre 1.28 et 1.50, comparables à ceux des HFCS, leur conférant ainsi, la même consistance. Leur teneur en eau (entre 14.95 et 29.33%), dont la conservation à la température ambiante est relativement aisée. La qualité nutritionnelle des sirops est appréciable et plus intéressante que celle des HFCS. Leur teneur en fer, absent chez les HFCS, assez élevée (entre 25.33 et 40.96 % PF). L'existence d'autres éléments minéraux tels que le Mg, le Ca, le K, le Na et le Zn, rehausse davantage l'intérêt nutritionnel des sirops de dattes. Les teneurs en glucides de ces produits sont plus proches de celles des HFCS 42% puisqu'elles sont égales à 50.64, 49,25 et 0.10 % pour le glc, frc et le sacc. respectivement contre 53, 42 et 5 % dans le cas des HFCS 42%. L'ACP a permis de confirmer l'appartenance des sirops de dattes Ghars et des HFCS 42%, à un même groupe. Par ailleurs, les sirops Mech Degla et Ghars ont été les plus appréciés par les panélistes ; la TE 90°C permet d'améliorer leur goût.

Enfin, après un séjour des lots de sirop Ghars, à 4°C durant 72 jours, on arrive à les transformer en des produits à teneur en fructose plus élevée, les rapprochant ainsi des HFCS 55% et 90%.

**Mots clés :** datte, transformation, fructose, sirop, nutrition.

---

---

## *Summary*

---

In Algeria, there are not factories of date transformation, allowing to develop the important genetic diversity (900 cultivars approximately) of the palm.

The present study doles with the development a technique make syrups from four varieties of dates, different consistency, widespread through, of Ouargla, Touggourt and Biskra (Deglet Nour, Ghars, Degla Beida and Mech Degla) collected at the stage « tmar ». the present work aims primarily, to compare the nutritional quality of these products obtained by diffusion with 50<sup>0</sup>C, 80<sup>0</sup>C and 90<sup>0</sup>C during 24 hours followed by a condensation to 60<sup>0</sup>C, with those of syrups with high content of fructose (HFCS), resulting from the starch industry and intended for obese and the diabetics. The results show that the dates of the variety " Ghars " are ready to produce syrup by this technique. The latter are characterized by a Brix degree ranging between 72 and 73.27 and one density ranging between 1.28 and 1.50, comparable with those of the HFCS, thus conferring to them, same consistency. Their water content (between 14.95 and 29.33%), whose conservation with the room temperature is relatively easy. The nutritional quality of syrups is appreciable and more interesting than that of the HFCS. Their content of iron, absent at the HFCS, rather high (between 25.33 and 40.96% WF). The existence of other biogenic salts such as Mg, Ca, K, Na and Zn, more raise the nutritional interest of date syrups. The contents glucids of these products are closer to those HFCS 42% because they are equal to 50.64, 49.25 and 0.10% for the glc, frc and the sacc. Respectively against 53.42 and 5% in the case of the HFCS 42%. L' ACP STATE made it possible to confirm the membership of date G syrups and the HFCS 42%, of the same group. In addition, the syrups MD and G were appreciated by the panelists; TE 90<sup>0</sup>C makes it possible to improve their taste.

finally, after a stay of the batches of syrup G, at 4<sup>0</sup>C during 72 days, one is able to transform them into products with content of fructose more raised, thus bringing them closer to the HFCS 55% and 90%.

**Key words:** date, transformation, fructose, syrup, nutrition.

---

## المُلخَص

تتميز الجزائر بخلوها من المصانع المخصصة بتحويل التمور و التي تساهم في التنوع الوراثي (حوالي 900 نوع النخيل) في البساتين الزراعية . في بحثنا هذا حولنا تسليط الضوء علي تقنية استخلاص مشروب التمر انطلاقا من أربعة أنواع من التمور و المتوفرة في منطقة ورقلة , تقرث و بسكرة ( دقلة نور , الغرس , دقلة بيضاء , مش دقلة) و المؤخودة في مرحلة النضج التام في نفس الوقت هذه الدراسة تهدف الي دراسة مقارنة النوعية الغذائية للمشروب المستخلص بطريقة الانتشار في درجات حرارية مختلفة 50م° , 80م° , 90م° لمدة 24 ساعة مصحوبا بعملية التركيز تحت درجة حرارة 60م° بمشروب عالي التركيز ذو المصدر النشوي و الصالح للاستعمال بالنسبة للفئة التي تعاني من السمنة و مرضي السكر. النتائج المتحصل عليها تبين أن التمور من نوع الغرس ملائمة لإنتاج هذا المشروب , بحيث يتميز هذا الأخير بتركيز يتراوح بين 72 برقس و كثافة محصورة في مجال من 1,28 الي 1,50 مقارنة بالمشروب ذو التركيز العالي من الفركتوز , كما أنه يتميز أيضا بنفس الصلابة.

نسبة الماء فيه تقدر بين 14,95 الي 29,33 و التي تسمح له بتصنيفه ضمن المشروب عالي التركيز من الفركتوز و اللذان ينتميان الي قسم الأغذية ذات الرطوبة المنخفضة التي تسمح تخزينه في درجة حرارة عادية بصورة سهلة , يعتبر هذا المشروب ذو نوعية غذائية معتبرة مقارنة بمشروب عالي التركيز من الفركتوز , كما يحتوي علي نسبة من البروتينات تتراوح من 0.90 الي 1.5 من الوزن الرطب , بينما المشروب ذو تركيز عالي من الفركتوز خالي من هذا المركب كما أنه يخلو أيضا من الحديد , بينما هذه النسبة تتراوح بين 25,33 الي 40,96 من الوزن الرطب في مشروب التمر, كما أن وجود بقية العناصر مثل المغنزيوم الكالسيوم , البتاسيوم الزنك ترفع من القيمة الغذائية لمشروب التمر, نسبة السكريات لهذا المشروب لهذا المشروب التمر, نسبة السكريات لهذا المشروب تبدو قريبة من الجيل الأول(42) لمشروب ذو التركيز العالي بحيث تتراوح بين 50,64 (غليكوز) 49.8 (فركتوز) , 0.10 (ستروز) مطابقة بالنسب المعطاة لمشروب النشوي للجيل الأول 53 ( غليكوز) , 42 ( فركتوز ) 5 ( متعدد السكريات ) , أما الدراسة الاحصائي فقد بينت انتماء المشروب المستخلص من تمار الغرس والمشروب الي نفس المجموعة ومن جهة أخرى تتميز تمار من نوع الغرس ومش دقلة بإقبال جيد من طرف لجنة التحكم كما أن درجة حرارة 90م° تعتبر الدرجة الملائمة للحصول علي الذوق الجيد , وفي الأخير وضع مشروب التمر من نوع الغرس في درجة حرارة 4م° لمدة 72يوم تسمح للحصول مشروب عالي التركيز قريب من الجيل الأول 55 و الثاني 99 المشروب ذو التركيز العالي من الفركتوز .

الكلمات الدالة : التمر, التحويل الفركتوز , المشروب , التغذية

## *Liste des abréviations*

G	Sirop Ghars extrait à 50 <sup>0</sup> C
G 8	Sirop Ghars extrait à 80 <sup>0</sup> C
G 9	Sirop Ghars extrait à 90 <sup>0</sup> C
DB 5	Sirop Degla Beida extrait à 50 <sup>0</sup> C
DB 8	Sirop Degla Beida extrait à 80 <sup>0</sup> C
DB 9	Sirop Degla Beida extrait à 90 <sup>0</sup> C
DN 5	Sirop Deglet Nour extrait à 50 <sup>0</sup> C
DN 8	Sirop Deglet Nour extrait à 80 <sup>0</sup> C
DN 9	Sirop Deglet Nour extrait à 90 <sup>0</sup> C
MD 5	Sirop Mech Degla extrait à 50 <sup>0</sup> C
MD 8	Sirop Mech Degla extrait à 80 <sup>0</sup> C
MD 9	Sirop Mech Degla extrait à 90 <sup>0</sup> C
HFCS	High Fructose Corn Syrop
G 42	HFCS de 1 <sup>ère</sup> génération (HFCS 42 %)
G 55	HFCS de 2 <sup>ème</sup> génération ((HFCS 55 %)
HTF	HFCS de 3 <sup>ème</sup> génération ((HFCS 99 %)
TE	Température d'extraction
CCM	Chromatographie sur couche mince
Glc	Glucose
Frc	Fructose
Sacc	Saccharose
Cend	Cendres
Dens	Densité
ST	Sucres totaux
Olg	Oligosaccharides
Cris	Cristallisation
TGP	Teneur en glucose préliminaire
TGR	Teneur en glucose restant
TF	Teneur en fructose
PF	Poids Frais



## *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
I	Evolution du nombre total de palmiers dattiers	3
II	Production des principales variétés de dattes algériennes	4
III	Rapport en poids : noyau/datte entière	5
IV	Teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes	6
V	Variation de la composition chimique de la partie comestible des principales variétés de dattes	7
VI	Composition de la datte de la variété Elkhallas en acides aminés	8
VII	Teneur en éléments minéraux de la datte	9
VIII	Teneur en vitamines de la datte	10
IX	Composition biochimique du sirop de dattes	13
X	Pouvoir sucrant	20
XI	Indices glycémiques de certains sucres	21
XII	Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des HFCS	25
XIII	Propriétés des HFCS	26
XIV	Propriétés des dattes	35
XV	Constitution des lots expérimentaux de sirops de dattes en fonction de la température d'extraction et de la variété de datte	36
XVI	Caractérisation des variétés de dattes	54
XVII	Caractéristiques physico-chimiques des dattes	57
XVIII	Analyse de la variance	57
XIX	Composition en éléments minéraux des dattes en mg/100g de partie comestible	60
XX	Caractéristiques et Rf des principaux sucres des quatre variétés de dattes	65
XXI	Caractéristiques biochimiques des quatre variétés de dattes	66
XXII	Degré Brix initiaux des sirops de datte	73
XXIII	Caractéristiques physico-chimiques des sirops de dattes	76
XXIV	Teneur en éléments minéraux en mg pour 100 g de sirop frais	83
XXV	Dosage qualitatif des sucres des sirops de dattes	87
XXVI	Caractéristiques biochimiques des sirops de dattes	89
XXVII	Composition en protéines et en pectines des sirops de dattes	93
XXVIII	Analyse sensorielle	111
XXIX	Classement des lots expérimentaux	113
XXX	Pourcentage des sucres glucose, fructose et saccharose dans les sirops	115
XXXI	Matrice de corrélation	121

## *Liste des figures*

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Système AH-B de différentes molécules	20
2	Fixation d'une molécule sucrée sur un site récepteur	20
3	Métabolisme intracellulaire du D-glucose, du fructose et du sorbitol	22
4	Procédé enzymatique pour la production des HFCS	28
5	Réacteur d'enzyme d'isomérisation à lit fixé	31
6	Procédure expérimentale	40
7	Extraits de dattes	65
8	Cinétique de condensation des sirops de dattes variété DN en fonction de la température	72
9	Cinétique de condensation des sirops de dattes variété G en fonction de la température	72
10	Cinétique de condensation des sirops de dattes variété DB en fonction de la température	72
11	Cinétique de condensation des sirops de dattes variété MD en fonction de la température	72
12	Evolution des rendements en sirops de dattes en fonction de la température d'extraction	74
13	Degré Brix des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	81
14	Degré Brix des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	81
15	Degré Brix des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	81
16	Degré Brix des sirops de dattes variété MD (lots 10,11, 12)	81
17	Chromatogramme des lots expérimentaux n°1, 2, 3, 4 et 5	87
18	Chromatogramme des lots expérimentaux n°6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12	87
19	Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	96
20	Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	96
21	Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	96
22	Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	96
23	Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété (lots 1, 2, 3)	97
24	Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	97
25	Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	97
26	Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété MD (lot 10, 11, 12)	97
27	Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	99
28	Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	99
29	Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété DN (lot 7, 8, 9)	99

30	Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	99
31	Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	100
32	Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	100
33	Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	100
34	Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	100
35	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	104
36	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	104
37	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	104
38	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	104
39	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	105
40	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs totaux des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	105
41	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	105
42	Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	105
43	Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	106
44	Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	106
45	Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	106
46	Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	106
47	Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	107
48	Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	107
49	Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	107
50	Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	107
51	Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	108
52	Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	108
53	Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	108
54	Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	108

55	Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)	109
56	Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)	109
57	Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)	109
58	Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)	109
59	Composition en glucose et en fructose du lot 1	116
60	Composition en glucose et en fructose du lot 2	116
61	Composition en glucose et en fructose du lot 3	116
62	Composition en sucres des sirops de dattes G (lot 1)	119
63	Composition en sucres des sirops de dattes G (lot 2)	119
64	Composition en sucres des sirops de dattes G (lot 3)	119
65	Composition en sucres des HFCS de 1 <sup>ère</sup> génération (HFCS 42%)	119
66	Cercle de corrélation des variables du plan 1 – 2	122
67	Graphique de projection des individus dans le plan défini par les axes factoriels 1 – 2	123
68	Graphique de superposition du cercle de corrélation et les individus dans le plan du plan principal défini par les axes factoriels 1 – 2	124

## *Liste des photos*

<b>Photo</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Extrait de dattes MD, DB	42
2	Extrait de dattes DN, G	42
3	Extrait de dattes DN, MD, DB, G	42
4	Extrait de dattes, MD, DB, G , DN	42
5	Caractéristiques morphologiques des dattes de la variété DN	55
6	Caractéristiques morphologiques des dattes de la variété G	55
7	Caractéristiques morphologiques des dattes de la variété DB	55
8	Caractéristiques morphologiques des dattes de la variété MD	55
9	Cristallisation des sirops de dattes G (lot 1)	114
10	Cristallisation des sirops de dattes G (lot 2)	114
11	Cristallisation des sirops de dattes G (lot 3)	114

## *Liste des annexes*

<b>Annexe</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Valeur minimale de l' $a_w$ pour la croissance de levures et de moisissures	I
2	Filtration du jus de dattes (G, DB, DN et MD)	II
3	Condensation du jus de dattes	II
4	Dosage du sodium	III
5	Dosage u chlore par la méthode de Mohr	III
6	Composition du réactif de Nigram	IV
7	Dosage des sucres par la méthode de BERTRAND	IV
8	Tableau de correspondance du dosage des sucres	VI
9	Dosage du glucose	VIII
10	Dosage du fructose	VIII
11	Dosage des protéines par la méthode de LOWRY (1951)	IX
12	Dosage des pectines	IX
13	Fiche de test préliminaire de dégustation : choix du jury de dégustation	XI
14	Fiche de test de dégustation	XII
15	Rendement en sirop (%)	XIII
16	Stabilité des sucres	XIV
17	Analyse sensorielle des sirops de dattes G (lots 1, 2 et3)	XV
18	Analyse sensorielle des sirops de dattes DB (lots 4, 5 et6)	XV
19	Analyse sensorielle des sirops de dattes DN (lots 7, 8 et9)	XVI
20	Analyse sensorielle des sirops de dattes MD (lots 10, 11 et12)	XVI
21	Valeurs propres	XVII
22	Cosinus carrés des variables	XVII
23	Cosinus carrés des variables en pourcent (%)	XVIII
24	Cosinus carrés des individus	XVIII
25	Cosinus carrés des individus en pourcent (%)	XIX

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>I. Synthèse bibliographique .....</b>	<b>3</b>
1.1. Aperçu sur la datte.....	3
1.1.1. Situation de la production de dattes en Algérie .....	3
1.1.2. Evolution du nombre total de palmiers.....	3
1.1.3. Production des principales variétés .....	4
1.1.4. Principales caractéristiques des dattes.....	4
1.1.5. Description botanique du fruit.....	5
1.1.6. Constitutions du fruit.....	5
1.1.7. Rapport Noyau / datte entière.....	5
1.1.8. Composition biochimique de la pulpe de dattes.....	5
1.1.8.1. Principaux constituants .....	6
1.1.8.2. Autres constituants.....	7
1.1.9. Utilisation de la datte.....	10
1.1.10. Aperçu sur la technologie de la datte.....	11
1.2. Sirop de dattes.....	11
1.2.1. Situation du sirop de dattes.....	11
1.2.2. Composition biochimique du sirop de dattes.....	12
1.2.3. Propriétés du sirop de dattes .....	12
1.2.3.1. Propriétés organoleptiques .....	13
1.2.3.2. Propriétés physiques.....	14
1.2.4. Aspects bactériologiques .....	15
1.2.5. Stabilité.....	15
1.2.6. Toxicité.....	16
1.2.7. Méthodes d'élaboration des sirops de dattes.....	16
1.2.7.1. Procédé par pressurage.....	16
1.2.7.2. Procédé par trempage dans l'eau à basse température.....	17
1.2.9.3. Procédé par trempage dans l'eau à haute température.....	17
1.2.8. Intérêt du fructose dans les sirops.....	19
1.3. Sirop à haute teneur en fructose : HFCS ( High Fructose Corn Syrups) provenant de l'amidonnerie.....	24
1.3.1. Généralités.....	24
1.3.2. Situation en Europe.....	24
1.3.3. Composition physico-chimique et biochimique.....	24
1.3.4. Propriétés des HFCS.....	25
1.3.5. Préparation du sirop à haute teneur en fructose (HFCS).....	26
1.3.6. Génération des sirops.....	30
1.3.7. Utilisation des HFCS comme substitut du saccharose.....	32
1.3.8. Secteurs d'utilisation des HFCS selon la génération.....	32
1.3.9. Utilisation des édulcorants liquides en industrie alimentaire.....	32
<b>II. Matériel et Méthodes.....</b>	<b>34</b>
2.1. Matériel végétal.....	34
2.1.1. Choix des variétés.....	34
2.1.2. Prélèvement des échantillons.....	34
2.1.3. Constitution des lots expérimentaux.....	34

2.2. Méthodes analyses.....	35
2.2.1. Préparation des échantillons.....	35
2.2.2. Procédé d'extraction du jus de dattes.....	37
2.3. Mesures et contrôles.....	39
2.3.1. Caractères morphologiques des dattes.....	39
2.3.2. Analyses physico-chimiques.....	41
2.3.3. Analyses chimiques et biochimiques .....	45
2.4. Analyse sensorielle.....	49
2.5. Essai d'élimination du « glucose » à partir des sirops de dattes.....	51
2.6. Analyses statistiques.....	51
2.4.1. Définition et objectif.....	52
2.4.2. Sélectivité des données.....	52
<b>III. Résultats et discussions</b> .....	53
3.1. Caractéristiques morphologiques des quatre variétés de dattes étudiées.....	53
3.2. Caractéristiques physico-chimiques des dattes.....	64
3.3. Caractéristiques biochimiques des dattes.....	56
3.4. Conclusion.....	68
3.5. Sirop de dattes.....	71
3.5.1. Cinétique de concentration des sirops de dattes en fonction de la température d'extraction.....	71
3.5.2. Caractérisation des sirops de dattes.....	74
3.5.2.1 Caractéristiques physico-chimiques des sirops de dattes	75
3.5.2.2. Caractéristiques biochimiques des sirops de dattes.....	86
3.6. Conclusion.....	93
3.7. Effet de la température d'extraction sur quelques caractéristiques physico- chimiques et biochimiques des sirops.....	95
3.7.1. Effet de la température d'extraction sur les caractéristiques physico-chimiques.	95
3.7.2. Effet de la température d'extraction sur les caractéristiques biochimiques.....	101
3.8. Conclusion.....	103
3.9. Analyse sensorielle.....	110
3.10. Essai d'élimination de la fraction « glucose ».....	113
3.11. Principales caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des sirops de dattes en comparaison avec celle des HFCS de première génération.....	117
3.12. Analyse statistique.....	118
<b>Conclusion générale</b> .....	125
<b>Références bibliographiques</b> .....	127
<b>Annexes</b> .....	134



---

# *Introduction*

---

## *Introduction*

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L*) était primitivement cultivé dans les zones arides et semi arides chaudes de l'Ancien monde (MUNIER, 1973). La culture du palmier dattier constitue jusqu'à aujourd'hui une source de vie principale pour les populations des régions sahariennes. Il représente à la fois, la base de l'activité agricole et une source d'alimentation.

Il constitue l'armature du système oasien, qui permet de créer un milieu favorable à la vie des populations des régions sahariennes. Il est en relation avec les effets néfastes à la sécheresse de l'air et des vents chauds, augmente le degré hygrométrique et réduit l'évaporation (DJERBI, 1994).

Autrefois les palmeraies étaient constituées de plusieurs dizaines de cultivars différents, offrant une diversité extraordinaire dans la forme, la couleur, la précocité et le goût de la datté, ainsi que l'aptitude de l'arbre à résister la salinité et aux maladies aussi dangereuses que le Bayoud (MUNIER, 1973).

Les statistiques actuelles prouvent que la production de dattes dans le monde est non négligeable. Le palmier dattier est réparti dans trente pays différents, produisant entre 2 et 2,5 millions de tonnes de dattes (DJERBI, 1994).

La répartition selon les continents et les zones géographiques, montrent que le dattier prédomine en Asie (50% essentiellement Iran et en IRAK et seulement 26% en Afrique du Nord) (TOUTAIN, 1972).

L'Algérie produit annuellement 300 000 à 320 000 tonnes de dattes (AÇOURENE et TAMA, 2001). Parmi celles-ci, des variétés de dattes dites « communes » et des écarts de tri de la variété « DN » dont le tonnage est estimé entre 50 000 à 70 000 tonnes présentent une faible valeur marchande.

L'une des caractéristiques du verger phoenicicole algérien est sa diversité génétique. En effet, il existe près de 900 cultivars de dattiers en Algérie (HANACHI et KHITRI, 1998).

Pour conserver ce patrimoine phoenicicole et aider le phoeniculteur à trouver de sérieux débouchés pour ses dattes en satisfaisant les exigences du consommateurs, il est nécessaire que les recherches se focalisent sur les techniques de transformations industrielles, visant le

développement des « produits nouveaux », sans oublier l'exploitation des sous-produits du dattier, qui peuvent être des substrats de choix pour la production de substances à forte valeur ajoutée, source de revenus supplémentaires pour les agriculteurs.

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'apprêtent à la valorisation des dattes communes en divers produits (vinaigre, l'alcool, levure boulangère, farine, confiture, jus, sirops de dattes ...etc.), pouvant contribuer à réduire la dépendance alimentaire envers l'étranger.

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 de contribuer à la valorisation des dattes par un processus technologique, en essayant de mettre au point une méthode d'élaboration de sirops de dattes par diffusion.

Ces sirops de dattes sont caractérisés sur le plan nutritionnel par comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose ou High Fructose Corn Syrup ( HFCS) provenant de l'industrie de l'amidon et destinés aux obèses et aux diabétiques, utilisés dans la fabrication des boissons gazéifiées ou non, en confiserie, en pâtisserie (ANONYME 2, 1999).

La présente étude comporte quatre étapes essentielles :

- mise au point de la technique d'élaboration de sirops de quatre variétés de dattes par la méthode de diffusion à différentes températures;
- caractérisation physico-chimique de ces sirops de dattes en comparaison avec celle de la littérature concernant les HFCS de l'amidonnerie ;
- analyse sensorielle dans le but de déterminer les profils organoleptiques des sirops de dattes en fonction de la variété et de la température d'extraction ;
- enfin un essai d'élimination de la « fraction glucose » est réalisé dans le but d'essayer d'obtenir des sirops de dattes à teneur en fructose aussi élevée que possible.

---

# *I. Synthèse bibliographique*

---

### **1.1. Aperçu sur la datte**

Le palmier dattier est un arbre rustique s'adaptant aux régions les plus arides du monde. C'est une monocotylédone arborescente, de la famille de palmacées ou phoenicacées, sous famille des coryphinées, du genre phoenix et de l'espèce *Phoenix dactylifera* L. (DJERBI, 1994).

Les véritables palmeraies commencent sur le versant sud de l'Atlas saharien, par les palmeraies de Deglet Nour de Biskra (Tolga) à l'Est, par celles du M'Zab au centre et de Beni-Quinif à l'Ouest (BELGUEDJ 2002).

A l'extrême sud du Sahara, l'oasis de Djanet constitue la limite méridionale de la palmeraie Algérienne. C'est dans le Nord-Est du Sahara que l'on trouve les 3/4 du patrimoine Phoenicicole (région des Ziban, Oued-Righ et la cuvette de Ouargla). C'est aussi dans ces régions que sont produits les belles dattes de la variété Deglet-Nour et autres variétés commerciales telles que Ghars, Mech Degla, Degla Beida (BELGUEDJ, 2002).

#### **1.1.1. Situation de la production de dattes en Algérie**

Le patrimoine phoenicicole Algérien est évalué à environ 14.254.206 palmiers dattiers sur une superficie de 126.544 ha avec une production d'environ 3.669.807 quintaux (ANONYME1, 2002). Ce qui a permis de classer l'Algérie au cinquième position parmi les pays producteurs de dattes et en première position pour la qualité de la variété « Deglet Nour ».

#### **1.1.2. Evolution du nombre total de palmiers dattiers**

Le nombre de palmiers dattiers évolue d'une année à une autre, dans presque toutes les wilayates phoenicicoles, avec un taux de croissance de 17% (tableau I) (ANONYME 1, 2002).

**Tableau I : Evolution du nombre total de palmiers dattiers (ANONYME, 2002)**

<b>Wilaya</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
El-Oued	2.587 540	2.744 420	2.774 000	2.883 660
Biskra	2.211 160	2.523 430	2.533 360	3.149 190
Adrar	1.416 990	2.652 880	2.704 780	2.904 150
Ouargla	1.742 190	1.918 320	1.934 200	2.069 300
Ghardaia	568.060	697.520	723.720	910.400
<b>Total</b>	<b>9.665 370</b>	<b>11.901 270</b>	<b>12.035 650</b>	<b>13.505 880</b>

### **1.1.3. Production des principales variétés**

Le verger phoenicicole national est caractérisé par une diversité génétique importante (900 cultivars environ) dont les variétés Ghars, Deglet Nour , Degla Beida et Mech Degla sont les plus connues. Le tableau II montre l'importance relative de la production de ces variétés au cours de l'année 2002.

**Tableau II : Production des principales variétés de dattes algériennes (ANONYME 1, 2002)**

<b>Variétés</b>	<b>Production(Quintaux)</b>	<b>Production (en %)</b>
Deglet Nour	163014	48,30
Dattes sèches	1024598	30,50
Ghars et analogues	713605	21,20
Moyenne	3361217	100

### **1.1.4. Principales caractéristiques des dattes**

Les dattes sont les fruits du *Phoenix dactylifera* L. Les différentes classes de dattes qui existent, reposent sur leur qualité commerciale et leur consistance (DOWSON et ATEN, 1963 ; TOUTAIN, 1972 ; MUNIER, 1973).

Les importateurs (européens) de dattes repartissent celles-ci en deux catégories selon des critères très arbitraires :

- les dattes fines ou exportables dont le type Deglet Nour
- Les dattes communes, qui sont en général de faible valeur marchande et très difficiles à conserver.

Du point de vue biochimique, la teneur en sucres est généralement liée à la consistance de la datte. On peut ainsi, distinguer trois catégories de dattes :

- dattes « sèches » : fruit de consistance solide et dure. Elles contiennent plus de saccharose que de sucres réducteurs.
- dattes « demi-molles » : fruit de texture élastique et visqueuse, contenant une proportion presque égale en sucres réducteurs et en saccharose (TOUTAIN, 1972).
- dattes « molles » : fruits pâteux et visqueux dont la chaire manque de consistance (TOUTAIN, 1972). Elles sont pour la plupart riches en sucres réducteurs (DOWSON et ATEN, 1963).

### **1.1.5. Description botanique du fruit**

Le nom scientifique du palmier dattier est *Phoenix dactylifera*. Ce dernier produit des fruits appelés dattes. La datte est constituée de deux parties, une partie dure non comestible, la graine ou noyau et une partie comestible, la pulpe. La datte est une baie, qui selon les variétés a une forme ellipsoïde ou ronde (DOWSON et ATEN, 1963).

### **1.1.6. Constitution du fruit**

Les dattes sont composées d'un mésocarpe charnu protégé par un fin péricarpe. L'endocarpe se présente sous la forme d'une membrane très fine entourant la graine, appelée communément noyau.

La couleur de la datte est variable selon les espèces : jaune plus ou moins clair, jaune ambré- brun plus ou moins prononcé, rouge ou noir. Sa consistance est également variable, elle peut être molle, demi molle, ou sèche (MUNIER, 1973).

### **1.1.7. Rapport noyau / datte entière**

La proportion du noyau par rapport à la datte entière constitue une caractéristique qui dépend non seulement de la variété, mais aussi des facteurs chimiques et des conditions de culture, par exemple Deglet Nour d'Algérie « de bonne qualité marchande » pèse environ 10 g et comporte en poids : 10 % noyau, 90% chaire (DJERBI, 1994). Le tableau III indique quelques rapports noyau/datte entière de quelques variétés de dattes.

**Tableau III : Rapport en poids : noyau/datte entière (MUNIER, 1973)**

<b>Dattes</b>	<b>Rapport noyau/datte entière</b>
Dattes Deglet Nour d'Algérie	8 à 12 %
Dattes Ghars d'Algérie	11 à 12 %
Dattes de mauritanie	8 à 32 %
Dattes de Californie (U.S.A)	9 à 35 %

### **1.1.8. Composition biochimique de la pulpe de dattes**

La pulpe de la datte mûre (stade Tmar) est composée de sucres, d'eau, d'éléments minéraux et de produits divers : protides, lipides, pectines, tanins, vitamines, produits aromatiques...etc. (MUNIER, 1973).

Les sucres occupent environ 70 à 75 % du poids sec des dattes sans graine. Ces sucres sont de deux types : des sucres majeurs regroupant le saccharose, le glucose et le fructose et des sucres mineurs existant sous forme de traces (galactose, xylose...) (MAATALLAH, 1970).

### **1.1.8.1. Principaux constituants**

#### **1.1.8.1.1. Teneur en eau**

L'eau est l'un des constituants principaux de la datte. Sa teneur est en fonction des variétés, du stade de maturation et du climat. En général, les limites de cette teneur varient de 8 à 40 % du poids frais (tableau IV) (DOWSON et ATEN, 1963).

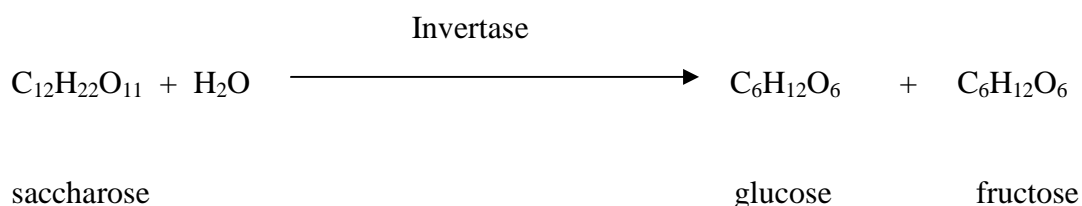
**Tableau IV :Teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes (DOWSON et ATEN, 1963)**

<b>Classe des dattes</b>	<b>Variétés</b>	<b>Stade de maturité</b>	<b>Pourcentage d'eau</b>
Molles	Ghars	Tmar	16 -18
Demi-molles	Deglet Nour	Tmar	25 - 28
Sèches	Mech Degla Degla Beida	Tmar	8 à 12

#### **1.1.8.1.2. Sucres**

De nombreuses analyses faites par différents auteurs et dans différents pays ont démontré que la datte contient trois sucres qui sont le saccharose, le glucose, et le fructose, ceci n'exclut pas la présence d'autres sucres (DOWSON et ATEN, 1963 ; MAATALLAH, 1970; EL-OGAIDI, 1987).

Le glucose et le fructose qui sont réducteurs proviennent de l'inversion du saccharose comme indiqué par la réaction suivante. L'invertase à un taux différents a été décelée en effet, dans un grand nombre de variétés de dattes (MAATALLAH, 1970).





Les noms en nomenclature internationale étant comme suit :

$\alpha$ -D-glucopyranosyl (1-2)  $\beta$ -D-fructofuranose : saccharose

$\alpha$ -D-glucopyranose : glucose

$\beta$ -D-fructofuranose : fructose

La teneur en sucre totaux reste très variable de même que la proportion de sucres réducteurs et de saccharose. Ces teneurs varient selon les variétés dans les limites de 60 à 85 % du poids secs (DOWSON et ATEN, 1963).

### 1.1.8.2. Autres constituants

En plus des deux principaux constituants, eau et sucres, la datte contient d'autres éléments organiques tels que les protéines, éléments minéraux, vitamines...etc. Le tableau V montre la composition chimique de la partie comestible des principales variétés (MAATALLAH, 1970).

**Tableau V : Variation de la composition chimique de la partie comestible des principales variétés de dattes (MAATALLAH, 1970)**

Constituants	Teneur (%)		
	Maximum	Minimum	Moyenne
Eau	35	10	23
Protéines	2,5	0,39	1,40
Lipides	01,9	0,13	1,25
Saccharose	60	00	30
Sucres réducteurs	85	17	51
Sucres totaux	85	60	75
Substances pectiques	06,5	0,2	04
Cellulose	08,0	0,1	04,5
Cendres totales	02,5	1,4	01,7

#### 1.1.8.2.1 Protéines

La teneur en protéine varie selon le stade de maturation, la datte contient 0,39 à 2,5 % de protéines. Ces teneurs, bien que faibles, ne sont pas négligeables car elles sont qualitativement bien équilibrées. Leur composition correspond à celle des besoins de

l'organisme (EL-OGAIDI, 1987)

En effet, plusieurs travaux réalisés par plusieurs auteurs et dans des différents pays, comme l'Irak et l'Égypte ont démontrés que les dattes étaient très riches en acides aminés importants pour l'organisme humain . Douze acides aminés caractérisent les dattes de la variété « Elkhalas » d'Arabie Saoudite, dont 4 sont quantitativement majoritaires (BERINDI, 2000). Il s'agit du glutamate, de l'aspartate, de la glycine et de la serine jouant un rôle important dans le métabolisme cellulaire. Ces acides aminés ont beaucoup de fonctions biologiques importantes. Ils jouent souvent le rôle de messagers chimiques dans la communication entre cellules. Par exemple l'acide  $\gamma$  amino-butyrique (GABA ; produit de décarboxylation de l'acide glutamique) est un neurotransmetteurs , substance libérée par des cellules nerveuses pour modifier le comportement des cellules voisines (DONALD et JUDITH, 1998).

Les acides aminés minoritaires sont représentés par la lysine, l'arginine, le tryptophane, la valine, la thréonine, l'alanine, la tyrosine et la leucine qui malgré leur faible teneur sont importants pour le bon fonctionnement de l'organisme et permettent donc de donner une valeur biologique élevée aux dattes (tableau VI). En effet, la plus part de ces acides aminés

**Tableau VI : Composition de la datte de la variété Elkhalas en acides aminés (IBRAHIM et KHALIL, 1997)**

<b>Acides aminés</b>	<b>Teneur (mg/100g de datte)</b>
Glutamate	398
Aspartate	215
Glycine	201
Leucine	254
Serine	196
Lysine	184
Tyrosine	173
Arginine,	152
Alanine	119
Tryptophane	110
Thréonine,	98
Valine	88

sont indispensables (la leucine, la lysine, le tryptophane, la thréonine et la valine). Les mammifères sont incapables de les synthétiser, et doivent les trouver dans leurs aliments. Les acides aminés alimentaires en excès n'étant par ailleurs ni mis en réserve, ni excrétés, sont transformés en intermédiaires métaboliques comme le pyruvate, l'oxaloacétate et l' $\alpha$ -cétoglutarate (DONALD et JUDITH, 1998).

#### **1.1.8.2.2. Amidon**

Aux premiers stades de leur évolution, les dattes sont riches en amidon, puis cette substance est progressivement remplacée par d'autres sucres au stade de maturité botanique. Sauf exception, les dattes mûres n'en contiennent pas (MUNIER, 1973).

#### **1.1.8.2.3. Eléments minéraux**

Les éléments minéraux contenus dans tout produit destiné à l'alimentation de l'homme pour le fonctionnement de l'organisme sont indispensables (sodium, potassium, calcium...etc.).

L'absence ou la réduction de certains éléments est incompatible avec la vie : sans sodium, sans potassium par exemple, il ne peut y avoir de transmission nerveuse. Le calcium participe à l'édifice osseux et à l'activité musculaire (BOURRE, 1990). La pulpe de datte est riche en éléments minéraux et constitue de ce fait un aliment des plus intéressants (tableau VII)(DJERBI, 1994).

**Tableau VII : Eléments minéraux de la datte (DJERBI, 1994)**

<b>Eléments</b>	<b>Teneur (mg/100 g de datte)</b>
Sodium	4,1 - 4,8
Potassium	649 - 754
Calcium	58,3 - 58,8
Magnésium	50,3 - 58,5
Fer	1,3 - 2
Cuivre	0,18 - 0,21
Phosphore	54,8 - 63,8
Soufre	43,8 - 51,8
Chlore	268 - 290

#### **1.1.8.2.4. Cellulose**

Les dattes fines, comme la DN, ne contiennent qu'une faible proportion de cette substance, mais certaines dattes communes sont particulièrement fibreuses, et peuvent en contenir plus de 10 % (MUNIER, 1973).

#### **1.1.8.2.5. Vitamines**

Les dattes contiennent des quantités non négligeables de vitamines , A, B1 et B2) et d'autres sous forme de traces telle que la vitamine C dont la teneur est relativement faible au stade Tmar (tableau VIII) (DJERBI, 1994).

Les réactions biochimiques ne sont possibles qu'en présence de protéines spécialisées, mais pour agir, elles ont besoin, de très faibles quantités des vitamines. Donc ces vitamines sont les auxiliaires vitaux de tous les rouages de la vie (BOURRE, 1990). En effet, les vitamines, notamment celles du groupe B, sont les précurseurs des coenzymes.

**Tableau VIII : Vitamines de la datte (DJERBI, 1994)**

<b>Vitamine</b>	<b>Teneur (mg/100g de datte)</b>
Vitamine A	80 - 100
Vitamine B1	0,07
Vitamine B2	0,03
Vitamine C	0,77 - 2,7

#### **1.1.8.2.6. Substances pectiques**

Les substances pectiques de la pulpe de dattes varient sensiblement d'une variété à une autre et diminuent progressivement au cours de la maturation. La proportion de pectine est de 2 % de la matière sèche (EL-OGAIDI, 1987).

#### **1.1.9. Utilisation de la datte**

Les dattes sont utilisées dans la pharmacopée comme produits de beauté connue depuis l'antiquité et encore pratiquée de nos jours par la population des régions phoenicoles. Les décoctions de dattes étaient utilisées autrefois comme calmant contre les maladies nerveuses, contre la diarrhée infantile... La consommation de la datte était recommandée aux femmes

qui allaitaient pour favoriser la lactation. Elles devaient donner la force aux enfants, aussi les lèvres des nouveau-nés étaient frottées avec un peu de pulpe de dattes pour les vivifier. Des emplâtres de pâte de dattes étaient utilisés en Egypte et encore au Sahara, à Ouargla notamment, pour embellir la chevelure des femmes. La poudre de noyaux de dattes était utilisée comme fard pour les yeux (MUNIER, 1973).

### **1.1.10. Aperçu sur la technologie de la datte**

La transformation de la datte remonte à l'époque la plus ancienne de l'existence du palmier dattier. Les méthodes utilisées furent primitives, mais elles permettaient de conserver des récoltes pendant de longues durées (EL- OGAIDI, 1987).

Dans les années 80, une évolution de la technologie de la datte avait envahie certains pays arabes et plus particulièrement l'Irak (EL- OGAIDI, 1987).

De nos jours, les populations des régions phoenicoles algériennes, continuent à élaborer de nombreux produits qu'elles utilisaient dans leur alimentation quotidienne et/ou dans leur pharmacopée traditionnelle tels que la pâte de dattes, le vinaigre, des boissons dont le sirop de dattes.

## **1.2. Sirop de dattes**

### **1.2.1. Situation du sirop de dattes**

#### **1.2.1.1. Dans le monde**

Le sucre de canne et le sucre de betterave, font objet d'une grosse production industrielle, alors que le sirop de dattes commence à peine à être fabriqué industriellement bien qu'il soit depuis très longtemps confectionné à domicile pour la consommation familiale. Selon DOWSON et ATEN, 1963, des palmiers dattiers convenablement irrigués, fumés et soigneusement plantés peut, en principe, produire au moins 75 Quintaux de sucre par hectare.

### **1.2.1.2. En Irak**

La datte est une source de sucre très importante, car la teneur en sucre compris entre 70 à 78 %, cette valeur est très élevée par rapport à celle de sucre de canne et de la betterave, presque 2kg de dattes peuvent donner 1 kg de sucre ce que correspond 50%. Pour cette raison les Irakiens se sont intéressés à la technologie de la datte pour réduire leur dépendance envers l'étranger (WAGUED, 1973).

### **1.2.1.3. En Algérie**

Bien que le nombre de palmiers dattiers évolue d'une année à une autre dans presque toutes les wilayas phoenicicoles (ANONYME1, 2002), l'Algérie, a cependant pris beaucoup de retard dans le domaine de la transformation des dattes, malgré que toutes les conditions s'apprêtent à leur valorisation en particulier celle des dattes communes.

## **1.2.2. Composition biochimique du sirop de dattes**

Les dattes contiennent essentiellement un mélange de sucres qui diffèrent par un certain nombre de propriétés, mais du point de vue alimentaire, ils ont globalement la même valeur énergétique (DOWSON et ATEN, 1963).

En général, 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 présents en faibles quantités (ABDELFAH, 1990 ; IBRAHIM et KHALIL, 1997).

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, sans risque d'altération (tableau IX) (ABDELFAH, 1990).

## **1.2.3. Propriétés du sirop de dattes**

Le sirop de dattes peut être fabriqué avec toutes les variétés de dattes de qualité secondaires préférentiellement (MUNIER, 1973 ; EL-OGAIDI, 1987 ).

Selon ABDELFAH (1990), le sirop de dattes est un produit naturel extrait des dattes. Il est liquide et très concentré. Il peut être utilisé comme un édulcorant (MUNIER, 1973).

Ce sirop est obtenu à l'état naturel, comme le sucre, de canne ou de betterave, d'amidon

de blé, de pomme de terre, après des transformations plus ou moins importantes (GUERIN et *al*, 1982).

Il peut être considéré comme un sucre inversé naturellement, car il contient des proportions en glucose et fructose presque égales, et une faible quantité de saccharose, qui peut être inversé en sucres simples lors de l'extraction sous l'effet thermique, et acidité du milieu (EL-OGAIDI, 1987).

### **1.2.3.1. Propriétés organoleptiques du sirop**

#### **1.2.3.1.1. Goût**

L'intensité du goût sucré diffère considérablement d'un édulcorant à un autre, même au sein de la famille des glucides.

La plupart des édulcorants à haut pouvoir sucrant possèdent des arrière-goût qui se superposent au goût sucré et résulte d'impuretés qui sont parfois indéfinissables au point de ne pas se ranger parmi les trois goûts fondamentaux (salé, acide, ou amer) (MULTON et LEPATRE, 1984).

**Tableau IX : Composition biochimique du sirop de dattes (ABDELFATTAH, 1990 ; IBRAHIM et KHALIL, 1997)**

<b>Teneur des constituants</b>	<b>ABDELFATAF, 1990</b>	<b>IBRAHIM et KHALIL, 1997</b>
Teneur en eau (%)	25,00	24,80
Sucres réducteurs (glc, frc) (%)	90,40	81,50
Sucres non réducteurs (saccharose) (%)	05,60	4,90
Sucres totaux (%)	96,00	86,40
Protéines (%)	0,50	2,10
Eléments minéraux (%)	01,83	6,60
Lipides (%)	--	--
Acidité	0,17	0,20
Degré Brix (°Bx)	73 à 75	76,0
Vitamine A, les vitamines du groupe B	+	+

Selon ABDELFAH (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 goût du sirop est similaire au goût de la datte utilisée (EL-OGAIDI, 1987).

### **1.2.3.1.2. Couleur**

Parmi les propriétés du sirop de dattes, élaboré par des méthodes technologiques actuelles (extraction par diffusion), sa couleur ambrée. Selon MUNIER (1973), le sirop de dattes est un produit stable d'une couleur plus ou moins brune. Dans des flacons transparents, il peut prendre une couleur noir-rougeâtre (ABDELFAH, 1990).

### **1.2.3.2. Propriétés physiques du sirop**

#### **1.2.3.2.1. Densité**

La densité moyenne d'un sirop est fonction de leur concentration. Cette dernière est inversement proportionnelle à la température ambiante (GUERIN *et al*, 1982). La densité de sirop de dattes est très élevée grâce au taux de solides solubles existant dans ce produit, ce caractère permet leur stockage pendant une longue durée (ABDELFAH, 1990).

#### **1.2.3.2.2. Viscosité**

La viscosité est une propriété physique importante du sirop de dattes, elle détermine les conditions de stockage du produit. 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. Le sirop de 72 à 75% de teneur en matières sèches, a une viscosité de 500 centpoises (GUERIN *et al*, 1982).

Selon ABDELFAH (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.



### 1.2.3.2.3. Pouvoir anti-cristallisant

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

Ainsi la transformation, dextrose amorphe / dextrose cristallin, s'effectue après environ 70 jours de stockage si l'humidité est voisine de 12%. Ce phénomène joue un rôle important pour le sirop élaboré, car plusieurs préparations nécessitent ce caractère, par exemple boissons, nappages...etc. (MULTON, 1992).

### 1.2.3.2.4. Hygroscopicité

L'hygroscopicité s'exprime par l'humidité d'équilibre ou l'activité de l'eau  $a_w$ . Ce caractère est important dans la fabrication de certains entremets tels que les génoises, le pain d'épices (GUERIN et *al*, 1982). Selon ABDELFAH (1990), le sirop de dattes est très hygroscopique, ceci est dû à sa teneur élevée en fructose.

### 1.2.4. Aspects bactériologiques

Le développement des microorganismes est lié à l'activité de l'eau et au couple pH/température de milieu (MULTON, 1992).

En dessous d'un  $a_w$  de 0,6 aucun microorganisme ne peut se développer (Annexe 1).

Selon ABDELFAH (1990). L'humidité du sirop de dattes est égale à 25%, ce caractère le protège des risques d'altérations microbiennes.

### 1.2.5. Stabilité

La majorité des édulcorants à haut pouvoir sucrant sont des molécules complexes, sensibles aux variations de certains paramètres liés à la composition du produit alimentaire (humidité, pH, sels... etc.) et aux conditions de fabrication (température, temps, exposition à la lumière, etc.). Si la modification stéréochimique de la molécule porte sur le "site sucré",

cela se traduira par un changement ou une disparition du pouvoir sucrant (MULTON et LEPATRE, 1984). Cependant, le sirop de dattes est constitué de sucres simples (glucose, fructose) et/ou d'un diholoside (saccharose), par conséquent les modifications stéréochimiques ne peuvent pas avoir lieu (ABDELFATTAH, 1990).

### **1.2.6. Toxicité**

Le devenir métabolique des édulcorants nécessite des études nombreuses et complexes, pour plusieurs raisons :

- il s'agit pour la plupart de molécules nouvelles n'ayant pas un long "passé" dans l'alimentation humaine ;
- certains procédés de fabrication peuvent conduire à la formation des produits Annexes toxiques (MULTON et LEPATRE, 1984) ;
- la fabrication de certaines molécules, en particulier les édulcorants protéiques, (aspartame, thaumaine) peut conduire à l'apparition de produits de dégradation au cours de la fabrication et de la conservation des produits alimentaires ou lors de la digestion, ces produits de dégradation nécessitant leurs propres études toxicologiques ;
- certaines molécules présentent, du point de vue chimique, des analogies de structure avec des composés vitaux (hormones, etc.) d'où des risques d'interférence lors du métabolisme.

Selon EL-OGAIDI (2000), le sirop de dattes est un sucre inverti naturellement, ce dernier est dépourvu des substances étrangères. La toxicité n'a donc pas lieu lors de la fabrication par le procédé préconisé (pressurage, extraction à haute et basse température).

### **1.2.7. Méthodes d'élaboration du sirop de dattes**

#### **1.2.7.1. Procédé par pressurage**

Le principe de ce procédé repose sur la méthode par tassement. Cette dernière constituant un moyen de conservation des dattes molles, a pour avantage de récupérer un liquide sirupeux (IBRAHIM et KHALIL, 1997). Ce sous- produit présente l'aspect du miel d'abeilles. Il se caractérise par l'absence de trouble et ne nécessite donc pas de clarification chimique ou enzymatique. Le tassement des dattes s'effectue généralement dans des sac en toile (Btana). Le principal inconvénient de cette technique est son faible rendement, variant de 10 à 15% du poids des dattes. Néanmoins, ce procédé est le moyen le plus efficace pour conserver les

dattes à la température ambiante (20 à 35<sup>0</sup>C) pendant quelque années (EL-OGAIDI, 1987 ; ABDELFATTAH, 1990 ; IBRAHIM et KHALIL, 1997).

#### **1.2.7.2. Procédé par trempage dans de l'eau, à basse température**

Ce procédé est utilisé en Irak. Les dattes sont mises à tremper dans de l'eau tiède pendant plusieurs heures. L'extrait résultant, après filtration et élimination des fibres et des noyaux, est mis au chauffage de nouveau sur un feu doux, pour faire évaporer l'eau et augmenter sa concentration (EL-OGAIDI, 2000).

L'inconvénient de cette technique réside dans le fait que le jus qui n'a pas toujours la même concentration. En plus, celle-ci est souvent faible, d'où risque de fermentation.

#### **1.2.7.3. Procédé par trempage dans de l'eau, à haute température**

Cette méthode est la plus utilisée, particulièrement en Irak. Il s'agit d'un procédé d'extraction par chauffage à 90 <sup>0</sup>C. Ce dernier permet une extraction plus poussée. Après la filtration de l'extrait, le jus obtenu referme des impuretés qui sont séparées de la solution de sucre par "carbonatation "(EL-OGAIDI, 2000). Cette opération se fait en deux étapes :

##### **1.2.7.3.1. Chaulage**

Le chaulage se fait par l'addition de chaux sous forme d'oxyde de calcium (CaO) à la solution sucrée, ce qui conduit à l'élévation du pH du jus de dattes. Pour éviter l'hydrolyse des sucres par les acides existant dans le jus de dattes, EL-OGAIDI (1987) a préconisé une quantité de 1% d'oxyde de calcium (V/P) par rapport au poids total des dattes. L'addition de chaux permet aussi de précipiter les impuretés facilement éliminables par filtration.

##### **1.2.7.3.2. Carbonatation**

Elle se fait par addition de charbon actif aux jus chaulé, pour précipiter la chaux sous forme de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) selon la réaction suivante :



La filtration de jus trouble a pour but de séparer le carbonate de calcium du produit manufacturé.

### 1.2.7.3.3. Concentration

La concentration initiale du jus (25 ° Brix) consiste en l'évaporation de l'eau jusqu'à obtention du degré Brix recherché. Cette dernière est aussi une technique de stabilisation puisqu'elle permet la diminution de l'activité de l'eau ( $a_w$ ) et par conséquent un ralentissement ou même une inhibition du développement microbien (GUERIN *et al*, 1982).

Le produit obtenu par cette méthode est d'une couleur ambrée, celle-ci est due à un ensemble de phénomènes chimiques faisant partie du brunissement non enzymatique (réaction de Maillard), caramélisation, oxydation par Fe et Cu...etc (EL-OGAIDI, 2000).

#### - Réaction de Maillard

Cette réaction intervient aussi bien au cours du traitement thermique, qu'au pendant la période de conservation. Elle englobe l'ensemble des réactions découlant d'un chauffage entre aldéhyde ou cétone (glucides) et une fonction amine (protides).

Elle fait apparaître des polymères bruns (mélanoidines) et des produits de scission volatils et odorants.

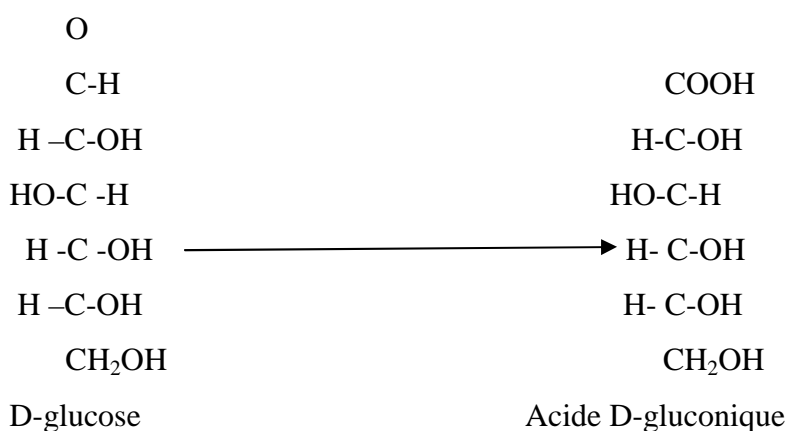
Elle a des effets favorables dans certaines préparations : couleur et arômes (croûte du pain, biscuit...etc). Mais elle peut également présenter des effets défavorables : assombrissement, odeurs, saveurs indésirables et perte de la valeur nutritive (complexe sucre-lysine) (MULTON, 1992).

#### - Caramélisation

Le caramel est obtenu par chauffage en milieu acide et peu hydraté. Il s'agit d'une dégradation thermique qui concerne tous les sucres ; parmi ceux-ci, les petites molécules (glucose, fructose...) présentent une grande sensibilité (MULTON, 1992).

#### - Oxydation

La fonction aldéhydique des oses est susceptible d'être oxydée, les aldoses vont donc se comporter comme des réducteurs et en particulier, ils vont pouvoir réduire des sels métalliques (WEIL, 2001). Cette oxydation conduit à la formation d'une fonction acide sur le carbone 1, comme indiqué par la réaction ci-dessous.



### - Réversion

Elle correspond à la formation de diholosides en faible quantité. Elle est, observée dans des produits à forte concentration initial en oses, dont deux principaux sont les suivants :  $\alpha$ -D-glucopyranosyl (1-2) D-glucopyranose et  $\alpha$ -Dglucopyranosyl (1-3) D-glucopyranose (MULTON, 1992).

## 1.2.8. Intérêt du fructose dans les sirops

### 1.2.8.1. Pouvoir sucrant

Le fructose, appelé aussi lévulose, est plus sucré que le saccharose, ce qui permet de réduire la quantité de glucides totaux apportée par l'aliment qui en contient et d'en faire un aliment hypo-glucidique de régime. Il est le sucre le plus sucrant, 1,3 à 1,5. (tableau X). Pour un niveau sucré donné il apporte donc environ 30%, de calories en moins. Ceci s'explique par sa valeur calorique plus faible que celle du saccharose (MULTON, 1992).

Selon MULTON et LEPATRE (1984), les premières hypothèses sérieuses sur la chimio-perception des composés sucrés, ont établi que la présence d'une structure dite "AH-B", où H est un proton et B un atome ou un groupement électronégatif, était une condition nécessaire pour qu'apparaisse la saveur sucrée (fig.1). La distance entre AH et B doit être comprise entre 2,5 et 4 Å.



La présence des récepteurs au niveau des cellules sensorielles du goût sucré, permettent la formation d'une liaison entre la substance sucrée et le site récepteur par un pont hydrogène (fig.2).

### **1.2.8.2. Cristallisation**

Le fructose est très soluble dans l'eau, sa cristallisation en milieu aqueux est donc très difficile par rapport à celle du glucose. L'accroissement de la solubilité du fructose dans une solution qui contient du glucose, empêche en partie la cristallisation de ce dernier (GUERIN *et al*, 1982).

### **1.2.8.3. Absorption intestinale du fructose**

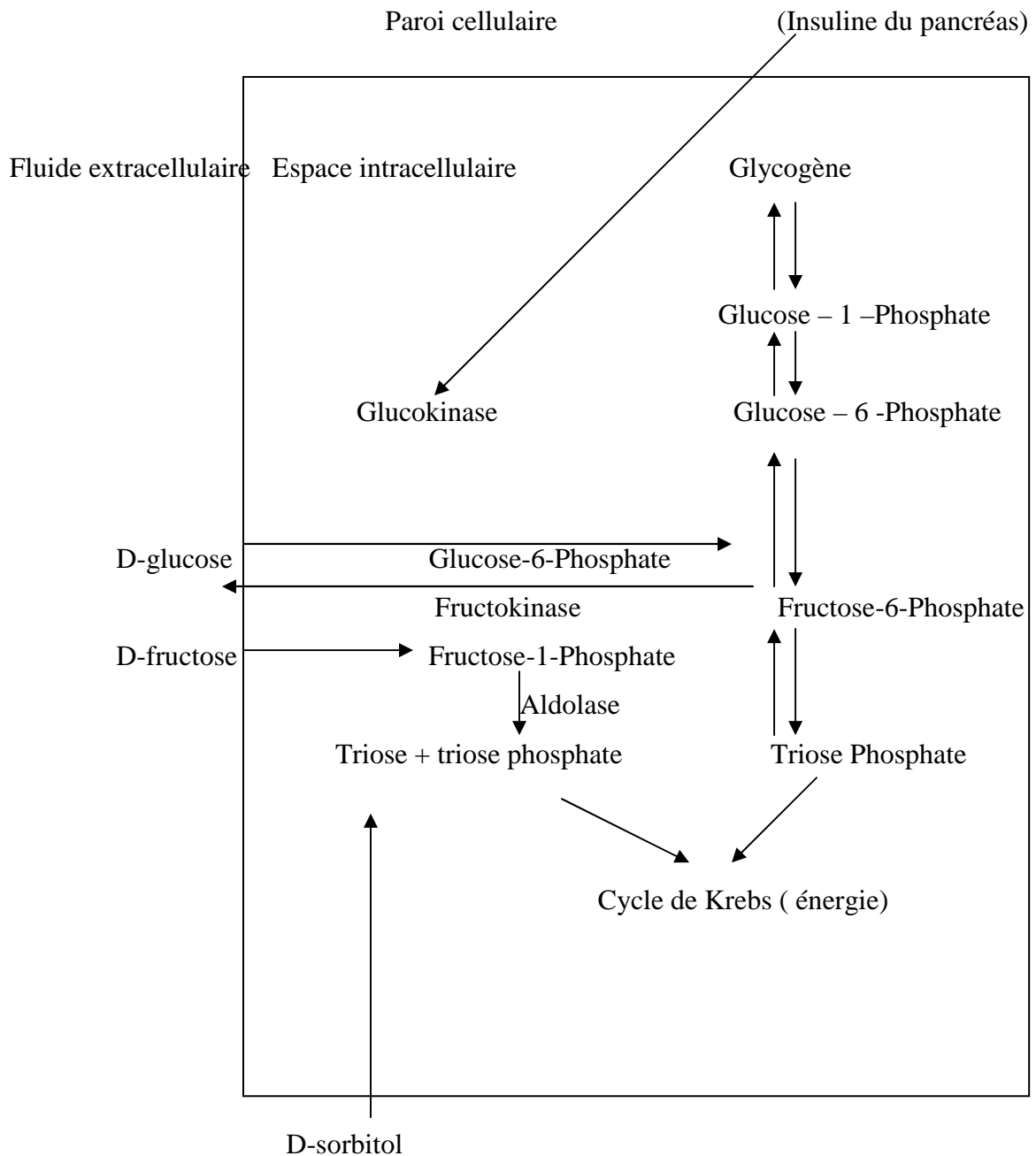
Le fructose est absorbé au niveau de l'intestin grêle par transport actif mais indépendamment du sodium, contrairement aux autres monosaccharides. Ensuite, il va dans la circulation sanguine, en tant que fructose (et non pas comme glucose) n'influençant pas ainsi la glycémie. Le fructose doit attendre d'être envoyé au foie pour être métabolisé, alors que la majorité des autres sucres sont déjà décomposés lorsqu'ils traversent la paroi intestinale pour entrer dans la circulation sanguine. Cela a pour conséquence que le fructose possède un indice glycémique plus bas que le glucose, qui lui, fait monter la glycémie instantanément (tableau XI) (MULTON, 1992).

**Tableau XI : Indices glycémiques de certains sucres (MULTON, 1992)**

Sucres	Fructose	Saccharose	Pain blanc	Miel	Glucose
Indice glycémique	30	86	100	126	138

### **1.2.8.4. Métabolisme du fructose**

Du point de vue physiologique, le fructose possède un autre avantage, notamment pour les diabétiques : il n'a pas besoin d'insuline pour être métabolisé dans les cellules car la fructokinase n'est pas influencée par l'insuline (figure 3). Il peut ainsi être conseillé dans des



**Figure 3 : Métabolisme intracellulaire du D-glucose, du fructose et du sorbitol (MULTON, 1992)**



régimes pour les diabétiques, sans toutefois dépasser des doses de 30 à 40 g répartis dans la journée (GUERIN *et al*, 1982).

On a cru pendant longtemps que le fructose intégrait la voie d'EMBDEN MEYERHOF au niveau du F<sub>6</sub>P. Il a été démontré que l'hexokinase responsable de la phosphorylation possédait une affinité très faible pour le fructose par rapport au glucose. Dans le foie existe une autre enzyme : la fructokinase qui transfère le phosphate de l'ATP sur le fructose pour former le fructose-1-phosphate. L'affinité de cette enzyme pour le substrat (fructose) est très grande. Le F<sub>1</sub>P par l'intermédiaire d'une aldolase va se scinder en une molécule de D-glycéraldéhyde (GAP) et de phospho-dihydroxy-acétone (DHAP). Ces molécules rejoignent classiquement la voie de dégradation du glucose (fig.3) (MULTON, 1992).

### 1.2.8.5. Indice glycémique

L'indice glycémique représente la rapidité avec laquelle le glucose apparaît au niveau sanguin dans les heures suivant la consommation d'un aliment donné. Cet indice est particulièrement utile pour les diabétiques puisqu'il leur permet de gérer leur glycémie et parfois leur médication. L'aliment de référence est le pain blanc avec un indice glycémique de 100. Plus l'indice sera élevé, plus l'apparition de glucose dans le sang sera rapide.

Comparativement avec celui du glucose ou du saccharose, l'indice glycémique du fructose est le plus faible (tableau XI) (MULTON, 1992).

Le sirop de dattes est pauvre en saccharose. Celui-ci provoque certains problèmes de santé dont l'hyperglycémie, l'obésité, les infections dentaires...etc. Dans ce contexte un séminaire international réalisé à Halsanki en 1978 a fait ressortir la nécessité de remplacement du saccharose dans des préparations alimentaires par d'autres sucres (fructose, le sucre liquide). Ceci a encouragé les chercheurs à focaliser leurs travaux sur le sirop de dattes caractérisé, par sa richesse en éléments minéraux, en vitamines, et par une faible valeur énergétique (ABDELFATTAH, 1990).

Actuellement, il existe des préparations commerciales des sirops de glucose enrichis en fructose par isomérisation enzymatique du glucose. Il s'agit des produits issus de l'industrie de l'amidon. Ces sirops contiennent entre 40 et 50% du fructose et ressemblent beaucoup aux sucres invertis, plus proche des sirop de dattes, par leur composition en sucre.

### **1.3. Sirop à haute teneur en fructose : High Fructose Corn Syrup ou (HFCS)**

#### **1.3.1. Généralités**

Le sirop de glucose isomérisé, appelé isoglucose en Europe et " High Fructose Corn Syrup " HFCS aux Etats-Unis, est un édulcorant qui a connu un très grand développement.

Des unités de production de sirop de fructose, utilisant comme matière première le maïs, le blé ou d'autres sources d'amidon, ont été construites au Japon, aux Etats-Unis, au Canada, en Australie et dans quelques pays européens (DURAND et MONSAN, 1988).

#### **1.3.2. Situation en Europe**

L'interdiction d'utiliser des édulcorants, tels que le cyclamate ou la saccharine, provoqua en 1974, un énorme déséquilibre entre la production et la consommation mondiales de sucre, ce qui entraîna une augmentation très importante du prix mondial du sucre. Cette situation stimula le lancement de sirops de fructose depuis cette époque, bien que le prix du sucre soit revenu après une courte période, à un prix normal. Il est d'ailleurs surprenant de constater que ce nouvel édulcorant fut accepté si rapidement par l'industrie (DURAND et MONSAN, 1988).

Les sirops de fructose peuvent très bien concurrencer le prix du saccharose et du sucre inverti, à condition que les coûts de production soient, relativement bas et les ressources de maïs soient abondantes et à bon prix, et/ou les techniques de production soient efficaces et les sous-produits bien valorisés (DURAND et MONSAN, 1988).

#### **1.3.3. Composition physico-chimique et biochimique des isomères ou HFCS**

Les HFCS présentent une teneur en eau variant de 23 à 29% et une teneur élevée en sucres réducteurs (glucose, fructose) représentant plus de 95%. Cette dernière est variable selon les générations de HFCS (tableau XII). En outre, les HFCS contiennent une faible quantité d'oligosides variant de 1 à 5%. Le taux de matière sèche y est très élevé. Il est compris entre 71 à 77%. Le pH des HFCS oscille entre 3,5 à 4,0. La teneur en éléments minéraux y est très faible. Celle-ci est due à la matière première utilisée (source d'amidon) qui est pauvre en ces derniers (DURAND et MONSAN, 1988).

**Tableau XII : Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des HFCS**

Génération / Composition	DURAND MONSAN(1988)			et ANONYME 2(1999)		
	1 <sup>ère</sup> 42	2 <sup>ème</sup> 55	3 <sup>ème</sup> 90	1 <sup>ère</sup> 42	2 <sup>ème</sup> 55	3 <sup>ème</sup> 90
Teneur en eau (%)	29	23	20	29	23 – 23.5	23
Glucose( %)	52	42	9	53	41	9
Fructose (%)	42	55	90	42	55 - 58	90
Glucose + fructose (%)	> 94	> 94	> 94	> 95	> 95	> 95
Oligosaccharides (%)	-	-	-	5	4 - 5	1
Matière sèche (%)	71	77	80	71	77 – 77.5	77
pH	-	-	-	4	4 - 4.5	3.5
Cendres (ppm)	-	-	-	30	30	30
Cl (ppm)				50	50	50
Cu (ppm)				1,5	1,5	1,5

1<sup>ère</sup> 42 : HFCS de première génération . 2<sup>ème</sup> 55 : HFCS de deuxième génération

3<sup>ème</sup> 90 : HFCS de troisième génération

#### 1.3.4. Propriétés des HFCS

Les propriétés des sirops à haute teneur en fructose sont résumées dans le tableau XIII

##### 1.3.4.1 Densité

La densité des HFCS varie entre 1,34 à 1,4. Elle plus proche de celle du miel d'abeille (1,43). La densité varie avec la teneur en eau du produit (DURAND et MONSAN, 1988).

##### 1.3.4.2. Viscosité

Le sirop à haute teneur en fructose a une viscosité comprise entre 160 à 800 centipoises. Il existe une relation linéaire entre le logarithme de la viscosité et le logarithme de l'humidité (DURAND et MONSAN, 1988).

**Tableau XIII : Propriétés des HFCS (ANONYME 2, 1999)**

Génération Propriétés	1 <sup>ère</sup> 42	2 <sup>ème</sup> 55	3 <sup>ème</sup> 90
Densité (g/ml)	1,34	1,38	1,40
Viscosité (centpoises)	160	800	-
Coloration après élaboration max RBU	25	25	25
Coloration après 30 jours à 30 °C max RBU	50	50	50
Température de Conservation °C	>30	>30	>30
Pouvoir sucrant %	92	99	106
Test microbiologique	-	-	-
Odeur	-	-	-

#### 1.3.4.3. Coloration

Le HFCS est caractérisé par une couleur claire, juste après son élaboration. Cette coloration est stable pendant 30 jour à 30°C.

#### 1.3.4.4. Concentration

Le HFCS a un degré Brix très élevé. L'unité de mesure des sucres, y compris le HFCS, est le degré Brix (° Bx). Le degré mesure la quantité de sucre dissous dans l'eau ou dans un liquide. Une solution à 75 °Bx contient 75 grammes de HFCS par 100 grammes de liquide (75 % p/p). Autrement dit, il y a 75 grammes de sucre et 25 grammes d'eau dans 100 grammes de solution (GUERIN et *al*, 1982). La température 30 °C est la température optimale pour la conservation des HFCS.

#### 1.3.4.5. Pouvoir sucrant

Le pouvoir sucrant de différentes générations de HFCS est très élevé. En revanche, les sirops à 42 % de fructose ont le même pouvoir sucrant que le saccharose. D'après, le tableau X,

on peut constater que le pouvoir sucrant du glucose est significativement plus faible que celui du saccharose, alors que le fructose est deux fois plus sucrant que le glucose. Ceci montre l'intérêt de l'isomérisation et de la transformation d'une partie du glucose en fructose afin d'obtenir un mélange glucose/fructose ayant un pouvoir sucrant voisin de celui de saccharose.

### **1.3.5. Préparation des sirops à haute teneur en fructose (HFCS)**

Le procédé de fabrication du sirop de maïs à teneur élevée en fructose a été mis au point en 1957 par MARSHALL.. L'isoglucose est fabriqué par transformation enzymatique de l'amidon, généralement de l'amidon de maïs. Au cours de cette transformation, trois procédés enzymatiques sont utilisés (fig.4).

#### **1.3.5.1. Liquéfaction**

La première réaction est la liquéfaction d'une suspension d'amidon à l'aide de l'alpha amylase bactérienne qui a une grande stabilité à la chaleur (RIVIER, 1975). Le sirop à bas «dextrose équivalent» (10 – 15 DE) ainsi obtenu, est filtré, puis centrifugé de façon à le purifier des protéines.

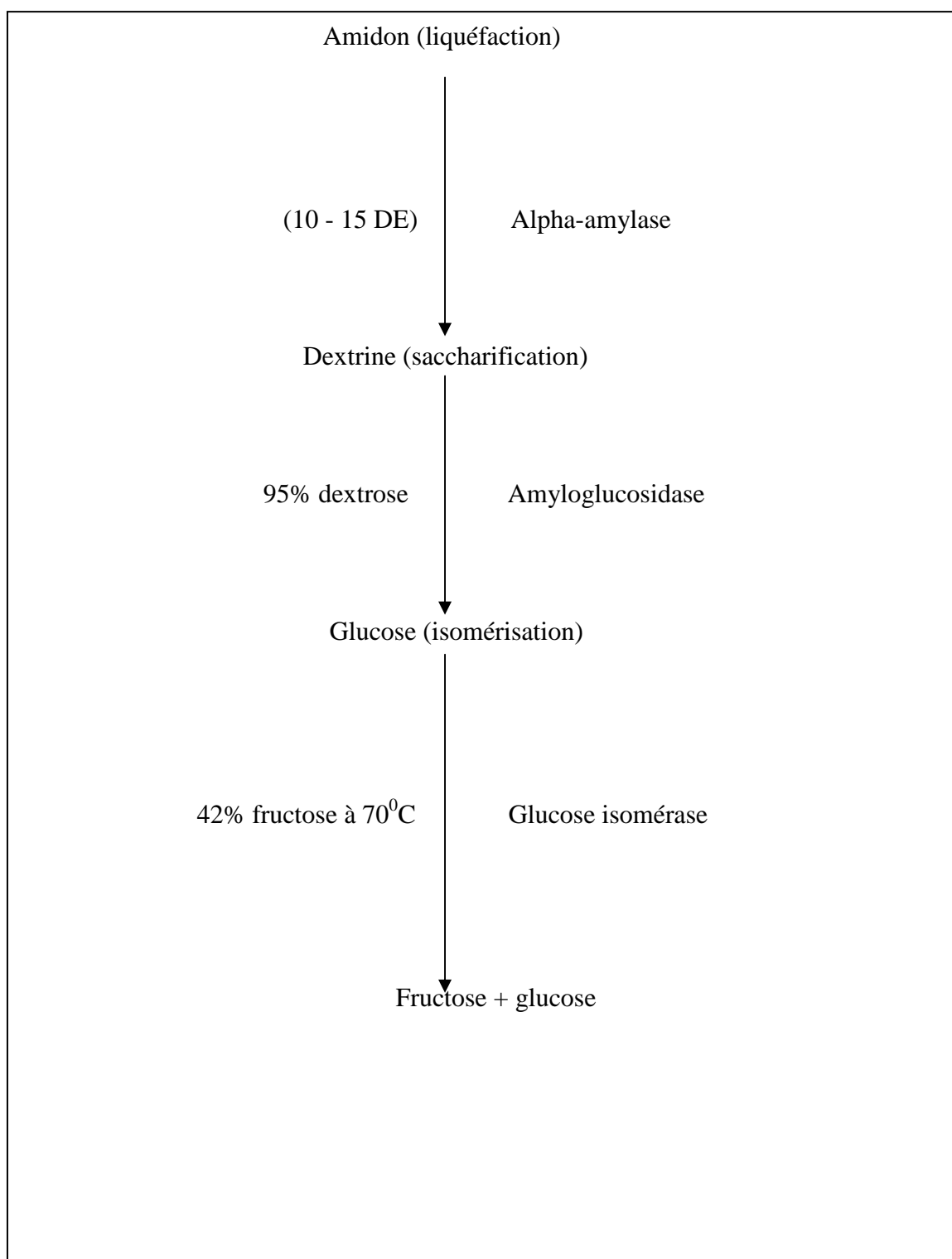
#### **1.3.5.2. Saccharification**

La saccharification est effectuée par une amylo-glucosidase. Il en résulte notamment un sirop de glucose contenant environ 95% de dextrose. Ce dernier subit plusieurs traitements de purification avant d'être isomérisé.

#### **1.3.5.3. Isomérisation**

Le sirop obtenu subit un traitement enzymatique par intermédiaire de la glucose isomérase (EC : 5.3.1.5). Cette opération s'effectue à 70<sup>0</sup>C et à pH 6,5. Quand l'isomérisation est terminée, le sirop obtenu est séparé du matériel enzymatique puis raffiné et concentré. Le sirop final est un liquide légèrement visqueux et incolore, qui ressemble beaucoup au sirop de sucre inverti, il contient 42% de fructose, 52% de glucose et 6% d'oligosaccharides (DURAND et MONSAN, 1988).

Ces trois étapes se font en continu. L'isomérisation est faite en réacteur d'enzyme (Glucose - isomérase) fixé.



**Figure 4 : Procédé enzymatique pour la production des HFCS à 42 % de fructose (DURAND et MONSAN, 1988)**

DE : dextrose équivalent

La glucose isomérase, appelé également xylose- isomérase, représente l'enzyme la plus utilisée. Il s'agit, en effet, d'une des rares enzymes non hydrolytiques qui ont donné lieu à une utilisation à très grande échelle (DURAND et MONSAN, 1988).

### **\* Origine**

Les principaux micro-organismes utilisés pour la production industrielle de la glucose isomérase appartiennent aux genres suivants : Streptomyces, Actinoplanes, Nocardia, Arthrobacter, Pseudomonas et Bacillus.

Elle a été découverte aux Etats-Unis dans les années 1950, par MARSHALL et KORI, mais les conditions d'utilisation et de production de l'enzyme n'ont pas permis à cette époque sa commercialisation. Durant les années 1960, la glucose -isomérase a conquis un marché très important dans les pays importateurs de sucre.

### **\*. Propriétés**

La glucose- isomérase présente les propriétés suivantes :

- enzyme induite par le glucose ou le xylose,
- présente une thermostabilité qui lui permet de fonctionner entre 60 °C et 70 °C
- nécessite l'ion cobalteux comme cofacteur (DURAND et MONSAN, 1988).

### **\* Immobilisation**

Cette enzyme représente depuis de nombreuses années le cas le plus étudié d'immobilisation enzymatique. Selon le cas, elle est immobilisée dans des réacteurs d'isomérisations. Ceci peut être réalisé en introduisant les granules de Glucose isomérase (Sweetzyme ) dans une colonne à plusieurs lit de réfrigération (fig.5) (GUERIN et al, 1982 ).

L'immobilisation de l'enzyme a l'avantage de fournir de meilleurs rendements, ce qui permet une utilisation de l'enzyme durant plusieurs mois.

Selon GUERIN et al (1982 ), cette méthode est économique par rapport au procédé discontinu. Parmi les avantages de cette dernière nous citons :

- consommation en enzyme plus faible ;
- équipement moins coûteux. ;
- besoin en main d'oeuvre plus faible ;

- meilleur contrôle du procédé ; -
- qualité supérieure en produit et coût du raffinage plus bas.

### **1.3.6. Générations de sirops à haute teneur en fructose (HFCS)**

Le sirop de maïs à haute teneur en fructose (HFCS) désigne une série de sirops de maïs qui ont été soumis à des processus enzymatiques en vue d'augmenter leur teneur en fructose. Les générations courantes aux Etats-Unis sont les suivantes :

#### **1.3.6.1. HFCS de première génération**

Les HFCS de première génération sont des sirops à 42% de fructose. Ils ont le même pouvoir sucrant que le saccharose (tableau X) (DURAND et MONSAN, 1988). Ils sont fabriqués par transformation enzymatique de l'amidon de maïs par intervention des trois procédés cités ci- dessus. Les sirops obtenus à 95% de glucose subissent plusieurs traitements de purification avant d'être isomérisés. Les sirops obtenus à la fin contiennent 42% de fructose, 52% de glucose et 5 % d'oligosaccharides.

#### **1.3.6.2. HFCS de deuxième génération**

Les sirops ayant des teneurs en fructose supérieures à 42% peuvent être obtenus par le même procédé technologique que ceux de 1<sup>ère</sup> génération. Cependant, comme l'équilibre de cette réaction d'isomérisation est voisin de 50% de fructose produit, il est impossible d'obtenir en une seule étape des mélanges à haute teneur en fructose. Il est donc nécessaire de séparer le glucose du fructose. Le résultat de cette séparation permet d'obtenir un sirop riche en fructose et d'autre part, un sirop de glucose contenant encore quelques pourcentages de fructose et d'oligosaccharides. Ce dernier est alors recyclé dans un réacteur d'isomérisation qui produit un sirop à 55% de fructose.

#### **1.3.6.3. HFCS de troisième génération**

Il a été développé un procédé commercial de conversion enzymatique continue du glucose en fructose par utilisation du glucose isomérase fixée sur un support, dans un réacteur à plusieurs lits (fig.5) (DURAND et MONSAN, 1988).

Ce procédé consiste à mélanger des HFCS de 42% à 43% de fructose dans un réacteur



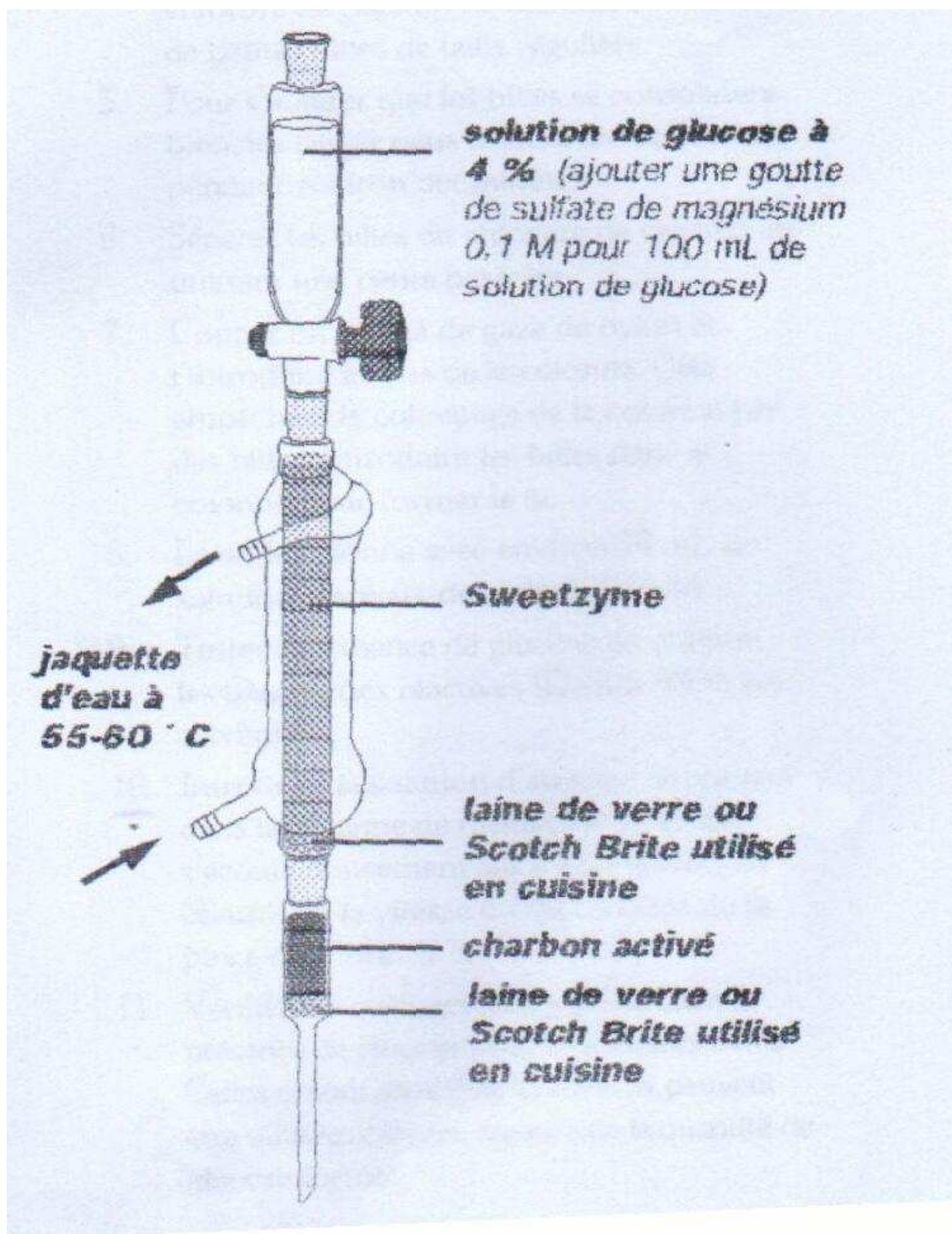


Figure 5 : Réacteur d'enzyme d'isomérisation à lit fixé (ANONYME 2, 1999)

d'enzyme fixé, en ensuite les soumettre à une phase de chromatographique liquide au cours de laquelle le fructose est concentré jusqu'à environ 90%. Cette méthode est économique, par rapport au procédé discontinu.

### **1.3.7. Utilisation des HFCS comme substitut du saccharose**

Dans les années 1957, depuis son introduction, le HFCS avait commencé à remplacer le sucre dans divers processus de fabrication agro-alimentaires aux Etats-Unis (MARSHALL 1957). Les principales raisons de ce changement sont les suivantes :

- Le HFCS est un peu moins cher du fait de l'abondance relative du maïs, des subventions au secteur agricole.
- Le HFCS est plus facile à mélanger grâce à sa forme liquide.
- l'emploi du HFCS dans des préparations solides conduit à des produits ayant une plus longue durée de vie.

### **1.3.8. Secteurs d'utilisation des HFCS selon la génération**

Les sirops à 42% de fructose sont utilisés dans presque tous les aliments sucrés tels que les boissons non alcoolisées, la pâtisserie, les conserves de fruits, les confitures et également dans certains produits laitiers (DURAND et MONSAN, 1988).

Les sirops à 55% de fructose ont trouvé une très large audience auprès des producteurs de boissons gazeuses et d'autres produits alimentaires, qui souhaitent utiliser des sirops à haute teneur en fructose et faible teneur en glucose.

Plus rarement, les HFCS à 90% ont trouvé de nouveaux débouchés dans les aliments à basses calories (DURAND et MONSAN, 1988).

### **1.3.9. Utilisation des édulcorants liquides en industrie alimentaire**

Selon MUNIER (1973), les sirops de dattes peuvent être utilisés comme édulcorants liquides. Ces derniers comportent plusieurs avantages par rapport au sucre cristallisé (GUERIN et al 1982).

**A** – Les édulcorants liquides conduisent à une meilleure rationalisation du processus de fabrication ;

- gain de place de stockage ;

- moindre coût de manutention à l'intérieur de l'usine ;

**B** - Les édulcorants liquides permettent d'obtenir une meilleure qualité des produits et une standardisation de cette qualité ;

- sécurité de point de vue qualité bactériologique ;

- possibilités d'optimiser la qualité par mélange de divers sucres ;

- amélioration du contrôle de la fabrication.

---

## **II. Matériels et méthodes**

---

### 2.1. Matériel végétal

#### 2.1.1. Choix des variétés

Dans la présente étude, les variétés de dattes sont choisies sur la base de leur consistance sèche, demi-molle et molle. Ces variétés sont très répandues dans les palmeraies de régions, de Ouargla, de Biskra et de Touggourt (tableau XIV). Il s'agit :

- des dattes de la variété Deglet Nour qui sont consommées en l'état et utilisées dans la confection des dattes fourrées. Cette variété est tardive.
- des dattes de la variété Ghars, venant en deuxième position après Deglet Nour. L'une des utilisations importantes de ces dattes est leur consommation sous forme d'une pâte, additionnée des ingrédients telle que la semoule grillée, donnant un gâteau connu sous le nom de Takedout qui peut se conserver longtemps sans risque d'altération. Cette variété est précoce.
- des dattes sèches de la variété Degla Beida (précoce) et Mech Degla (tardive), d'une importance économique secondaire (dattes communes) devant les variétés Deglet Nour et Ghars. Ces variétés sont consommées en l'état ou orientées vers la fabrication de la farine. Elles sont souvent destinées à l'exportation vers les pays du sud.

#### 2.1.2. Prélèvement des échantillons

Les dattes sont toutes prélevées au stade de maturation complète (stade tmar).

Trois palmiers de la variété Ghars et Deglet Nour sont utilisés pour cette opération. Ils appartiennent à des palmeraies différentes. Trois kilogrammes de dattes sont prélevés par palmier à partir de différents régimes.

Les dattes de la variété Degla Beida et Mech Degla ont été achetées au niveau des marchés de Biskra et de Touggourt. Les dattes d'une même variété sont mélangées, acheminées au laboratoire et placées à 4 °C. La période de prélèvement est variable comme indiquée dans le tableau XIV.

#### 2.1.3. Constitution des lots expérimentaux

Les quantités de dattes prélevées (stade tmar de chacune des quatre variétés) sont séparées en deux parties :

- une partie est destinée aux analyses physico-chimiques et biochimiques ;

Tableau XIV : Caractéristiques des échantillons de dattes

Variétés	quantités	Provenance	date	observations
DN Demi-molle	05 Kg	Ouargla Palmeraies : - Said otba - Ksar - Al ghaara	octobre	Les échantillons sont prélevés à partir de trois palmiers (différents régimes) par palmeraie.
G (molle)	05Kg	Ouargla Palmeraies : - Said otba - Ksar - Al ghaara	octobre	Les échantillons sont prélevés à partir de trois palmiers (différents régimes) par palmeraie
Déгла Beida (sèche)	05Kg	Biskra	septembre	Acheté au marché
	05Kg	Touggourt	octobre	Acheté au marché
MD (sèche)	05Kg	Biskra	septembre	Acheté au marché

- une deuxième partie servira à l'élaboration des sirops qui subiront également les mêmes analyses que celles effectuées sur les dattes.

Les lots expérimentaux diffèrent par la température d'extraction (50°C ou 80°C ou 90°C). En définitif nous procédons à réaliser 12 lots de sirop (tableau XV).

## 2.2. Méthodes analyses

La procédure expérimentale adoptée dans le présent travail est résumée dans la figure 6.

### 2.2.1. Préparation des échantillons

Avant de procéder à l'extraction, nous avons effectué un triage, un lavage et un ressuyage des dattes.

**Tableau XV : Constitution des lots expérimentaux de sirops de dattes en fonction de température d'extraction et la variété de dattes**

	Traitement N°Lots expérimentaux	Température d'extraction (TE)	Condensation
G	1	50 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	2	80 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	3	90 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
DB	4	50 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	5	80 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	6	90 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
DN	7	50 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	8	80 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	9	90 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
MD	10	50 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	11	80 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C
	12	90 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C

#### 2.2.1.1. Triage

Pour avoir un produit de bonne qualité, il faut partir d'une matière première de bonne qualité. Le but de cette opération est celui d'éliminer toutes les dattes qui sont immatures, les dattes écrasées, les dattes attaquées par les oiseaux et les insectes. Le triage des dattes est effectué entièrement à la main.

#### 2.2.1.2. Lavage

Les dattes arrivant de la palmeraie sont souvent souillées par des particules de terre, des grains de sable, des poussières, des débris végétaux, des produits de traitement et des parasites. Le lavage permet d'éliminer ces particules et éventuellement des restes de pesticides (MUNIER, 1973).

Il se fait à l'eau de robinet. Cette opération consiste à faire séjourner, dans de l'eau avec

une simple agitation durant quelques secondes à une minute au plus, les dattes. Le lavage des dattes est indispensable pour avoir un produit de bonne qualité hygiénique.

### **2.2.1.3. Ressuyage**

Le ressuyage a été réalisé par égouttage des dattes (passoire) suivi de leur exposition à l'air libre pendant une journée à la température ambiante.

### **2.2.2. Procédé d'extraction du jus de dattes**

La méthode d'extraction adoptée, est inspirée de celle de l'extraction des sucres à partir de la betterave et dont le principe est basé sur le passage en solution à travers une membrane cellulosique perméable (selon les lois de diffusion transport passif) des matières solubles du jus de la betterave (ALBERTS *et al*, 2002).

En ce qui concerne la présente étude, les sucres sont extraits par diffusion en utilisant de l'eau chaude comme solvant. Cette température à l'avantage de limiter le transfert des impuretés dans le jus des dattes. Le phénomène de diffusion est basé sur le mouvement des molécules d'une région à concentration élevée (sucre emmagasiné dans le tissu cellulaire) vers une autre à faible concentration (eau chaude). Ces mouvements sont dits "passif" car ils ne nécessitent pas d'autres forces motrices (ALBERTS *et al*, 2002).

Pour se faire l'échantillon de dattes est d'abord additionné du double de son poids en volume d'eau distillée (AL-HOOTI *et al*, 2002). Ainsi, on procède au trempage de 400g de dattes dans 800 ml d'eau distillée.

#### **2.2.2.1. Choix des conditions d'extraction**

Parmi les conditions d'extraction, nous avons pris en ligne de compte, la température et la durée .

##### **2.2.2.1.1. Température de diffusion**

Les températures d'extraction choisies sont égales à 50 °C, 80 °C et 90 °C. Ce choix est basé sur les éléments suivants :

- 90°C a été préconisée comme une température d'extraction des sucres des dattes, par EL-OGAIDI (2000) ;



- 80<sup>0</sup>C est celle utilisée pour l'extraction des sucres de la betterave (PERRIN et SCHARFF, 1999) ;

- 50<sup>0</sup>C est une valeur arbitraire.

### **2.2.2.1.2. Durée d'extraction**

Le temps d'extraction a été fixé à 24 heures suite à une étude préliminaire, relative à des cinétiques d'extraction qui ont montré que cette durée permet d'obtenir l'extraction la plus poussée possible.

### **2.2.2.2. Tamisage**

Après extraction on procède à un tamisage, celui-ci se fait à l'aide d'une gaze. Cette opération a pour but de séparer le jus, des dattes (Annexe 2).

### **2.2.2.3. Condensation**

Il est très important de prémunir le jus obtenu, de toute altération (réactions de Maillard, brunissement enzymatique, fermentation...etc.). Habituellement, par l'évaporation, on élimine environ 50 à 65% d'humidité contenue dans le jus. Dans ce cas, on n'observe pas de grandes variations dans la composition du jus puisque l'eau liée n'est pas éliminée.

La concentration du jus, s'effectue par évaporation de l'eau libre, dans une étuve réglée à 60<sup>0</sup>C. Cette température est choisie pour éviter la déstabilisation des sucres (caramélisation, la formation des dérivés furfuraliques...).

La durée des produits dans l'étuve dans le but de les condenser (concentration) est optimisée suite à une étude préalable portant sur la cinétique de concentration en fonction de la température d'extraction (Annexe 3).

L'évaporation a pour but d'obtenir un sirop saturé avec un degré Brix compris entre 72 - 75<sup>0</sup>Bx, proche de celui des sirops à haute teneur en fructose (HFCS) provenant de l'industrie de l'amidon.

Nous avons terminé cette partie du travail par l'estimation des rendements en sirop.

Etant donné qu'un jus de fruit n'a droit à l'appellation de «jus de fruit pur» que s'il n'est additionné d'aucun des produits autorisés tels que anhydride sulfure (SO<sub>2</sub>), sel, sucre, acide

ascorbique...etc. (CLEMENT, 1978) et qu'un sirop est un liquide incolore constitué par une solution de sucre (saccharose) et de l'eau, auquel on peut rajouter divers additifs (colorant) (CLEMENT, 1978), le produit faisant l'objet de la présente étude semble correspondre plus aux sirops. Par ailleurs, comme nous nous sommes fixé pour l'objectif de le comparer aux sirop à haute teneur en fructose issu de l'amidonnerie (HFCS), nous le dénommerons dans la suite de ce travail : «**sirop de dattes**».

### 2.3. Mesures et contrôles

Certaines mesures et certains contrôles sont effectués sur les dattes et leur sirops. D'autres concernent uniquement l'un ou l'autre des produits (fig.6).

\* Les dattes subissent :

- **une caractérisation** : qui permet de décrire leur caractères morphologiques ;
- **des analyses physico-chimiques** ;
- **des analyses biochimiques** : dosage qualitatif et quantitatif

\* Les sirops de dattes subissent en plus des dosages physico-chimiques et biochimiques cités pour les dattes, une détermination de la densité, un dosage des taux de solides solubles (<sup>0</sup>Brix) et un dosage du taux de pectines.

- le rapport Glu/Fru est calculé pour caractériser la cristallisation des sirops ;
- **une analyse sensorielle** est réalisée sur les lots de sirops expérimentaux, par un groupe de panélistes expérimentés.
- **enfin, un essai d'élimination de la fraction glucosidique** par un procédé physique est effectué, afin d'essayer de rapprocher la composition glucidique des sirops de dattes de celle des HFCS de l'amidonnerie.

#### 2.3.1. Caractères morphologiques des dattes

Les caractères morphologiques étudiés pour les quatre variétés de dattes comportent la détermination :

- de la couleur de la datte au stade tmar ;
- de sa forme, son poids, sa taille, et son diamètre ;
- le rapport noyau/datte et le rapport pulpe/datte ;
- de la consistance, de la plasticité, de la texture, et le goût ;
- le poids de la graine.



### 2.3.2. Analyses physico-chimiques

Extraction du jus de dattes (en tant que matière première) se fait comme suit :

Les fruits du dattier sont lavés et débarrassés de leur graine. Ils sont ensuite broyés très finement à l'aide d'un mixeur. Le broyat, auquel on ajoute le double de son poids d'eau distillée, est porté au bain-marie à 85<sup>0</sup>C pendant 45 minutes, sous agitation. Le jus extrait est tamisé à travers une gaze (photos 1, 2, 3, 4) (BOUGUEDOURA,1979).

Le jus tamisé récupéré subit des analyses physico-chimiques et biochimiques.

#### 2.3.2.1. pH

Le pH des dattes et de leur sirop est déterminé à l'aide d'un pH mètre (marque HANNA) Une électrode de verre dont le potentiel dépend de la concentration en H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> de la solution, est plongée dans la solution. Une fois le pH-mètre étalonné, on relève la valeur de pH. Le résultat représente la moyenne de trois répétitions (RODIER, 1992).

#### 2.3.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique des dattes et celle des sirops exprime la teneur du produit en matières minérales. Elle est exprimée en µS/cm. Elle est variée en fonction de la température. Après rinçage de l'électrode à l'eau distillée, on prend la valeur de la température de la solution à analyser, puis on mesure la conductivité avec un conductimètre à partir de l'équation suivante :

$$C.E (\mu S/cm) = C.E m \times F$$

C.E : conductivité électrique

C.E m : conductivité électrique mesurée

F : facteur de correction en fonction de la température

#### 2.3.2.3. Densité

La densité permet d'estimer le taux de matières solides et la viscosité des solutions. Celle-ci est d'une importance considérable dans la mesure où elle renseigne sur l'aptitude des micro-organismes à s'y développer.



Photo 1 : Extrait de dattes MD, DB



Photo 2 : Extrait de dattes DN, G



Photo 3 : Extrait de dattes DN, MD  
DB, G



Photo 4 : Extrait de dattes MD, D B  
G, DN

La densité est déterminée à l'aide de pycnomètres. Cette technique consiste en la détermination du rapport du poids d'un volume déterminé de liquide (sirop) sur le poids d'un même volume d'eau à 4 °C (RODIER, 1992).

Les pesées sont réalisées à l'aide d'une balance de précision (Marque KERN).

$$\text{Densité} = \frac{\text{Poids d'un volume de sirop}}{\text{Poids du même volume d'H}_2\text{O distillée à 4}^{\circ}\text{C}}$$

#### **2.3.2.4. Taux de solides solubles**

Le taux de solides solubles (T.S.S%) exprimé également en degré Brix, est déterminé à l'aide du réfractomètre d'Abbé, thermostaté. L'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air est égal à 1,33 à la température de 20°C. Si l'on dissout une substance dans l'eau, l'indice de réfraction augmente. Il varie dans le même sens que la concentration de la substance dissoute (AUDIGIE et al, 1984).

Cette méthode est rapide et donne de bons résultats pour les solutions de concentration élevée.

Dans les liquides, l'indice de réfraction varie avec la température d'un système de thermostatisation de précision (LINDEN, 1981).

#### **2.3.2.5. Teneur en eau**

La teneur en eau des dattes et de leur sirop est déterminée par dessiccation d'une prise d'essai d'un du produit, dans une étuve à 105 °C, jusqu'à obtention d'un poids constant, (AUDIGIE et al, 1984). La teneur en eau d'un sirop peut renseigner sur le degré potentiel de prolifération des micro-organismes. Elle est calculée d'après la formule suivante :

$$\text{Teneur en eau \%} = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

M1 : poids de la capsule vide.

M2 : poids de la prise d'essai plus la capsule avant dessiccation en g.

M3 : poids de la prise d'essai plus capsule après dessiccation en g.

### 2.3.2.6. Matière sèche

La matière sèche est le résidu sec des produits alimentaires après l'évaporation de leur humidité dans une étuve à 105 °C, jusqu'à poids constant (BARKATOV et ELISSEV, 1979). La valeur de la matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$\text{Matière sèche \%} = \frac{G2 - G}{G1 - G} \times 100$$

G : poids de la capsule vide en g

G1 : poids de la capsule avec la prise d'essai avant l'étuve en g

G2 : poids de la capsule avec la prise d'essai après l'étuve en g

### 2.3.2.7. Teneur en cendres

Les cendres totales permettent de juger la richesse en éléments minéraux et la composition minérale du produit. Les cendres sont déterminées par incinération du produit dans un four à moufle électrique à 600°C pendant 3 heures (BARKATOV et ELISSEV, 1979). La teneur en cendres est calculée par la formule suivante :

$$\text{Taux de cendres \%} = \frac{G1 - G}{g} \times 100$$

G1 : poids de la capsule avec les cendres

G : poids de la capsule vide

g : prise d'essai en gramme

### 2.3.2.8. Eléments minéraux

Le calcium, le magnésium, le fer, le zinc et potassium sont déterminées par spectrophotométrie à absorption atomique. L'émission est due à la dés-excitation d'atomes qui ont reçu auparavant des l'énergie sous des formes très diverses. L'intensité de la radiation

émise est proportionnelle à la concentration de l'élément à doser (AUDIGIE et *al*, 1995).

Le sodium est déterminé à l'aide du photomètre à flamme qui permet le dosage des cations alcalins ( $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ). La présence d'un filtre ( $\text{Na}^+$ ) permet de sélectionner une radiation caractéristique ce dernier (AUDIGIE et *al*, 1980) (Annexe 4).

Le chlore est dosé par la méthode de Mohr. Ce dosage correspond au dosage direct des halogénures (TOUIMER et KAILALI, 1985) (Annexe 5).

### 2.3.3. Analyses chimiques et biochimiques

#### 2.3.3.1. Dosage des sucres

La datte et les produits issus de la datte sont caractérisés par leur teneur élevée en sucre. Les sucres majeurs sont le glucose, le fructose et le saccharose.

Dans la présente étude nous avons dosé qualitativement et quantitativement ces composés de haute valeur énergétique.

##### 2.3.3.1.1. Dosage qualitatif

Le dosage est effectué par chromatographie en couche mince en gel de silice. Le principe est basé sur la migration différentielle des divers sucres contenus dans l'échantillon analysé et obtenue par la partition des sucres entre des phases (fixe et mobile). Chaque molécule à séparer est soumise à une force de rétention (affinité des sucres pour la phase fixe) et une force de mobilité (entraînement des sucres par la phase mobile).

Le système de solvant utilisé pour l'identification des sucres majeurs composants les dattes et leurs sirops (saccharose, glucose et fructose) est composé de la solution A comportant 94 ml d'acide acétique dans 6ml d'eau distillée et du chloroforme à 85%, à raison de 44 ml de chloroforme pour 56 ml de solution A (RANDARATH, 1971).

La révélation est effectuée par le réactif de Nigram (Annexe 6).

L'identification des sucres est possible par la comparaison de rapport frontal ( $R_f$ ) entre la distance de migration de l'échantillon et celle d'une substance de référence pure (les  $R_f$  des sucres témoins) (RANDARATH, 1971)..

$$R_f = \frac{\text{Distance parcourue par la substance}}{\text{Distance parcourue par l'éluant}}$$

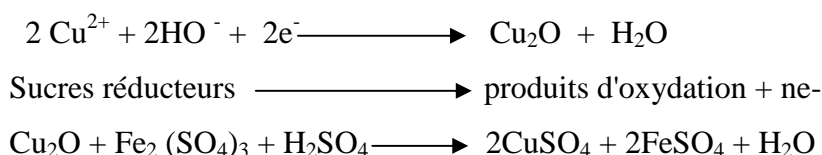


### **2.3.3.1.2. Dosage quantitatif**

Une fois que les composantes glucidiques des échantillons ont été identifiées, l'étape suivante consiste à déterminer la quantité de chacun de ces composants. Cette deuxième étape est une analyse quantitative.

#### **2.3.3.1.2.1. Dosage des sucres totaux**

Le dosage des sucres totaux est réalisé par la méthode de BERTRAND (AUDIGIE et *al*, 1984). En milieu alcalin et à chaud, les oses et osides réducteurs présentent des propriétés réductrices vis-à-vis de l'ion cuivrique ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Cette méthode est basée sur la réduction d'une liqueur cupro-alcaline. On fait agir un excès de liqueur cupro-alcaline sur les sucres dans des conditions bien fixées. On sépare l'oxyde cuivreux et on le traite par une liqueur sulfurique de sulfate ferrique. (AUDIGIE et *al*, 1984) (Annexe 7).



Le sel ferreux ( $\text{Fe}^{++}$ ) formé est dosé par une liqueur titrée de  $\text{KMnO}_4$  et ramené à l'état de fer ferrique ( $\text{Fe}^{+++}$ ).

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 8).

#### **2.3.3.1.2.2. Dosage des sucres réducteurs**

Les sucres réducteurs sont dosés par la méthode de BERTRAND.

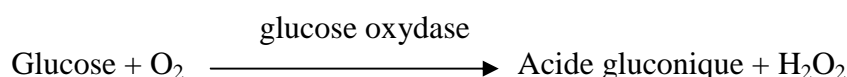
#### **2.3.3.1.2.3. Dosage de saccharose**

La teneur en saccharose est déterminée par la formule suivante :

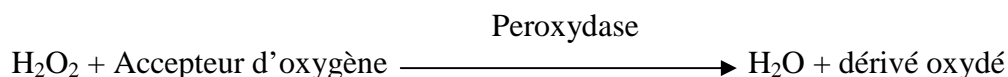
$$\text{Saccharose \%} = (\text{sucres totaux \%} - \text{sucres réducteurs \%}) \times 0,95$$

#### 2.3.3.1.2.4. Dosage du glucose

Le dosage du glucose se fait par une méthode enzymatique – colorimétrique. Le glucose est oxydé par l’oxygène dissous en acide gluconique. La réaction est catalysée par la glucose oxydase (G.O.D) (AUDIGIE et *al*, 1984).



Le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) formé est dosé par une réaction enzymatique indicatrice. L' H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxyde un accepteur d’oxygène (incolore sous sa forme réduite) en un dérivé oxydé (coloré). La réaction est catalysée par une peroxydase (réaction ci-dessous).



\*accepteur d’oxygène=(amino-4 phénozone/phenol) : incolore

\*dérivé oxydé = quinonieimine : rose

Dans les conditions du protocole expérimental, l’intensité de la coloration développée est proportionnelle à la quantité de glucose mis en jeu (Annexe 9).

La densité optique (DO) du mélange est lue après 10 minutes d'incubation à 505 nm. La coloration finale est stable au moins 1 heure. La quantité du glucose identifié à 37<sup>0</sup>C par la formule suivante :

$$\text{Glucose} = \frac{\text{DO dosage}}{\text{DO étalon}} \times N \quad N = 1 \text{ g/L} ,$$

#### 2.3.3.1.2.5 Dosage du fructose

Le dosage du fructose se fait par une méthode chimique (Réaction de Seliwanoff). Les céto-hexoses sont beaucoup moins résistants à l'action de l'acide chlorhydrique à chaud, que les aldohexoses. Ils donnent naissance à de l'hydroxy-méthyl-furfural qui entre en réaction

avec la résorcine (1-3 dihydroxy-benzène) pour former un complexe coloré, en rouge (FLORKIN et DUCHATEAU, 1968).

L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fructose mise en jeu. La DO est lue à 420 nm (Annexe 10).

### 2.3.3.2. Cristallisation

La cristallisation joue un rôle important dans la texture d'un grand nombre de produits sucrés, les sirops de dattes, en l'occurrence. C'est la raison pour laquelle, nous nous sommes intéressés à ce phénomène.

Dans de nombreux aliments à faible teneur en eau, les oses sont présents à l'état amorphe. En dessous d'une certaine teneur en eau, la forme amorphe est instable et cristallise en relâchant de l'eau (MULTON, 1991).

La cristallisation se produit d'autant plus rapidement que le rapport glucose/ eau est élevé. En général ce rapport varie entre 1,6 et 2 (PROST, 1977). Elle est déterminée par un simple calcul de ce rapport :

$$\text{Cristallisation} = \frac{\text{Glucose}}{\text{Eau}}$$

### 2.3.3.3. Dosage des protéines

Le dosage des protéines est effectué par la méthode de LOWRY (1951). Celle-ci est particulièrement adaptée aux protéines solubles. Cette méthode est basée sur le fait que le réactif de FOLIN CIOCALTEU (acide phosphomolybdique et phosphotungstique) mis en présence d'une protéine est réduit en un complexe bleu (de molybdène). Cette réaction est due aux groupements oxydés des acides aminés constitutifs, principalement des groupements phénoliques du tryptophane et de la tyrosine. LOWRY (1951) a fortement augmenté la sensibilité du dosage, en faisant précéder la réaction d'un pré-traitement par un réactif au cuivre en milieu basique. La lecture de la coloration est faite à 750 nm pour le maximum de sensibilité. Cette méthode très sensible (5 à 100 µg de protéines) (Annexe 11).

#### 2.3.3.4. Dosage des pectines

Ce dosage n'a concerné, que les sirops, car la présence des pectines dans une solution alimentaire (jus, sirop...etc.) confère à celui-ci un trouble souvent indésirable.

Les pectines sont des complexes à la base d'acide galacturonique estérifiable par l'alcool méthylique. Elles sont assez répandues dans le règne végétal. Leur teneur influe beaucoup sur les propriétés des aliments.

A un volume de sirop de dattes, on ajoute deux volumes d'alcool méthylique ( $P_1$ ). On agite énergiquement, puis on sépare le liquide du sédiment après un temps de décantation. on déplace le sédiment sur un filtre sans cendres. Ce dernier est taré puis séché dans l'étuve et pesé ( $P_2$ ) (BARKATOV et ELISSEV, 1979) (Annexe12).

Les pectines sont déterminées par la formule suivante :

$$\text{Pectines \%} = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

$P_1$  : poids de la prise d'essai

$P_2$  : poids du précipité

#### 2..4. Analyse sensorielle

Elle comprend l'examen visuel, olfactif et gustatif des sirops élaborés. Elle est très importante pour l'évaluation de la qualité organoleptique des produits. Les tests de dégustation permettent de recueillir instantanément une impression détaillée, regroupant l'influence de chacun des constituants du produit, en tenant compte des interactions entre ces nombreux constituants(MULTON, 1992).

Cette analyse doit obéir à des règles conventionnelles afin d'arriver à un jugement juste de la qualité des sirops de dattes. Les analyses sont effectuées sur les 12 lots de sirops de dattes élaborés.

#### **2.4.1. Choix et formation du jury de dégustation**

Les tests de dégustation nécessitent la présence d'un jury composé d'un nombre plus ou moins important de personnes ayant une bonne expérience (BENARD, 1982).

Pour la présente étude, nous avons opté pour un jury composé de 15 personnes assez bien entraînées (expérimentées). Ce jury aura pour tâche de décrire précisément la flaveur (odeur, goût), la couleur, l'arôme des sirops et d'y apporter une appréciation globale.

Le choix des membres du jury commence par des essais de sensibilités aux goûts fondamentaux (BENARD, 1982). Pour se faire, on demandera aux candidats (environ 50), de classer des solutions de glucose par ordre de sucrosité croissante et de classer dans l'ordre correcte une série de 4 solutions de saccharose à 60% additionnées de quantités croissantes de jus de citron (acide citrique) (Annexe 13). Les essais seront répétés trois fois de manière à augmenter le niveau de signification. Ces tests nous permettront de ne conserver que les candidats ayant commis que très peu d'erreurs. Seuls les candidats ayant répondu à ces critères de façon satisfaisante seront retenus pour subir un "apprentissage" (BENARD, 1982). Ce dernier consistera en l'apprentissage de la terminologie (ANONYME 3, 1988), en insistant sur la reconnaissance des qualités et des défauts possibles du produit.

Ce jury devra prendre en considération :

- la couleur du produit par rapport à un produit similaire connu (sucre inverti) ;
- l'odeur perçue immédiatement par voie nasale directe ;
- la saveur "fruitée de datte" , l'acidité, l'amertume et un éventuel arrière goût.

#### **2.4.2. Conditions de déroulement du test de dégustation**

Le test de dégustation sera réalisé dans une salle assez calme et exempte d'odeur (salle de réunion du Laboratoire de Protection des Eco-systèmes en Zones Arides et Semi Arides (PEZASA). Les membres de jury ne devront pas porter de parfum ni fumer.

Les produits à déguster seront présentés dans leurs conditions normales d'utilisation. Les analyses seront effectuées vers 11 heures du matin, durant le mois de mai.

L'évaluation de chaque échantillon de sirop de dattes devra se faire de la manière suivante :

- apporter à la bouche, une quantité suffisante de l'échantillon ;
- garder l'échantillon dans la bouche pendant 5 secondes environ ;

- goûter l'échantillon autant de fois qu'il faut ;
- se rincer la bouche entre deux dégustations.

Ces essais sont de types descriptifs destinés à définir le profil organoleptique du produit. Chaque membre est en possession d'une fiche de dégustation (Annexe 14).

Le classement des lots de sirop est réalisé en fonction de l'appréciation globale de chaque dégustateur. Il est arbitraire. Il consiste à demander aux panélistes de classer les lots de la même variété par ordre croissant de 1 à 3, en affectant 3 points au lot le plus apprécié. Chaque lot est alors affecté d'une note définitive qui résulte du cumul des notes donnée par chaque panéliste pour chaque lot (traitement) de chaque variété (G , DN, DB, MD).

### **2.5. Essai d'élimination du « glucose » à partir des sirops de dattes**

Cette opération a pour objectif d'éliminer le glucose des sirops de dattes. Elle se fait par une méthode physique, basée sur les propriétés physiques du glucose et celles du fructose (EL-OGAIDI, 2000).

Les sucres simples (glucose et fructose) sont les deux sucres présents dans le sucre inverti, c'est principalement le fructose qui est responsable des propriétés anti-cristallisantes, par contre le glucose (dextrose) possède un point de saturation beaucoup plus bas que celui du fructose (GUERIN et *al*, 1982). La solubilité du fructose dans l'eau est plus élevée que celle du glucose, donc sa cristallisation en milieu aqueux est très difficile. Un volume de 100 ml d'eau à 30<sup>0</sup>C solubilise 441,5 g du fructose, par contre une quantité de 120,5 g du glucose, peut être soluble dans les mêmes conditions (GUERIN et *al*, 19982).

Ainsi la transformation dextrose amorphe –dextrose cristalline s'effectue après environ 70 jours de stockage à 4 <sup>0</sup>C, si l'humidité du produit est voisine de 12% (MULTON, 1992). C'est dans cette étude, que nous nous sommes penchés sur la possibilité de cristallisation de la fraction glucose en vue de l'éliminer.

### **2.6. Analyses statistiques**

Ces analyses ont pour but essentiel de présenter les résultats observés sous une forme donnée. Nous avons envisagé l'intervalle de confiance et le test de conformité d'une moyenne (Ecart-type) (n = 3) par l'utilisation de Microsoft Office Excel 2003. Concernant la variance, celle-ci permet de définir les limites de confiance (l'intervalle de confiance d'une variance).

On a utilisé le logiciel STAT ITCF,  $p = 0.05$  de risque.

Enfin, on procède à l'utilisation d'un logiciel XL STAT pour connaître la corrélation entre les variables contributives par l'analyse en composantes principales (ACP).

### **2.6.1. Définition et objectif**

L'ACP est une méthode descriptive appliquée pour des variables quantitatives. Le principal objectif de l' ACP est la constitution de représentations graphiques planes, appelées cartes. Sur ces cartes, si deux points sont éloignés, ils représentent alors des individus dissemblables, tandis que s'ils sont proches, ils indiquent que les individus ont des caractéristiques voisines.

Elle ne peut s'appliquer qu'à un tableau de variables quantitatives. Ce tableau doit être constitué, en lignes, par des individus sur lesquels sont mesurées des variables quantitatives ou pouvant être comme telles, disposées en colonnes (BRIERE, 1994).

### **2.6.2. Sélectivité des données**

L'A.C.P. nous permet de connaître à partir des cercles de corrélations, les variables les plus contributives, celles se trouvant à l'extrémité du cercle, tandis que celles ayant de faible contribution se trouvent proche de centre du centre.

---

### ***III. Résultats et discussions***

---



### 3.1. Caractéristiques morphologiques des quatre variétés de dattes étudiées

Les caractéristiques morphologiques ainsi que la composition biochimique des dattes, dépendent de nombreux facteurs, parmi lesquels nous citons :

- la qualité du pollen (HIGAZY et *al*, 1983), pour le stockage du pollen (ABO-HASSAN et *al*, 1983).
- l'irrigation (HUSSEIN et HUSSEIN, 1983) ;
- la fertilisation (BACHA et ABO-HASSAN, 1983) ;
- l'humidité relative au moment de la récolte (SAWAYA et *al*, 1983) ;
- le stockage des dattes (AL-MASHHADI et *al*, 1993) ; (HAMAD et *al*, 1993) ; (MEKKI et AL-TAISAN, 1993).

Les caractéristiques morphologiques des quatre variétés de dattes étudiées sont représentées dans le tableau XVI. Ces résultats sont la moyenne de 5 répétitions.

On constate d'après ces résultats, que la couleur au stade tmar, des dattes DN est ambrée. Celle des dattes de la variété G est brun-foncé, tandis que celles des variétés D et MD sont blanc-jaunâtre et jaunâtre, respectivement.

Les quatre variétés sont morphologiquement différentes (photos 5, 6, 7, 8).

\* La taille des dattes varie entre  $3,38 \text{ cm} \pm 0,16$  à  $3,86 \text{ cm} \pm 0,16$ . Le diamètre est compris entre  $1,45 \text{ cm} \pm 0,10$  (DN) et  $1,76 \text{ cm} \pm 0,11$  (G et MD), la variété DB a un diamètre égal à  $1,48 \text{ cm} \pm 0,08$ .

\* Le poids varie entre  $5,29 \text{ g} \pm 0,25$  pour MD et  $10,05 \text{ g} \pm 1,20$  pour G, tandis que celui des dattes DN et DB est respectivement égale à  $7,40 \text{ g} \pm 0,54$  et  $5,66 \text{ g} \pm 0,45$ .

\* Le poids de la graine varie entre  $0,63 \text{ g} \pm 0,10$  pour la variété DN et  $1,09 \text{ g} \pm 0,19$  pour la variété G. Celui de la variété DB et MD est respectivement égale  $1,03 \text{ g} \pm 0,17$  et  $0,83 \text{ g} \pm 0,05$ .

\* Le rapport noyau/datte est égale à  $8,53 \% \pm 1,40$ ,  $11,04 \% \pm 2,40$ ,  $15,67\% \pm 0,69$  et  $18,49 \% \pm 2,88$  respectivement pour les dattes de la variété DN, G, MD et DB. Ce rapport constitue une caractéristique d'appréciation de la qualité commerciale (DOWSON et ATEN, 1963). Il dépend des variétés de dattier, mais aussi des facteurs écologiques et des conditions de culture (MUNIER, 1973).

L'un des critères de qualité des dattes est on «rapport noyau/datte» le plus faible. Ainsi, celui de la variété DN et G semble correspondre aux résultats cités par MUNIER, (1973) qui sont entre 8 à 12 %. Ces dattes semblent par conséquent plus intéressantes sur le

plan qualité commerciale relativement aux deux autres variétés.

\* Le rapport pulpe/datte , permet également de caractériser les dattes. Il est égal à 91.12% ± 1.00, 88.84 %± 2.39, 80.58 %± 3.05 et 84.09 % ± 0.75 respectivement pour les dattes de la variété DN, G, DB et MD. Etant donné que le meilleur rapport est celui dont la valeur est plus élevée, les dattes DN paraissent, encore une fois, plus intéressantes sur le plan commerciale.

**Tableau XVI : Caractérisation morphométrique et morphologique des variétés de dattes**

Variétés Caractéristiques	DN	G	DB	MD
Couleur	ambrée	Brun foncé	Blanc jaunâtre	Jaunâtre
Forme	Ovoïde allongée	Droite	Droite	Ovoïde ou droite
Taille du fruit (cm)	3.64 ± 0.15	3.86 ± 0.16	3.38 ± 0.16	3.86 ± 0.16
Diamètre du fruit (cm)	1.45 ± 0.10	1.76 ± 0.11	1.48 ± 0.08	1.76 ± 0.11
Poids du fruit (g)	7.40 ± 0.54	10.05 ± 1.20	5.66 ± 0.45	5.29 ± 0.25
Poids de la pulpe (g)	6.77 ± 0.53	8.94 ± 1.27	4.57 ± 0.38	4.45 ± 0.22
Poids de la graine (g)	0.63 ± 0.10	1.09 ± 0.19	1.03 ± 0.17	0.83 ± 0.05
Rapport noyau/datte en %	8.53 ± 1.40	11.04 ± 2.40	18.49 ± 2.88	15.67 ± 0.69
Rapport pulpe/datte en %	91.12 ± 1.00	88.84 ± 2.39	80.58 ± 3.05	84.09 ± 0.75
Consistance	Demi-molle	Molle	Sèche	Sèche
Plasticité	Tendre	Elastique	Dure	Dure
Texture	Fibreuse	Fibreuse	Variable	Farineuse
Goût	Parfumé	Parfumé	Acidulé	Acidulé

Variable : fibreuse ou farineuse



**Photo 5 : Caractéristiques morphologiques des dattes de la variété DN**



**Photo 6 : Caractéristiques morphologiques des dattes de la variété G**



**Photo 7 : Caractéristiques morphologiques des dattes la variété DB**



**Photo 8 : Caractéristiques morphologiques des dattes de la variété MD**

### 3.2 Caractéristiques physico-chimiques des dattes

#### 3.2.1. pH

Le pH constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération (GIDDEY, 1982). Un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et moisissures. Les bactéries par contre préfèrent des milieux neutres, en général des pH compris entre 7 et 7,5, pour la plupart des tolérances, à des variations entre 6 et 9 (BOCQUET, 1982).

Le pH des dattes varie suivant les stades de développement de la datte (DOWSON et ATEN, 1963). Au stade de maturation complète, le pH des dattes des variétés DN, G, DB et MD est égale à  $5.25 \pm 0.001$ ,  $5.78 \pm 0.01$ ,  $4.85 \pm 0.03$  et  $5.05 \pm 0.005$  respectivement (tableau XVII). Ce pH est défavorable au développement des bactéries, mais favorable à la prolifération des levures et moisissures. Ceci est intéressant dans la mesure où la datte ne peut constituer un milieu favorable aux bactéries pathogènes. Ces valeurs se rapprochent de celles données par SIBOUKEUR, (1997) puisqu'elles oscillent entre 5.18 à 5.60.

Des résultats rapportés par MEKKI et *al*, (1983), montrent que les dattes des cultivars Zahidi présentent un pH est égale à 6.20.

On peut dire que les dattes sèches seraient légèrement plus acides par rapport aux dattes molles et demi-molles. HIGAZY, (1983), attribue l'acidité des dattes au type de pollen utilisé.

L'analyse de variance (tableau XVIII) montre que le facteur variété représente une différence significative au seuil 5 %.

#### 3.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique est liée à la teneur en matière ionisable dont la matière minérale en constitue l'essentiel. Elle dépend de la nature des ions dissous et leurs concentrations (REJSEK, 2002).

La conductivité électrique des dattes est égale à  $2.69 \pm 1.55$ ,  $3.37 \pm 0.66$ ,  $3.53 \pm 0.52$  et  $3.80 \pm 0.37$  ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) respectivement pour les dattes G, DN, MD et DB (tableau XVII). Ces valeurs semblent se rapprocher de celles citées par SIBOUKEUR (1997) ( $2 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Selon HUSSEIN et HUSSEIN, (1983), la fertilisation du sol aurait une influence sur la composante minérale. La nature de l'eau d'irrigation en est également responsable (BACHA et ABO-HASSAN, 1983).

L'analyse de la variance (tableau XVIII) montre une différence non significative de la conductivité électrique pour la variable « variétés de dattes ».

**Tableau XVII : Caractéristiques physico-chimiques des dattes**

Variété \ Caractéristiques	DN	G	DB	MD
pH	5.25 ± 0.001	5.78 ± 0.01	4.85 ± 0.03	5.05 ± 0.005
CE (μS/cm)	3.37 ± 0.66	2.69 ± 1.55	3.80 ± 0.37	3.53 ± 0.52
Teneur en eau en (%)	13.61 ± 1.74	16.42 ± 0.73	11.85 ± 0.74	15.44 ± 2.13
Matière sèche en (%)	86.44 ± 0.70	83.57 ± 0.73	88.18 ± 0.74	84.35 ± 2.28
Teneur en cendres (%)	02.10 ± 0.36	02.10 ± 0.10	04.00 ± 0.26	01.60 ± 0.86

**Tableau XVIII : Analyse de la variance**

Facteur variété	F calculé	F théorique	Coefficient de variation en %	signification de l'essai
pH	1345.73	4.76	0.4	Significative
CE	1.89	4.76	17.8	Non Significative
Cendres	12.18	4.76	21.5	Significative
Teneur en eau	5.11	4.76	10.9	Significative
Teneur en matières sèches	3.63	4.76	2.1	Non Significative
Protéines	13.50	4.76	0.8	Significative

### 3.2.3. Teneur en eau

Le tableau XVII montre que l'humidité des dattes varie en fonction de la variété considérée.

L'analyse de la variance montre, en effet, une différence significative au seuil 5% (tableau XVIII).

Les résultats obtenus lors de la présente étude montrent des teneurs comprise entre 11.85 % ± 0.74 (DB) et 16.42% ± 0.73 (G).

En ce qui concerne les variétés G et DN, les valeurs relevées à savoir  $16.42\% \pm 0.73$  et  $13.61\% \pm 1.74$  respectivement, semblent plus faibles par rapport à celles rapportées par MUNIER, (1973), soit 30% et 25% respectivement. Il en est de même pour les valeurs rapportées par SIBOUKEUR (1997) pour la variété G (25 à 31%). Quant aux variété DB, les résultats obtenus se rapprochent de ceux cités par MAATALLAH, (1970) (11%). Toutefois, les teneurs en eau des variétés DB et MD sont comparables à celles rapportés par MUNIER, (1973), puisqu'elles se situent dans l'intervalle 8 à 18%.

D'une manière générale, nos résultats concordent aussi bien avec ceux de (KHATAB et al, 1983), pour les variétés soudaniennes qui sont dans la fourchette 9 % et 16,90 %.

D'après HUSSEIN et HUSSEIN, (1983), la teneur en eau des dattes matures dépendrait de certains facteurs dont les plus importants seraient :

- la fréquence et le volume d'irrigation au stade Bser ;
- l'humidité relative au moment de la récolte et au niveau du lieu du stockage

GUERIN et al (1978), insiste sur l'importance de l'humidité relative sur la stabilité d'un produit. En effet, la teneur en eau d'un aliment est en relation directe avec l'humidité de l'air.

Selon ALAIS et LINDEN (1987), le comportement de l'eau dans l'aliment dépend de son activité à une température donnée.

### 3.2.4. Matière sèche

Les résultats obtenus indiquent que le taux de matière sèche pour les quatre variétés étudiées est élevé par rapport à celui cité par SIBOUKEUR (1997), (59 à 75%) pour les dattes molles.

Le taux de matière sèche pour les dattes DB et MD est respectivement égale à  $88.18\% \pm 0.74$  et  $84.35\% \pm 2.28$  (tableau XVII). Ces valeurs sont proches de celles indiquées par MUNIER (1973), à savoir 89,3 % pour les variétés de même consistance. Par contre, celles de la variété G ( $83.57\% \pm 0.73$ ) et DN ( $86.44\% \pm 0.70$ ) sont supérieures à la valeur citée par MEKKI et al (1983), pour les variétés molles et demi molles qui est égale à 78%. Cette augmentation peut être expliquée par la diminution de la teneur en eau des dattes, elle-même en relation avec le volume d'irrigation. Par ailleurs, le taux de matière sèche peut être également influencé par l'humidité relative qui fluctue d'une année à l'autre (IDDER, 1991).

Des études menées par HIGAZY et *al* (1983) ont montré que la teneur en matière sèche peut être également influencée par le type de pollen.

L'analyse de la variance semble indiquer une différence non significative entre les variétés (tableau XVIII).

### 3.2.5. Teneur en cendres

De nombreux auteurs dont MAHTALLAH, (1970) ; MUNIER, (1973) ; ABDELMONEIM et *al*, (1983) ; SIBOUKEUR, (1997)..., affirment que la datte renferme des teneurs en cendres de l'ordre de 2 %. KHATAB et *al* (1983), ayant travaillé sur des variétés soudanaises, trouvent des teneurs égales à 2,84%. Les variétés Saoudiennes et Irakiennes renfermeraient, selon SAWAYA (1983) des teneurs en cendres plus élevées, comprises entre 2 et 4%. Globalement, nos résultats concernant les quatre variétés de dattes étudiées (tableau XVII), à savoir :  $2.10\% \pm 0.36$ ,  $2.10\% \pm 0.10$ ,  $4.00\% \pm 0.26$  et  $2.6\% \pm 0.01$  respectivement pour les dattes, DN, G, DB et MD se situent dans la fourchette relevée dans les ouvrages consultés.

Par ailleurs, nous constatons que les teneurs en cendres des dattes G et DN sont proches de celles indiquées par DOWSON et ATEN, (1963) qui sont de l'ordre de 1,18 à 2,50% ; alors que celle de DB et MD sont élevées par rapport aux valeurs citées ci-dessus, ceci semble être dû à la région de culture, qui est riche en sel.

L'analyse de la variance (tableau XVIII) montre une différence significative entre les variétés.

### 3.2.6. Éléments minéraux

Les éléments minéraux ont précédé la vie, et l'ont rendue possible. Pour nous humains, la principale source qui nous relie aux éléments minéraux est une alimentation à base de végétaux, et d'animaux qui ingèrent des plantes (BOURRE, 1990).

Le corps humain et le cerveau contiennent des quantités parfois énormes de macroéléments, les oligo-éléments sont présents en quantités variables, mais leur importance physiologique ne peut être déduite de la simple estimation de leurs faibles quantités (BOURRE, 1990).

Le tableau X I X présente la composition en éléments minéraux des quatre variétés de dattes

Tableau XIX : Composition en éléments minéraux des dattes (mg/100g) de pulpe

Eléments Variété	Fe	Mg	Ca	Cl	K	Zn	Na
G	41.22± 12.61	36.07± 0.09	9.59± 0.57	187.53± 20.32	36.2± 8.20	3.29± 0.14	50
DB	39.32± 16.83	30.31± 0.43	12.13± 7.16	181.66± 10.16	48.1± 21.92	3.22± 1.56	49.0
DN	46.09± 5.79	37.10± 0.14	13.14± 5.35	222.27± 44.24	48.27± 12.82	4.0±0. 26	49.8
MD	40.02± 17.28	30.06± 0.09	11.19± 5.85	205.13± 10.16	41.35± 12.09	3.09±0 .40	50

\* La teneur en fer des dattes est égale à,  $41.22 \pm 12.61$ ,  $39.32 \pm 16.83$ ,  $46.09 \pm 5.79$  et  $40.02 \pm 17.28$  (mg pour 100g de pulpe) respectivement pour les variétés, G, DB, MD et DN. Elle semble très élevée par rapport à celle citée par KHATAB et al (1983) (2.2 à 7.5 mg pour 100g), IBRAHIM et KHALLIL (1997) (1.7 à 1.9 mg pour 100g) et SIBOUKEUR (1997) (0.83 à 2.03mg pour 100).

Les résultats que nous avons enregistrés montrent que les dattes des quatre variétés peuvent couvrir les besoins en fer par rapport aux autres sources alimentaires, telles que : le lait qui en renferme 20 %, les légumes 2%, le pain complet, et œuf ,5 %. Les besoins quotidiens en fer pour l'homme adulte sont de 1 à 2 mg (ANONYME 4, 1983).

Le fer est d'une importance remarquable. Le cerveau a besoin d'une quantité importante en fer. La carence en cet élément provoque une anémie, donc une moindre oxygénation du cerveau, et un déficit de sa fonction (BOURRE, 1990).

\* Les teneurs en magnésium des dattes de variétés étudiées semblent plus proches des résultats cités par IBRAHIM et KHALIL (1997), qui sont égaux à 37 mg pour 100g de la partie comestible pour des variétés Irakiennes.

En effet, les teneurs relevées sont égales à  $36.07 \pm 0.09$ ,  $30.31 \pm 0.43$ ,  $37.10 \pm 0.14$  et  $30.06 \pm 0.09$  mg pour 100g respectivement pour la variété G, DB, DN et MD.



Par ailleurs, les teneurs rapportées par SAWAYA (1983) et SIBOUKEUR (1997) sont de l'ordre 12 à 20 mg pour 100 g de pulpe de datte.

Concernant la composition des aliments en magnésium, comparés au tableau donné par ALAIS et LINDEN (1987), la viande contient une teneur en magnésium de l'ordre 35 mg pour 100g de poissons de 20 à 30 mg pour 100g de la partie comestible. Les résultats obtenus sont plus proches de ceux rapportés par la bibliographie, la datte constitue donc une bonne source de magnésium.

En outre, le magnésium est un ion sédatif nerveux. Son déficit provoque une hyperexcitabilité neuromusculaire. La tétanie latente, consécutive à un manque de magnésium représente la forme la plus couramment observée en pathologie humaine. D'autre part, le déficit en magnésium provoque des perturbations musculaires. Ainsi, la carence en magnésium provoque des troubles comme la fragilité des ongles, des cheveux et des dents. A l'inverse, un excès de magnésium est dangereux, puisqu'il peut provoquer un arrêt respiratoire (BOURRE, 1990).

En général, l'importance de cet ion repose sur la prévention des maladies vasculaires, cardiaques, mais aussi cérébrales. En outre, il joue le rôle d'un activateur de nombreux systèmes enzymatiques (ANONYME, 1983).

Du point de vue physiologique, la teneur en magnésium dans le corps humain est de l'ordre de 30 g pour 70 Kg, d'une manière générale les besoins de l'organisme sont de 0.3 g pour 24 heures (ALAIS et LINDEN, 1987).

\* La teneur en zinc des dattes de la variété étudiée DN semble plus élevée que celle des autres variétés, puisqu'elle, est égale à  $4.0 \pm 0.26$  mg % de la partie comestible, alors que celles des variétés G, DB et MD respectivement égale  $3.29 \pm 0.14$ ,  $3.22 \pm 1.56$  et  $3.09 \pm 0.40$  mg pour 100 g.

Toutefois, nos résultats sont plus élevées que ceux donnés par IBRAHIM et KHALLIL (1997), qui sont comprises entre 0.5 à 0.7 mg pour 100g de la partie comestible. Par Ailleurs, ces résultats sont inférieurs à ceux de SAWAYA (1983), qui oscillent entre 1 à 6 mg pour 100g de partie comestible.

Du point de vie physiologique et structurelle, le zinc est indispensable pour le bon fonctionnement de l'organisme, il est important aussi en tant que élément structurel de la myéline.

Le zinc serait le cation indispensable pour le fonctionnement de l'anhydrase carbonique (BOURRE, 1990).

Les besoins quotidiens en zinc pour l'homme sont de 25 mg par jour. En revanche, les carences en zinc sont caractérisées par la perte du goût (agueusie) et celle de l'odorat (anosmie). Le manque de zinc chez la femme enceinte peut produire des malformations du bas de la colonne vertébrale et de la moelle épinière chez l'enfant.

\* Les teneurs en calcium des dattes de quatre variétés étudiées sont moindres comparées aux résultats bibliographiques. En effet, les teneurs que nous avons enregistrées sont égales à  $9.59 \pm 0.5$ ,  $12.13 \pm 7.16$ ,  $13.14 \pm 5.35$  et  $11.19 \pm 5.85$  mg pour 100g de partie comestible respectivement pour la variété G, DB, DN et MD, alors que celles rapportées par IBRAHIM et KHALLIL (1997), sont de l'ordre 36 à 46 mg pour 100g de partie comestible. Toutefois, SIBOUKEUR (1997), cite des teneurs entre 61 à 80 mg pour 100g de pulpe de dattes.

Par ailleurs, nos résultats sont plus proches de ceux rapportés par SAWAYA (1983), pour les variétés Irakiennes, à savoir entre 2 et 10 mg pour 100g .

Comparés à d'autres aliments tels que les pommes et les pêches dont les teneurs en calcium sont de l'ordre 7 mg pour 100g de la partie comestible ( ALAIS et LINDEN,1987), les dattes semblent assez riches en cet élément. Du point de vue structural, le calcium est un constituant du squelette (1Kg de Ca), il constitue environ 25% de l'os sec. La teneur du plasma est étroitement régulée à 100 mg/l.

Sur le plan nutritionnel, les besoins de l'organisme en calcium sont estimés de 0.4 à 1 g par jour (ALAIS et LINDEN, 1987). Ils sont plus accrus pour la femme enceinte et la femme allaitante.

\* Les teneurs en potassium des variétés G, DB, DN et MD sont égales respectivement à  $36.2 \pm 8.20$ ,  $48.1 \pm 21.92$ ,  $48.27 \pm 12.82$  et  $41.35 \pm 12.09$  mg pour 100g de partie comestible. Celle de la variété G est faible par rapport aux autres variétés. Ces résultats sont plus faibles comparées à ceux rapportés par SIBOUKEUR (1997), sur les dattes molles qui sont dans la fourchette 435 à 664 mg pour 100g de pulpe et par IBRAHIM et KHALIL (1997) qui oscillent entre 831 à 905 mg pour 100 g. Par ailleurs, KHATAB et al (1983), ayant travaillé sur des cultivars Soudanais (Barkawi), trouvent des teneurs en potassium comparables à nos résultats, de l'ordre de 32.50 mg pour 100g.

Le potassium est essentiellement intracellulaire (plus de 90% du total), il n'y a pas de

carence d'apport ; on le trouve dans les légumes et dans la viande en quantités comparables (ALAIS et LINDEN, 1987). Il intervient dans de nombreux systèmes enzymatiques (ANONYME, 1983). La teneur en potassium dans le corps humain est de l'ordre de 140g pour 70 Kg. Les besoins quotidiens sont de l'ordre 1 g pour par jour (ALAIS et LINDEN, 1987).

\* Les teneurs en chlore des dattes étudiées G, DB, DN et MD sont respectivement égales  $187.53 \pm 20.32$ ,  $181.66 \pm 10.16$ ,  $222.27 \pm 44.24$  et  $205.13 \pm 10.16$  mg pour 100g de partie comestible. Celle de la variété DN est plus élevée que les autres variétés. Nos résultats sont dans la fourchette citée par SIBOUKEUR (1997), qui sont oscillent entre 157 à 256 mg pour 100g de la partie comestible.

Le chlore joue un rôle biologique important sous forme ionisée, il est représenté l'ion principal des liquides extracellulaires (ANONYME, 1983).

\* Les teneurs en sodium des dattes étudiées sont comparables, elles sont de l'ordre de 50 mg pour 100 g de la partie comestible. Nos résultats sont inférieurs que ceux donnés par AL-HOOTI et al (2001), qui sont compris entre 595 – 673 mg pour 100 g de la partie comestible.

Toutefois, nos résultats sont supérieurs de ceux rapportés par SIBOUKEUR (1997) et par IBRAHIM et KHALLIL (1997) sur les variétés Irakiennes (1 – 17) mg pour 100 g de la partie comestible.

Comparé à certains aliments comme le lait, les carottes et les artichauts qui renferment tous environ 50 mg pour 100 g, la viande qui en contient entre 60 – 70 mg pour 100 g (ALAIS et LINDEN, 1987), les dattes semblent assez riches en cet élément.

Le sodium est l'ion du milieu extracellulaire, c'est le principal cation. Il joue un rôle capital dans le maintien de l'équilibre acido-basique et osmotique des liquides interstitiels. Les apports alimentaires sont de l'ordre 10 g/jour de NaCl (425 meq /jour). Les aliments végétaux naturels sont pauvres en sodium notamment les fruits. Selon ALAIS et LINDEN (1987), la teneur en sodium dans le corps humain est de l'ordre de 100 g pour 70 Kg et les besoins quotidiens sont de l'ordre 1 g par jour.

Les dattes, toute variété confondue, représentent une bonne source de minéraux aussi bien qualitativement que quantitativement.

### 3.3. Caractéristiques biochimiques des dattes

#### 3.3.1. Analyse qualitatif des sucres

Le chromatogramme obtenu par CCM des extraits de dattes (figure 7) a permis la révélation de trois sucres majeurs. En effet, les spots correspondants à chacun des sucres présentent des Rf différents (Tableau XX). On remarque que les Rf des dattes diffèrent légèrement de ceux des glucides témoins à savoir :

- le saccharose de couleur bleu
- le glucose de couleur de couleur bleu foncé
- le fructose de couleur bleu violet

Les variétés DB, D N et MD donnent chacune trois spots

- le premier de couleur bleu clair présente un Rf égale à 0.30 correspondant au saccharose
- le seconde de couleur bleu foncé, présente un Rf compris entre 0.33 – 0.34, correspondant au glucose
- le troisième de couleur bleu violet et un RF oscillant entre 0.38 – 0.44, correspondant au fructose

Parallèlement, les résultats relatif à l'analyse qualitatif par CCM montrent l'absence du spot correspondant au saccharose au niveau des dattes de la variété G.

#### 3.3.2. Analyse quantitative des sucres

De nombreux auteurs, dont MUNIER, (1973) ; SAWAYA et *al*, (1983) ; MEKKI, (1983); ayant travaillé sur plusieurs variétés des dattes affirment que les sucres des dattes varieraient en fonction de la variété, du pollen, du stade de maturation et du climat.

La nature des sucres varie aussi, en fonction de la consistance de la datte. Selon KHATAB et *al*, (1983) les variétés sèches de dattes renferment des teneurs élevées en saccharose. Par contre, les variétés molles sont très riches en sucres réducteurs, les variétés demi molles renferment, autant de saccharose que de sucres réducteurs.

##### 3.3.2.1. Sucres totaux

La teneur en sucres totaux des dattes étudiées, est égale à 71.79, 67.33, 52.08 et 55.31%, respectivement pour les variétés G, D B, DN et MD (tableau XXI). Les résultats concernant les variétés G et DN sont faibles par rapport à ceux évoquées par MUNIER, (1973) qui sont



DN DB G MD

Figure 7 : Extraits de dattes

Tableau XX : Caractéristiques et RF des principaux sucres des quatre variétés de dattes

Sucres témoins		Sucre référence	G	DB	DN	MD
Sucres	Couleur	Rf	Rf	Rf	Rf	Rf
Saccharose	Bleu clair	0.28		0.30	0.30	0.30
Glucose	Bleu foncé	0.30	0.31	0.34	0.33	0.34
Fructose	Bleu violet	0.35	0.36	0.44	0.38	0.38

de 93 à 95% respectivement. La variété DB en renferme 67.33%. Ce résultat se rapprochent de celui cité pour la même variété par BELGUEDJ, (1996), à savoir 67%. Par ailleurs, le résultat relatif à la variété MD se rapproche de celui rapporté par MUNIER, (1973) pour la même variété soit 52,30%.

En général, les résultats rapportés par différents auteurs dépendent en partie de la méthode utilisée. Néanmoins, tous s'accordent à dire que les teneurs en sucres totaux des dattes sont de l'ordre de 60 à 80% de la pulpe.

### 3.3.2.2 Sucres réducteurs

La proportion des sucres réducteurs des dattes DB et MD a est égale respectivement à 20.15 et 18.45 % par rapport aux sucres totaux (tableau XXI). Ce résultat se rapproche de celui de MAATALLAH, (1970) qui situe le taux de sucres réducteurs entre 19% et 23% pour les variétés sèches.

**Tableau XXI : Caractéristiques biochimiques des quatre variétés de dattes**

Variétés	DN	G	DB	MD
<b>Caractéristiques biochimiques</b>				
Sucres totaux en (%)	52.08	71.79	67.33	55.31
Sucres réducteurs en (%)	13.90	70.00	20.15	18.45
Saccharose en (%)	36.23	01.70	44.82	34.73
Protéines en (%)	0.99 ±0.03	1.10 ±0.04	±0.070.81	0.88 ±0.07

Des travaux réalisés par SIBOUKEUR, (1997) sur le dosage des sucres de la variété G au stade tmar par l'auto-analyseur SKALAR, ont montré que la teneur en sucres réducteurs est égale 62.41%. Ces résultat sont inférieurs de ceux trouvés par la variété étudiée (G) qui est égale à 70%. En effet, la teneur en sucres réducteurs concernant la variété DN est plus faible que celle rapportée par MUNIER, (1973) (17%).

En outre, SAWAYA et al (1983) ayant travaillé sur des variétés Saoudiennes trouvent par

chromatographie liquide, des teneurs en sucres réducteurs, au stade de maturation complète, comprises entre 37.6 - 58%.

### 3.3.2.3. Saccharose

Le taux de saccharose trouvé pour la variété DB est de l'ordre de 44.82%, il est dans la fourchette citée par MAATALLAH, (1970) qui est de 46-56%. Par ailleurs, la variété MD représente 34.73% de saccharose. Ceci peut être expliqué par le fait que les dattes sèches contiennent un taux élevé de saccharose par rapport aux dattes molles (G :1.70%), ceci peut être dû à la faible teneur en eau qui constitue un milieu défavorable pour l'activité de l'invertase contrairement au variété molle et demi molle (tableau XXI).

### 3.3.3. Teneur en protéines totales

Les protéines représentent un nutriment important pour le fonctionnement, la structure et l'entretien de l'organisme.

Les teneurs en protéines des dattes étudiées sont égales à  $0.99 \pm 0.03$ ,  $1.10 \pm 0.04$ ,  $0.81 \pm 0.07$  et  $0.88 \% \pm 0.07$ , respectivement pour les variétés D N, G, DB et MD (tableau XXI). Nos résultats sont comparables à ceux trouvés dans la littérature qui situent le taux de protéines entre 0.90 – 2 % (MUNIER, 1973 ; SAWAYA et al 1983 ; IBRAHIM et KHALLIL, 1997 ; SIBOUKEUR, 1997). Des travaux réalisés par ABDELMONEIM et al, (1983) sur cinq variétés Saoudiennes, montrent que les dattes renferment une teneur en protéines oscillant entre 0.50 à 1.70. Nos résultats sont dans la fourchette citée ci-dessus. L'analyse de la variance montre une différence significative entre les variétés étudiées au seuil 5 %.

Ces teneurs, bien que faibles ne sont pas négligeables, car les protéines des dattes sont qualitativement bien équilibrées (EL-OGAIDI, 1987). Elles sont en effet riches en la majorité des acides aminés indispensables (lysine, valine, isoleucine, leucine, thréonine et tryptophane) parmi les 8 acides aminés essentiels (IBRAHIM et KHALLIL, 1997). Les besoins en ces acides aminés sont proportionnellement plus élevés chez l'enfant que chez l'adulte, et ils sont particulièrement importants chez le nourrisson, l'absence d'un seul de ces acides aminés essentiels empêche la synthèse protéique et provoque une perturbation métabolique (BOURRE, 1990).

### 3.4. Conclusion

Il ressort des résultats obtenus, les points essentiels suivants :

Concernant les caractéristiques morphologiques, les quatre variétés de dattes étudiées diffèrent entre elles par leur forme (Ovoïde allongée à droite), leur couleur au stade tmar (ambrée, Brun-foncé, Jaunâtre et Blanc-jaunâtre), et leur consistance (molle, demi molle et sèche).

Le poids des dattes G et DN est important par rapport à celui des dattes MD et DB, contrairement à la taille des dattes qui paraît plus proche entre les quatre variétés.

Le rapport pulpe/datte et le rapport noyau/datte a montré que les dattes de la variété G et DN sont plus charnues que celles des variétés DB et MD. Ce caractère qui est un critère de qualité pour le consommateur ce qui permet de les classer les dattes DN et G commercialement en première position.

L'analyse biochimiques montrent que la partie comestible des quatre variétés est constituée principalement de sucres majeurs. L'analyse qualitative a permis de mettre en évidence la présence de trois sucres : glucose, fructose et saccharose.

L'analyse quantitative a montré que la teneur en sucres totaux des dattes de la variété G est plus élevée que celle des trois autres variétés.

La teneur en sucres réducteurs est également plus élevée pour la variété G, le glucose et le fructose résultant de l'inversion du saccharose. Ce phénomène dépend de la teneur en eau des dattes (molle) et de l'efficacité de l'invertase produite par les levures existant naturellement dans les dattes (MAATALLAH, 1970).

Parallèlement, la méthode de dosage du fructose montre que la teneur en fructose est plus élevée pour la variété G. La présence du fructose est un indicateur du goût relativement sucré des ces dattes, ce dernier ayant un pouvoir sucrant plus élevé que celui du glucose et du saccharose (MULTON, 1992). De même qu'il empêche la cristallisation des autres sucres en présence et est responsable de l'aspect mielleux des dattes de la variété G. Le fructose est le substrat de choix du brunissement non enzymatique. Il serait à l'origine de la couleur foncé des dattes G au stade tmar.

En revanche, le saccharose est responsable de la consistance des dattes demi- molles et séchés. Par ailleurs, ce diholoside présent dans les dattes des variétés DB et MD étudiées, n'est pas un substrat de choix pour le brunissement non enzymatique, ce qui permet de



préserver la couleur des dattes de ces deux variétés lors de la maturation et de l'entreposage. Dans ce contexte, les variété demi- molles présentent un comportement intermédiaire et donc une couleur ambrée. .

La teneur en protéine des dattes des quatre variétés étudiées se situe entre 0.8% et 1 %. Elle se situe dans la fourchette citée par les auteurs consultés entre 0.90 – 2 % (ALAIS et LINDEN, 1987). Ces protéines bien que faibles quantitativement sont équilibrées qualitativement et peuvent par conséquent contribuer efficacement à l'amélioration la ration alimentaire. Des auteurs ayant travaillé sur d'autres variétés, affirment que la datte renferme 12 acides aminés dont les cinq acides aminés indispensables pour l'homme (IBRAHIM et KHALLIL, 1997). Il est important de souligner que d'une manière générale, les fruits et les légumes renferment moins de 2% de protéines.

L'étude de la composition minérale des dattes étudiées ayant fait l'objet de cette étude, concernant les 7 éléments minéraux dosés Fe, Zn, Mg, Ca, Cl, Na et K, fait ressortir les points suivants : les quatre variétés étudiées semblent beaucoup plus riches en fer par rapport aux résultats biobibliographiques. Ces valeurs sont comprises entre  $39.32\% \pm 16.83$  et  $46.09\% \pm 5.79$ . Ces teneurs semblent appréciables étant donné qu'elles peuvent couvrir les besoins quotidiens de l'homme en cet élément. Les dattes peuvent être, par conséquent conseillées dans l'alimentation humaine, notamment aux personnes souffrant d'anémie ferriprive (ALAIS et LINDEN , 1987).

La teneur en magnésium des dattes étudiées est élevée par rapports aux données bibliographiques. Ces valeurs oscillent entre  $30.06\% \pm 0.09$  et  $37.10\% \pm 0.14$ . Ces teneurs semblent appréciables pour les dattes étudiées, étant donné qu'elles peuvent répondre aux besoins de l'organisme humain en cet élément (ALAI S et LINDEN , 1987).

La teneur en zinc des dattes de la variété DN est plus élevée par rapport à celle des autres variétés étudiées à savoir 4 mg pour 100g. Nos résultats sont toutefois dans la fourchette donnée par la bibliographie. Ces teneurs peuvent couvrir une partie des besoins quotidiens de l'organisme humain (ALAIS et LINDEN , 1987).

La teneur en calcium des dattes de la variété DN est élevée par rapport à celle des dattes des autres variétés étudiées (13.14 mg pour 100g ). Comparés aux résultats bibliographiques, ces valeurs sont faibles. Mais comparativement à d'autres aliments tels que la pomme et la pêche qui ont des teneurs en calcium de l'ordre 7 mg pour 100 g de la partie comestible(ALAIS et LINDEN, 1987)., les dattes étudiées semblent intéressantes. Nous

pouvons dire que les dattes peuvent contribuer à satisfaire des besoins de l'homme en Ca et même plus si la consommation des dattes est accrue.

La teneur en potassium des dattes des quatre variétés étudiées sont comparables, mais plus faible par rapport à celle rapportée par SIBOUKEUR , (1997) (664 mg pour 100g de la partie comestible).

La teneur en chlore des dattes de la variété DN est plus élevée par rapport à celles des dattes autres variétés étudiées à savoir 222.27 pour 100g de la partie comestible . Nos résultats sont en accord avec la bibliographie. Toutefois, les dattes constituent selon les auteurs une source appréciable de chlore.

La teneur en sodium des dattes de quatre variétés étudiées est de l'ordre de 50mg pour 100g de la partie comestible dans la fourchette bibliographique. Ces teneurs en sodium des dattes peuvent couvrir les besoins de l'organisme en cet élément (.ALAIS et LINDEN , 1987).

Des nombreux auteurs dont MAATALLAH,(1970) ; MUNIER, (1973) ; KHATAB, (1983) ; SIBOUKEUR, (1997) ..., affirment que la datte contient d'autres constituants. Parmi ces derniers, nous citons les vitamines B1, B2, C. Ces quantités ne sont pas négligeables et peuvent contribuer à compléter les besoins de l'organisme en ces vitamines et faciliter l'assimilation des sucres apportés par les dattes, notamment B1 qui joue un rôle indispensable dans le métabolisme du glucose (décarboxylation oxydative d'acide pyruvique). Sans oublier les lipides dont la teneur est estimée à environs 0.2%, les tanins qui ont des teneurs oscillant entre 1 – 2%, ainsi que les pectines en faibles quantités.

De ce qui précède, on en conclut que les dattes, dont les variétés étudiées , constituent une source alimentaire importante. Une quantité non négligeable des éléments nutritifs de la datte passent dans le sirop au cours de son élaboration. Ceci qui augmente la valeur nutritive des sirops de dattes. Ces derniers constituent un aliment très énergétique riche en sucres simples, facilement assimilables, en fructose, en l'occurrence, dont le métabolisme indépendant de l'insuline. Ces sirops peuvent être utilisés dans les régimes diététiques hypo-calorifique et/ou hypoglycémiques (EL- OGAIDI, 1987).

### 3.5. Sirops de dattes

Les sirops de dattes faisant objet de la présente étude, sont obtenus par la méthode d'extraction par diffusion. Ils présentent une coloration ambrée plus au moins foncée. Ils sont limpides, ce qui permet d'éviter d'avoir recours aux procédés de clarification.

Nous allons à travers cette partie essayer de caractériser ces produits.

#### 3.5.1. Cinétique de concentration des sirops en fonction de la température d'extraction

Rappelons que la condensation des extraits bruts est effectuée dans l'étuve réglée à 60 °C. Les figures 8, 9, 10 et 11 illustrent les cinétiques de condensation des 12 lots des sirops.

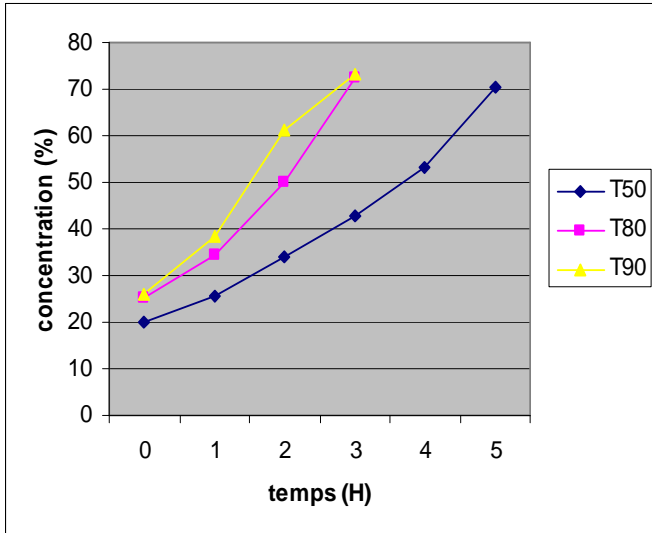
L'eau qui représente le constituant le plus important de tous les êtres vivants, donne à la matière vivante sa fluidité, ce qui permet et facilite les échanges et les mouvements dans la cellule. Il a un pouvoir solvant élevé des substances ioniques et polarisées (ALAIS et LINDEN, 1987). La concentration ou la déshydratation est une propriété physique de l'eau dans un aliment. Les constituants biochimiques ne peuvent donc pas mobiliser les molécules d'eau, en empêchant et en diminuant leur réactivité. La disponibilité de l'eau est par conséquent définie par son activité ( $a_w$ ) (activity water). Par ailleurs, les traitements technologiques tel que le chauffage, les modifications du milieu font varier les teneurs en eau des aliments (ALAIS et LINDEN, 1987).

Cependant, l'activité biologique de l'eau ( $a_w$ ) est primordiale en alimentation puisqu'elle permet de mettre en œuvre une stratégie de protection des aliments en contrôlant les détériorations physico-chimiques, les activités enzymatiques et la multiplication des populations microbiennes (ALAIS et LINDEN, 1987).

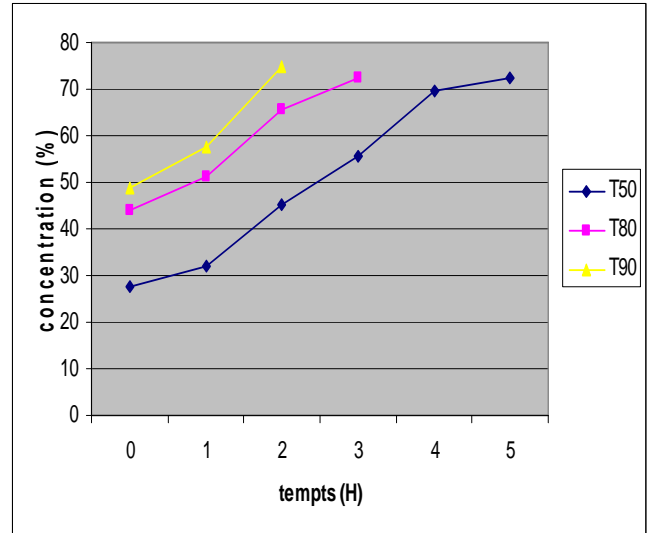
La condensation reste une opération essentielle permettant de diminuer le développement des microorganismes, d'inhiber les réactions enzymatiques et de faciliter l'entreposage donc la conservation du produit ( $a_w$  faible) (CHEFTEL et CHEFTEL, 1984).

Concernant la cinétique de condensation des 12 lots de sirops de dattes, on remarque que les lots 3, 6, 9 et 12 (tableau XV) extraits à T.E 90°C, se condensent plus rapidement par rapport aux lots obtenus à T.E 80°C (2, 5, 8 et 11). En revanche, les lots 1, 4, 7 et 10 (T.E 50°C) montrent des temps de condensation plus longs.

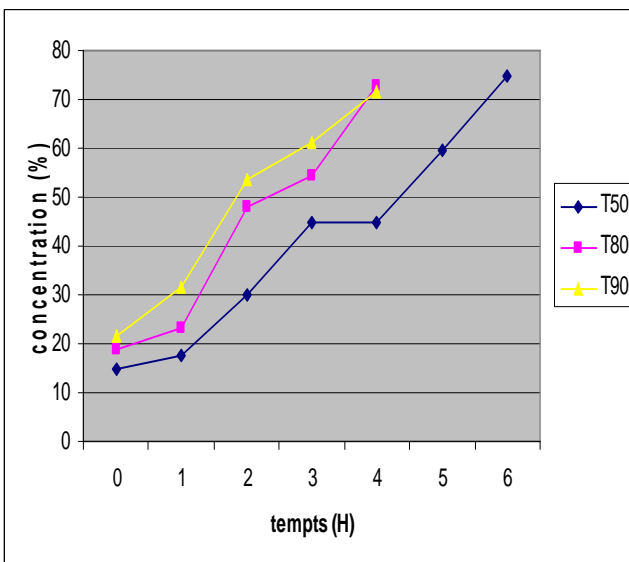
Par ailleurs, la figure 10 semble indiquer que la durée de condensation des sirops issus de



**Figure 8 : Cinétique de concentration des sirops de dattes variété (DN) en fonction de la température**

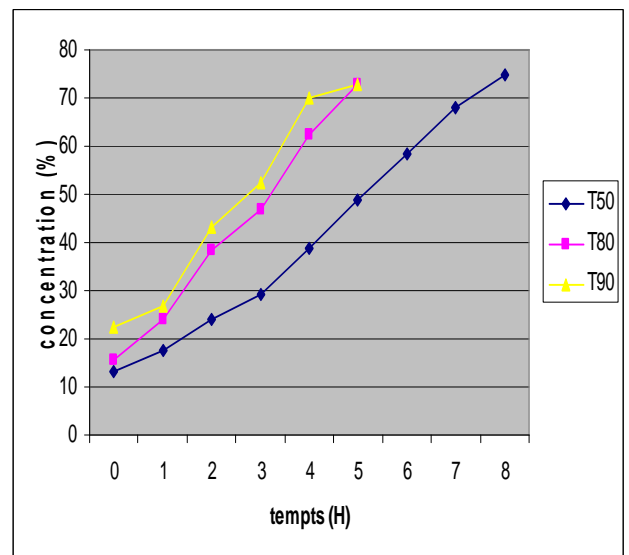


**Figure 9 : Cinétique de concentration des sirops de dattes variété (G) en fonction de la température**



**Figure 10 : Cinétique de concentration des sirops de dattes variété (DB) en fonction de la température**

T : température



**Figure 11 : Cinétique de concentration des sirops de dattes variété (MD) en fonction de la température**

la variété G (lots 1, 2, 3) est plus courte, notamment par rapport à celle des lots des variétés DB et MD.

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que la température d'extraction de 90°C permet d'éliminer une quantité plus importante d'eau (libre) en un temps plus court.

En plus, selon l'état de l'eau (libre ou liée), les propriétés physiques et chimiques varient. Ainsi, l'eau liée a perdu son «pouvoir solvant» car les liaisons eau-molécules sont supérieures à celles existant entre les molécules d'eau, d'où l'évaporation est rapide (ALAIS et LINDEN, 1987). Le phénomène de diffusion chez les dattes sèches (DB et MD) est freiné par leur faible teneur en eau. Le faible °Brix des lots permet d'expliquer la lenteur de l'opération de condensation, les lots obtenus à 90°C présentant des °Brix initiaux plus élevés. (tableau XXII).

**Tableau XXII : Degré Brix initiaux des sirops de dattes**

N° des lots expérimentaux	Variété/Traitement diffusion	Degré Brix (°Brix)
1	G à TE 50°C	27.5
2	G à TE 80°C	44.0
3	G à TE 90°C	49.0
4	D.B à TE 50°C	15.0
5	D.B à TE 80°C	18.70
6	D.B à TE 90°C	21.60
7	D.N à TE 50°C	20.0
8	D.N à TE 80°C	25.20
9	D.N à TE 90°C	26.0
10	M.D à TE 50°C	13.0
11	M.D à TE 80°C	15.50
12	M.D à TE 90°C	22.30

### 3.5.2. Caractérisation des sirops de dattes

#### 3.5.2.1. Rendement

La figure 12 montre que les rendements en sirops de dattes sont plus importants pour la variété G, suivie de la variété DN, puis des variétés sèches quelque soit la température d'extraction. Les rendements d'extraction à 50 °C des sirops de dattes des variétés G, DN, DB et MD sont égaux à 25%, 13%, 7.8% et 5.8% respectivement.

L'extraction à 80 °C donne des rendements relativement intéressants pour la variété G et DN (26% et 20.36%) (lots 2, 8) par rapport à ceux de DB (15%) (lot 5) et MD (14.5%) (lot 11).

Les rendements obtenus par l'extraction à 90 °C (lots 3, 6, 9, 12) sont plus élevés que ceux obtenus à 50°C (lots 1, 4, 7, 10) et 80 °C (lots 2, 5, 8, 11). La température d'extraction de 90°C semble la mieux indiquée pour donner des rendements élevés. Ceci peut être s'expliqué par l'effet de la température sur l'accélération du phénomène de diffusion, ce qui permet une extraction plus poussée (Annexe 15)

Les faibles rendements en sirops de dattes de DB et MD peuvent être expliqué par le fait que la faible teneur en eau empêche la de diffusion des sucres. Les différents lots de sirops obtenus présentent des °Brix différents (tableau XXII)

#### Rendement en %

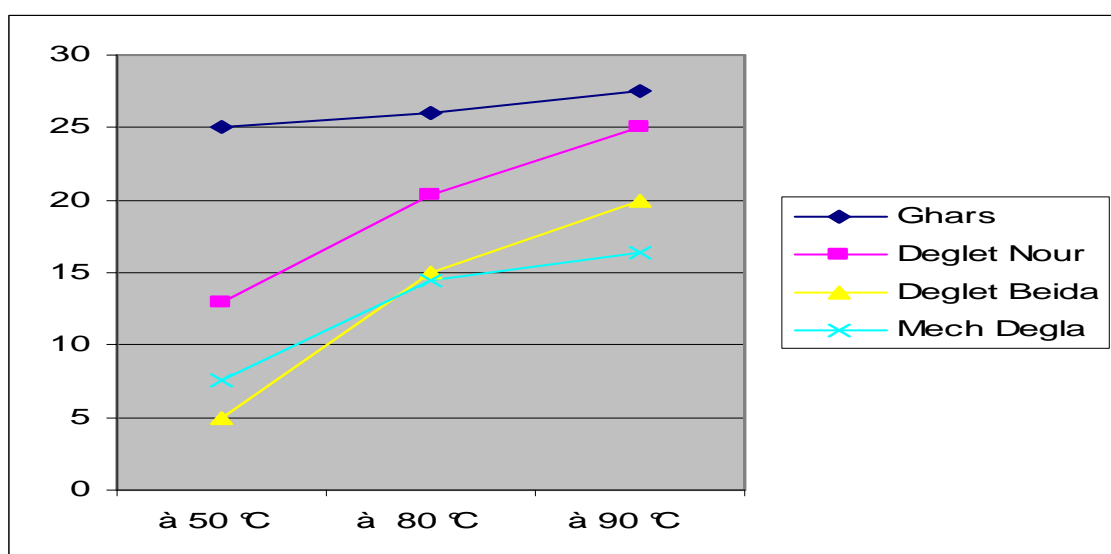


Figure 12 : Evolution des rendements en sirops de dattes en fonction de la température d'extraction

Le rendements d'extraction du sirop de dattes est en relation directe avec la méthode d'extraction utilisée. Selon ABDELFATTAH, (1990), le rendement d'extraction du sirop de dattes par le procédé traditionnel (tassement) oscille entre 10 à 15 %.

D'autre part, de meilleurs rendements sont obtenus avec d'autres méthodes telle que l'extraction à haute température. En effet l'extraction se fait après trempage des pulpes de dattes dénoyautées et découpées dans l'eau à 115<sup>0</sup>C pendant 5 minutes, permet une diffusion rapide des sucres et d'améliorer les rendements (ABDELMONIEM et *al*, 1983).

D'après IBRAHIM et KHALLIL, (1997), l'extraction du sirop de dattes par le procédé de trempage dans l'eau à haute température, permet d'obtenir des rendements oscillent entre 50 à 55 %. La méthode traditionnelle permet la conservation des dattes, et le rendement du sirop obtenue est faible, alors que l'extraction à haute température, donne un rendement élevé mais exige le recours à des méthodes de clarification du sirop obtenu. Le procédé utilisé dans la présente étude donne des rendements intermédiaires par rapport aux deux méthodes précitées. Le sirop obtenu est cependant limpide et ne nécessite par une clarification.

### **3.5.2.2. Caractéristiques physico-chimiques des sirops de dattes**

#### **3.5.2.1.1. pH**

Afin, de suivre l'évolution du pH lors du procédé d'extraction des sirops, nous avons essayé de comparer, à chaque fois les résultats obtenus par rapport à ceux des dattes en tant que matière première (tableau XXIII).

Les valeurs relevées se situent entre pH 4.0 et 5.41. Les sirops des dattes de la variété G présentent un pH égale à  $4.90 \pm 0.02$ ,  $4.33 \pm 0.10$  et  $4.85 \pm 0.005$ , respectivement pour les lots 1, 2 et 3. Ces valeurs sont relativement faibles comparativement à celles des dattes entières ( $5.78 \pm 0.01$ ). Nous constatons que les sirops des dattes obtenus avec les trois T.E sont plus acides. Ces résultats sont plus faibles que ceux obtenus par SIBOUKEUR, (1997), pour la même variété (pH 5.05).

**Tableau XXIII : Caractéristiques physico-chimiques des sirops de dattes**

Paramètres N° lots et dattes	pH		CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		Densité	$^{\circ}$ Brix	Cendres (%)		Teneur en eau (%)		Teneur en MS	
	dattes	sirops	dattes	sirops	sirops	sirops	dattes	sirops	dattes	sirops	dattes	sirops
1	5,78 $\pm$ 0,01	4,90 $\pm$ 0,02	2,69 $\pm$ 1,55	2,31 $\pm$ 0,58	1,46	72,45	2,10 $\pm$ 0,10	0,96 $\pm$ 0,05	16,42 $\pm$ 0,73	14,95 $\pm$ 1,77	83,57 $\pm$ 0,73	85,04 $\pm$ 1,77
2		4,33 $\pm$ 0,01		1,54 $\pm$ 0,22	1,44	72,27		0,97 $\pm$ 0,04		25 $\pm$ 1,0		75 $\pm$ 1,0
3		4,0 $\pm$ 0,005		1,82 $\pm$ 0,21	1,47	74,88		0,96 $\pm$ 0,05		21,33 $\pm$ 1,15		78,66 $\pm$ 1,15
4	4,85 $\pm$ 0,03	4,86 $\pm$ 0,005	3,80 $\pm$ 0,37	3,23 $\pm$ 0,61	1,45	72	4,0 $\pm$ 0,26	2,5 $\pm$ 0,001	11,85 $\pm$ 0,74	31,66 $\pm$ 2,88	88,18 $\pm$ 0,74	68,33 $\pm$ 2,88
5		4,70 $\pm$ 0,005		2,51 $\pm$ 0,37	1,28	72,5		2,6 $\pm$ 0,17		29,33 $\pm$ 1,55		70,66 $\pm$ 1,15
6		4,68 $\pm$ 0,005		2,84 $\pm$ 0,42	1,38	72,51		3,1 $\pm$ 0,17		23 $\pm$ 1,01		77 $\pm$ 1
7	5,25 $\pm$ 0,001	5,28 $\pm$ 0,02	3,37 $\pm$ 0,66	2,75 $\pm$ 0,5	1,5	72,72	2,10 $\pm$ 0,36	1,5 $\pm$ 0,5	13,61 $\pm$ 1,74	18 $\pm$ 1,73	86,44 $\pm$ 0,70	82 $\pm$ 1,73
8		5,41 $\pm$ 0,01		2,15 $\pm$ 0,38	1,33	72,45		1,8 $\pm$ 0,86		22 $\pm$ 4,0		78 $\pm$ 4
9		5,15 $\pm$ 0,01		2,30 $\pm$ 0,14	1,41	73,27		2 $\pm$ 0,001		26,33 $\pm$ 2,08		73,66 $\pm$ 2,08
10	5,05 $\pm$ 0,005	5,09 $\pm$ 0,01	3,53 $\pm$ 0,52	2,57 $\pm$ 0,28	1,44	72	1,60 $\pm$ 0,86	1,1 $\pm$ 0,17	15,44 $\pm$ 2,13	27 $\pm$ 1,0	84,35 $\pm$ 2,28	73 $\pm$ 1
11		5,04 $\pm$ 0,01		2,12 $\pm$ 0,33	1,43	72,3		2,23 $\pm$ 0,25		23 $\pm$ 2,64		77 $\pm$ 2,64
12		5,00 $\pm$ 0,01		2,69 $\pm$ 0,39	1,43	72,66		2,96 $\pm$ 0,05		20,6 $\pm$ 1,5		79,3 $\pm$ 1,5



Les sirops des dattes de la variété DB (lots 4, 5, 6) ont un pH respectivement égale à  $4.86 \pm 0.005$ ,  $4.70 \pm 0.005$  et  $4.68 \pm 0.005$ . Ces valeurs sont très proches du pH des dattes entières ( $4.85 \pm 0.03$ ). Ceci peut être expliqué probablement, par le fait que le caractère acide des dattes se retrouve dans leurs sirops.

Les sirops des dattes de la variété DN, présentent un pH égale à  $5.28 \pm 0.02$ ,  $5.41 \pm 0.01$  et  $5.15 \pm 0.01$  respectivement pour les lots (7, 8, 9). Nous constatons que le pH des sirops de dattes est plus proche de celui des dattes entières qui est égale à  $5.25 \pm 0.001$ .

Les sirops de dattes variété MD (lot 10, 11, 12) apparaissent avec des valeurs de pH respectivement égales à  $5.0 \pm 0.01$ ,  $5.04 \pm 0.01$  et  $5.10 \pm 0.01$ . Ces dernières sont proches de celles des dattes entières ( $5.05 \pm 0.005$ ).

L'acidité d'un produit a une influence considérable sur le comportement des germes. Ainsi, la résistance des bactéries est maximale entre pH 6 et pH 7 (LERY, 1971).

La diminution du pH des sirops des dattes G par rapport à celui des dattes serait peut être due à la présence d'une quantité relativement plus élevée d'eau dans les sirops. Ce qui permet d'entraîner les acides préexistants de la datte vers leur extrait. Sans oublier l'effet des microorganismes tel que les levures et les moisissures qui se trouvent naturellement dans les dattes (MAHJOUB, 1989), ces dernières peuvent contaminer les milieux aqueux riches en sucres, et conduisent à la production des acides organiques (acide citrique, acide acétique...) par fermentation, ce qui semble être à l'origine de la diminution du pH des sirops.

Nos résultats se rapprochent de ceux de MEKKI et al (1983). En effet, selon l'auteur le pH des jus concentrés de dattes est de l'ordre de 4.85. Par ailleurs, EL-OGAIDI (2000), rapporte que le «Dibs» a un pH qui tend vers la neutralité qui est égale 6.5.

De nombreux auteurs dont IBRAHIM et KHALLIL, (1990) ; ABDELFAHATTAH, (1990) ; BERINDI, (2000) affirment que les sirops de dattes sont légèrement acides. Ils ont des pH de l'ordre de 6,8. MEKKI et al, (1983), ayant travaillé sur des variétés Irakiennes, trouvent des valeurs de pH comprises entre 4,85 et 5.

Globalement, les valeurs du pH des lots expérimentaux de sirops de dattes, varient entre 4.33 – 5.41 alors que les HFCS de l'amidonnerie présentent en général des pH plus faibles puisqu'ils sont compris entre 3.5 – 4.5 (ANONYME, 1999).

### 3.5.2.1.2 Conductivité électrique

D'une manière générale, cette donnée physico-chimique est plus faible dans les sirops par rapport aux dattes correspondantes dont les valeurs sont les suivantes :  $3.37 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0.66$ ,  $2.69 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 1.55$ ,  $3.80 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0.37$  et  $3.53 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0.52$ , respectivement pour la variété DN, G, DB et MD. Ceci montre qu'une quantité d'éléments minéraux contenus dans la datte diffuse dans son sirop.

La conductivité électrique des sirops de dattes des quatre variétés étudiées pour les trois températures d'extraction varie de 1.54 à 3.23  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tableau XXIII). Cependant on a enregistré des valeurs relativement plus élevées pour les sirops des dattes de DB par rapport à ceux des autres variétés, puisqu'elle est égale  $3.23 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0.61$ ,  $2.51 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0.37$  et  $2.84 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0.42$  respectivement pour les lots 4, 5 et 6. Ceci semble justifiable du fait que ces derniers présentent des teneurs en cendres totales relativement élevées par rapport au reste des lots. Rappelons que ce paramètre dépend de la nature des ions dissous et de leurs concentrations. Par ailleurs, la température et la viscosité influent également sur la conductivité électrique car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (REJSCK, 2002).

### 3.5.2.1.3. Densité

La densité est sous l'influence de l'opération de condensation. Sa durée s'étale entre 24 (variétés molles et demi molles) et 72 heures (variétés sèches). Les résultats obtenus sont enregistrés dans le tableau XXIII. Cette valeur est variée entre 1.28 à 1.50. Le sirop des dattes de la variété DN (lot 7) représente la densité la plus élevée (1.50). Cependant, les lots 1, 2, et 3 (G) présentent des valeurs comparables puisqu'elles sont égales respectivement à 1.46, 1.44 et 1.47. Ces remarques sont valables également pour les lots 10,11 et 12 (MD).

La durée de condensation a été choisie de telle manière à rapprocher la densité des lots de sirops fabriqués de celle des HFCS issus de l'amidonnerie qui varie entre 1.34 à 1.40 (ANONYME, 1999).

### 3.5.2.1.4. Teneur en eau

Les résultats obtenus concernant la teneur en eau des lots expérimentaux sont enregistrés dans le tableau XXIII. Ces valeurs oscillent entre 14.95 %  $\pm$ 1.77 et 31.66 %  $\pm$  2.88.

Des travaux réalisés par MUSTAFA et *al* (1983) rapportent des teneurs en eau du «Dibs» provenant d'une variété de dattes Saoudienne, oscillant entre 14, 75 et 17,35 %. MEKKI et *al* (1983), ayant travaillé sur le «Dibs» fabriqué à partir de variétés Irakiennes, font mention de teneurs de l'ordre de 24,31%. Selon EL-OGAIDI (1987); ABDELFATTAH (1990) et IBRAHIM et KHALLIL (1997), les sirops de dattes des variétés Irakiennes et Egyptiennes renfermeraient, 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 par la bibliographie. Ils sont susceptibles de modification par modulation de la durée de condensation.

D'une manière générale, les teneurs en eau des sirops restent dans l'intervalle de l'activité de 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 et CHEFTEL, 1984). En effet, l'humidité constitue le principal facteurs favorisant le développement des micro-organismes (DURAND et FAVARD, 1967). Ceci permet de classer les sirops de dattes parmi les aliments à « faible humidité » dont la conservation est très facile.

Par ailleurs, DURAND et MONSAN (1988) affirment que les HFCS ont des teneurs en eau de l'ordre de 20 à 29 % et se situent donc dans le même intervalle d' $a_w$  que nos produits.

### 3.5.2.1.5. Matière sèche

Le taux de matière sèche des quatre variétés de dattes étudiées est de l'ordre de 83.57 à 88.18 %, ces valeurs sont supérieures par rapport à celles des sirops correspondants (68.33 à 85.04%) (tableau XXIII).

Nos résultats sont comparables à ceux donnés par la bibliographie. En effet, plusieurs études menées par MEKKI et *al* (1983); MUSTAFA (1983); EL-OGAIDI (1987); ABDELFATTAH (1990); IBRAHIM et KHALLIL (1990) ont montré que le «Dibs» extraits de dattes par pressurage présente des teneurs en matière sèche comprises entre 72 et 85%.

Dans ce contexte, les HFCS se rapprochent des sirops de dattes puisque leur teneur en matière sèche est comprise entre 71 à 80 % (DURAND et MONSAN, 1988).

### 3.5.2.1.6. Taux de solides solubles (<sup>0</sup>Brix)

Le taux de solides solubles, exprimé aussi par le degré Brix, représente le poids en gramme de matière sèche contenue dans 100g de produits (CLEMENT, 1978).

Les résultats obtenus lors de la présente étude montrent que ce dernier oscille entre 72 et 74,88 % (fig.13, 14, 15, 16). On remarque que les lots de sirops extraits à 90<sup>0</sup>C présentent des taux de solides solubles plus élevés par rapport aux autres lots. Ces valeurs sont comprises dans l'intervalle rapporté par EL-OGAIDI, (1987) ; ADBELFATTAH, (1990) ; IBRAHIM et KHALLIL (1997). Selon ces auteurs le «Dibs» extraits à haute température serait de l'ordre de 72 à 75 °Bx.

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 les sirops de dattes extraits par tassement ont un <sup>0</sup>Brix compris entre 60 et °Bx, alors que les travaux réalisés par MEKKI et al (1983) (extraction par pressurage et à haute température) montrent que les sirops de dattes sont à 77.0 °Bx.

Les taux de solides solubles des HFCS oscillant entre 71 à 77 % (ANONYME 2, 1999), rapproche ces derniers des lots expérimentaux de sirop. Ce qui justifie encore une fois l'appellation "sirop de dattes" affectée aux produits faisant objet de la présente étude.

### 3.5.2.1.7. Teneur en cendres

Les résultats obtenus (tableau XXIII) indiquent que les sirops de dattes renferment des taux appréciables d'éléments minéraux. Les lots de DB, MD et DN renferment des teneurs en cendres comprises entre 1.50 et 3.10 %. Ces valeurs sont élevées par rapport à celles des sirops des dattes de la variété G, qui sont égales à 0.96% ± 0.050, 0.97.0%0 ± 0.40 et 0.96 % ± 0.05 % respectivement pour les lots 1, 2, 3.

On remarque, que les sirops de dattes DB(lots 4, 5 et 6) ont des teneurs en cendres inférieures par rapport aux dattes correspondantes (4.00 % ± 0.26). Ceci peut s'expliquer par le fait que les dattes sèches renferment des teneurs en eau relativement faibles, ce qui diminue la diffusion des minéraux. Cependant, excepté les sirops de dattes G, les teneurs en cendres des sirops des trois autres variétés sont plus élevées que celles des dattes dont les sont issus. Ceci montre qu'il y a diffusion d'une grande quantité de minéraux dans les sirops.

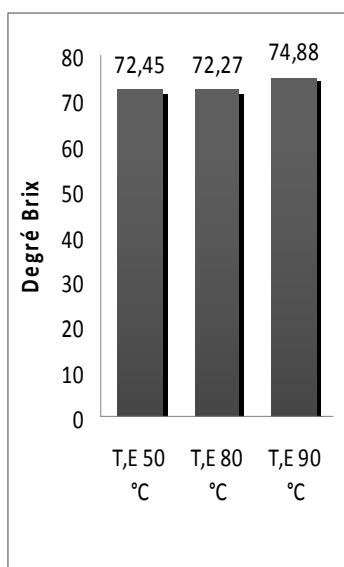


Figure 13 : Degré Brix des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)

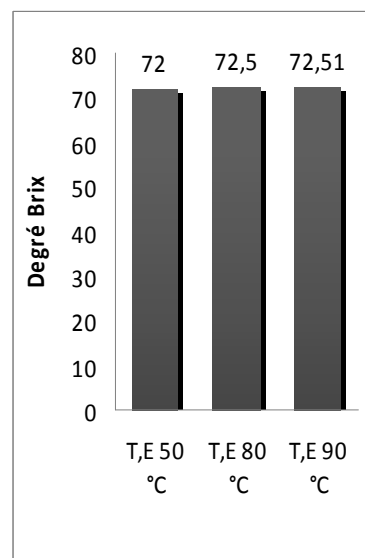


Figure 14 : Degré Brix des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)

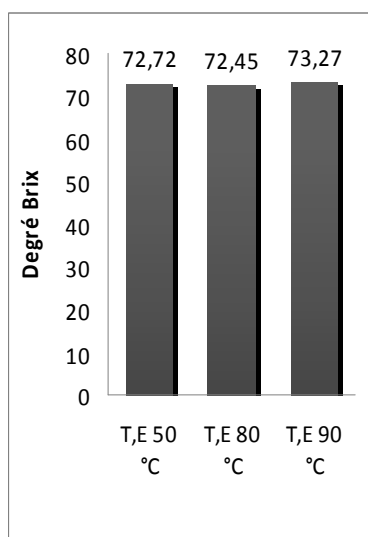


Figure 15 : Degré Brix des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)

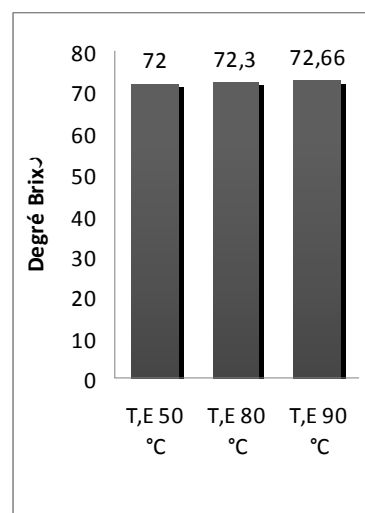


Figure 16 : Degré Brix des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)

Cependant, nos résultats sont supérieurs de ceux enregistrés par SIBOUKEUR (1997), qui montre que les extraits de dattes par tassement ont des teneurs en cendres comprises entre 1,23 et 1,50%. Toutefois, nos résultats sont inférieurs à ceux de MUSTAFA et *al* (1983), ces derniers ayant travaillé sur du «Dibs», trouvent des teneurs égales à 4,7 %, pour des taux d'extraction élevés. L'utilisation d'une presse mécanique permet d'élever la teneur en cendres dans l'extrait à 5,14 (MUSTAFA et *al*, 1983). De même, les résultats que nous avons relevés sont inférieurs à ceux enregistrés par HUSSEIN et *al* (1989) (6,6%). La méthode d'extraction est probablement la cause de l'élévation du taux des cendres dans l'extrait de dattes.

Les HFCS renferment des quantités négligeables de cendres, de l'ordre de 0.3% (ANONYME, 1999), d'où une autre caractéristique nutritionnelle des sirops de dattes.

### 3.5.2.1.8. Eléments minéraux

Les résultats de la composition minérale des sirops de dattes élaboré à partir des dattes de quatre variétés de palmier dattiers selon les 3 températures d'extractions (lots de 1 à 12), sont regroupés dans le tableau XXIV. A titre comparatif, nous avons utilisé également le tableau XIX relatif à la comparaison entre les sirops et leurs dattes respectives..

La teneur en fer des sirops de dattes MD (lot 10, 11, 12) est égale à 34, 40.96 et 40 mg pour 100g. Ces valeurs sont plus élevées que celles des sirops G et DB qui sont comprises entre 27 et 30.69 mg pour 100g. Par ailleurs, la teneur en fer des sirops de dattes DN est intermédiaire entre les deux, puisqu'elle est égale à 36.12, 32.60 et 32.77 mg pour 100g respectivement pour les lots 7, 8, 9 . En comparant ces teneurs avec celles des dattes (40.02 mg pour 100g), nous constatons qu'elles sont très proches. Ce qui nous permet de dire qu'une partie importante de fer diffuse dans le sirop.

Nos résultats sont supérieures à ceux cités par MUSTAFA et *al* (1983). Selon l'auteur le «Dibs» renfermerait 10 mg /100g du fer. D'après AL-HOUTI et *al* (2002), la teneur en fer est de l'ordre de 0.10 mg pour 100g. En conclu que la méthode adoptée dans la présente étude pour l'élaboration des sirops (diffusion) permet une meilleure extraction de cet élément.

Les besoins quotidiens en fer pour l'homme adulte sont de l'ordre de 1 à 2 mg (ANONYME, 1983). Nous pouvons avancer que nos produits sont susceptibles de répondre largement aux besoins de l'organisme en cet élément hématopoïétique.

Tableau XXIV : Teneur en éléments minéraux (mg pour 100 g de sirop frais)

Eléments minéraux Lots expérimentaux	Fe	Mg	Ca	Cl	K	Na	Zn
1	27.00	0.31	6.60	187.50	22.24	48.5	1.68
2	27.41	0.30	5.45	173.86	17.55	50.0	0.74
3	28.80	0.40	7.18	175.80	48.90	50.0	1.80
4	27.88	0.75	8.51	304.73	20.03	50.0	1.79
5	25.33	0.53	7.00	246.13	24.76	100	1.45
6	30.69	1.15	7.45	322.33	27.63	150	1.50
7	36.12	0.90	6.68	281.33	29.69	50.0	1.37
8	32.60	1.35	6.55	275.43	31.40	100	1.45
9	32.77	0.97	7.40	293.03	27.50	100	1.37
10	34.00	1.32	10.1	351.63	35.06	99.0	1.34
11	40.96	1.35	10.0	375.10	26.66	100	1.52
12	40.01	1.50	12.14	422.00	29.10	100	1.28

La teneur en magnésium des sirops de dattes MD (lots 10,11 et 12) est respectivement égale à 1.32, 1.35 et 1.50 mg /100g. On remarque que ces valeurs sont supérieures à celles des autres lots de sirops, dont les valeurs oscillent entre 0.30 à 1.15 mg / 100g exception faite pour le lot n°8 (1.35mg/100 g). On constate que nos sirops sont pauvres en magnésium par rapport aux dattes correspondantes. On rappelle les valeurs pour les dattes G, DB, DN et MD qui sont égales respectivement 36.07, 30.31, 37.10 et 30.06 mg /100g. Des résultats donnés par MUSTAFA et *al* (1983), montrent que le «Dibs» contient des teneurs en magnésium de l'ordre de 60 mg pour 100g. Nos résultats concernant les sirops (G, DB, et DN) se rapprochent de ceux cités par SIBOUKEUR (1997), selon l'auteur le jus issu de dattes molles issu par tassement, renfermerait des teneurs oscillent entre 0.20 à 0.71mg pour 100g.

La teneur en magnésium dans le corps humain de l'ordre de 30 g pour 70 Kg, d'une manière générale les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 0.3 g pour 24 heures (ALAIS et LINDEN, 1987). Nous pouvons avancer que nos produits sont de nature à répondre aux

besoins de l'organisme en cet élément.

Les teneurs en calcium des lots 10, 11, 12 ( sirops MD), respectivement égales à 10.10, 10, 12.14 mg pour 100g semblent plus élevée que celles des autres lots, puisqu'elles sont comprises entre 5.45 à 8.51mg pour 100g. D'une manière générale, les extraits de G, DB, et DN présentent des teneurs relativement faibles par rapport aux dattes correspondantes soit respectivement, 9.59, 12.13 et 13.14 mg pour 100g. En revanche, les valeurs en cet élément dans les lots de sirops MD et dans leurs dattes sont comparables. Une quantité importante en cet élément passe donc dans l'extrait, en ce qui concerne cette variété.

En comparant nos résultats avec ceux donnés par AL-HOOTI et *al* (2002), qui sont de l'ordre de 26.0 à 35.4 mg pour 100g, ainsi ceux rapportés par SIBOUKEUR (1997), qui oscillent entre 50.1 à 60.2 mg /100g, nos résultats semblent plus faibles.

Sur le plan nutritionnel, les besoins de l'organisme en calcium sont estimés entre 0.4 à 1 g par jour (ALAIS et LINDEN, 1987). La participation des sirops, au même titre que les dattes dont ils sont extraits, dans la couverture de l'organisme en cet élément n'est donc pas négligeable.

Les teneurs en chlore des lots 10, 11, 12 (sirops MD), sont respectivement égales à 351.63, 375.10 et 422.00 mg pour 100g. Ces valeurs sont plus élevées que celles des sirops DB et DN qui oscillent entre 246.13 à 322.33 mg pour 100g. Par ailleurs, la teneur en chlore des sirops de dattes G (lot 1, 2, 3) est faible par rapport à celle des autres lots de sirops, puisqu'elle est égale à 187.50, 173.86 et 175.80 mg pour 100g respectivement.

En comparant ces teneurs avec celles des dattes, nous constatons que nos extraits sont plus riches en chlore par rapport aux dattes DB, DN et MD qui ont des teneurs respectivement égales 181.66, 222.27 et 205.13 mg pour 100g. Cependant, on remarque des valeurs comparables entre elles, en ce qui concerne les sirops de dattes G (lots 1, 2, 3) respectivement 187.50, 173.86, 175.80 mg pour 100g et leur dattes (187.53 mg pour 100g) (tableau XIX). Nos échantillons sont riches en chlore comparativement aux résultats rapportés par SIBOUKEUR (1997), qui affirme que les dattes molles ont des teneurs de l'ordre de 50.1 à 143 mg pour 100g. Cette teneur élevée en chlore probablement pour origine les eaux utilisées pour la technique d'extraction.

La teneur en potassium, les sirops de dattes DN et MD ont des valeurs plus proches entre elles, qui sont comprises entre 26.66 à 31.40 mg pour 100g. Cependant, les sirops de dattes G semblent riches en potassium par rapport aux autres, puisque l'extrait à 90°C



contient 48.90 mg pour 100g de potassium. Alors que, les sirops de dattes DB comportent des teneurs intermédiaires entre les sirops de trois variétés précédentes. Comparés avec les dattes, on remarque que les sirops de dattes DB, DN, MD et G (excepté G 90<sup>0</sup>C) renferment des teneurs en potassium inférieures de celles de leurs dattes correspondantes (48.1, 48.27 et 41.35, 36.2 mg pour 100g respectivement). Nos résultats sont inférieurs à ceux donnés par MUSTAFA et *al* (1983). Selon ces auteurs le «Dibs» renferme des teneurs en potassium de l'ordre de 892 mg pour 100g. Cependant, AL-HOOTI et *al* (2002), rapportent que les sirops de dattes variété Bihri et Safri en contiennent entre 497.9 à 531 mg pour 100g.

Sachant que la teneur en potassium dans le corps humain est de l'ordre de 140g pour 70 Kg. En effet, les besoins quotidiens sont de l'ordre de 1 g pour par jour (ALAIS et LINDEN, 1987). Nous pouvons avancer que les sirops de dattes peuvent répondre aux besoins de l'organisme en cet élément.

Les teneurs en sodium des lots 1, 2 et 3 ( sirops G), sont respectivement égales à 48.5, 50.0 et 50.0 mg pour 100g. On remarque que ces valeurs sont faibles comparées à celles des autres lots qui varient entre 50 à 150 mg pour 100g. On constate, parallèlement, que les sirops, excepté ceux de la variété G, présentent des teneurs en sodium plus élevées que les dattes correspondantes (soient 49, 49,8 et 50mg pour 100g respectivement pour DB, DN et MD). Nos résultats semblent faibles comparés aux données bibliographiques. En effet, selon AL-HOOTI et *al* (2002)), le sirop de dattes comporterait une teneur en sodium de l'ordre de 595 à 673 mg pour 100g alors que selon. MUSTAFA et *al* (1983), il renfermerait une teneur beaucoup plus faible soit 16 mg pour 100 g.

La teneur en sodium dans le corps humain est de l'ordre de 100 g pour 70 Kg Les besoins quotidiens sont de l'ordre de 1 g par jour. L'apport en cet élément par la consommation des dattes et/ou de leur sirop est à prendre en considération.

La teneur en zinc des lots de sirops (toute variété confondue) fluctue entre 0.74 à 1.80 mg pour 100g. Toutefois, les lots 1 et 3) semblent riches en zinc par rapport aux autres lots puisqu'ils ont une teneur respectivement égale à 1.68 et 1.80 mg pour 100 g. Comparés aux dattes, on constate que ces dernières sont riches en zinc par rapport à leurs sirops. On rappelle que les teneurs en zinc des dattes G, DB, DN et MD, sont respectivement égales à 3.29, 3.22, 4.0 et 3.09 mg pour 100g. En comparant ces teneurs avec celles citées par AL-HOOTI et *al* (2002) et qui fluctuent entre 0.28 à 0.31 mg pour 100g., nous constatons que nos lots expérimentaux de sirop, objet de la présente étude, en sont assez riches. On en conclut que

des teneurs importantes en éléments minéraux se retrouvent dans les sirops, notamment dans ceux issus de la variété MD. Sachant que les besoins quotidiens en zinc pour l'homme est 25 mg par jour. Nous pouvons dire que nos produits sont en mesure de contribuer à la couverture des besoins de l'organisme en cet élément .

Concernant la teneur en éléments minéraux des HFCS, d'après ANONYME (1999), ces derniers renferment des teneurs en chlore, et en cuivre égales 0.5 mg pour 100g et 0.015 mg pour 100 g respectivement. La présence de ces teneurs peut être s'expliqué par le fait des traitements de l'hydrolyse de l'amidon. Les autres éléments ne sont pas présents dans les HFCS de l'industrie de l'amidon (ANONYME,1999),

### 3.5.2.2. Caractéristiques biochimiques des sirops de dattes

#### 3.5.2.2.1. Dosage qualitatif des sucres

L'analyse chromatographique des sucres des lots de sirops de dattes étudiées, a permis d'identifier trois spots de couleur et de Rf différents. On peut en déduire que nos échantillons renferment au moins trois sucres :

- le fructose, de couleur bleu violet ;
- le glucose de couleur bleu foncé ;
- le saccharose de couleur bleu clair (fig.17 et fig.18).

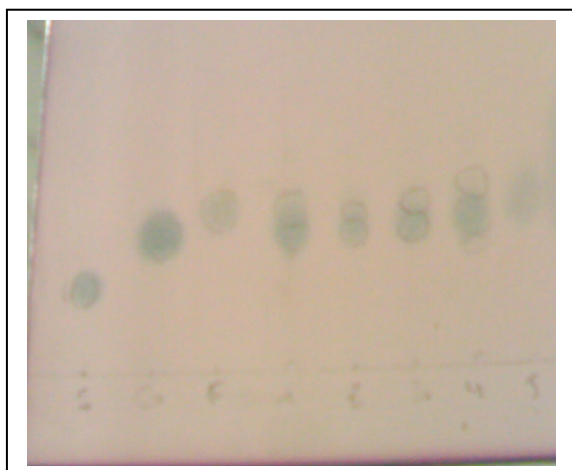
On remarque, que les trois sucres majeurs, composant les variétés de dattes étudiées, ont été mis en évidence dans les sirops. Le tableau XXV résume les résultats de cette analyse. L'absence du saccharose caractérise les lots 1, 2, 3 (variété G). Des résultats similaires ont été rapportés par SAWAYA et *al* (1983), sur les variétés molles affirmant aussi l'absence du saccharose.

De nombreux auteurs dont MEKKI et *al* (1983) ; MUSTAFA et *al* (1983) ; ABDELFAH (1990) ; AL-HOUTI et *al* (2002) ; EL-OGAIDI (2000), affirment que les extraits de dattes ont des teneurs appréciables en ces trois sucres majeurs.

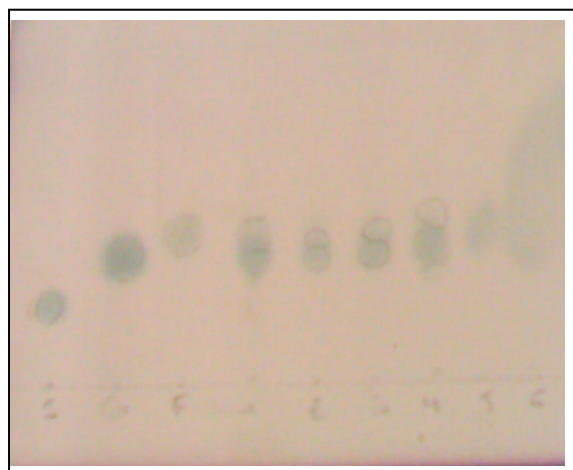
Les résultats du dosage qualitatif des sucres des 12 lots expérimentaux des sirops de dattes sont portés dans le tableau XXV.

Il en ressort ce qui suit :

les lots 1, 2, 3 renferment du glucose (Rf 0.26, 0.27, 0.27) et du fructose (Rf 0.31, 0.33,



Sacc Glc Frc 1 2 3 4 5  
 Figure 17 : Chromatogramme des  
 lots expérimentaux n° 1, 2, 3, 4 et 5



Sacc Glc Frc 6 7 8 9 10 11 12  
 Figure 18 : Chromatogramme des  
 lots expérimentaux n° 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12

Tableau XXV : Dosage qualitatif des sucres des sirops de dattes

	sucres			
	sucres	saccharose	Glucose	Fructose
	couleur	bleu-claire	bleu-foncé	bleu-violet
<b>sucres témoins</b>	Rf	0,15	0,26	0,30
<b>Lots expérimentaux</b>	1	-	0,26	0,31
	2	-	0,27	0,33
	3	-	0,27	0,33
	4	0,18	0,26	0,33
	5	0,18	0,26	0,34
	6	0,18	0,27	0,33
	7	0,19	0,28	0,32
	8	0,16	0,27	0,37
	9	0,17	0,29	0,36
	10	0,16	0,28	0,36
	11	0,18	0,27	0,30
	12	0,18	0,28	0,33

- absence du saccharose

0.33). Ceci est conforté par la figure 17 où l'on remarque l'absence du spot correspondant au saccharose.

Les lots de 4 à 12 renferment les 3 glucides (glucose, fructose et saccharose) (fig.17 et 18).

### **3.5.2.2.2. Dosage quantitatif des sucres**

Les résultats du dosage quantitatif des sucres sont obtenus selon trois méthodes (de BERTRAND, de SELIWANOFF et méthode à la Glucose-oxydase) (tableau XXVI).

#### **3.5.2.2.2.1. Sucres totaux**

La teneur en sucres totaux des sirops de dattes DN, G, DB et MD à T.E 50°C (lots 1, 4, 7 et 10 est égale à 84.86, 72.92, 70.0 et 72.40%, respectivement. Ces valeurs semblent supérieures à celles des sirops extraits à 80°C et 90°C et à celles des dattes correspondantes (tableau XXI et XXVI). Ceci peut être expliqué par la stabilité des sucres dans ces conditions d'extraction (50°C et pH) (Annexe 16), les valeurs des pH des sirops DN, G, DB et MD étant égales respectivement à  $5,28 \pm 0,02$ ,  $4,90 \pm 0,02$ ,  $4,86 \pm 0,005$  et  $5,09 \pm 0,02$ . En effet, la formation des dérivés furfuraliques dues à l'instabilité des oses en milieu acide et à chaud, ne peut avoir lieu dans ces conditions de pH et de température. Par ailleurs, certains phénomènes biologiques sous l'effet thermique (réaction de Maillard, oxydation...) pourraient être à l'origine de la diminution de la teneur en sucres totaux des sirops de dattes extraits à 80°C et 90°C par rapport celle de dattes et à celles des extraits à 50°C. La fonction aldéhydique des oses est susceptible en effet d'être oxydée en présence des sels (WEIL, 2001).

#### **3.5.2.2.2.2. Sucres réducteurs**

La teneur en sucres réducteurs, tout lot confondu des sirops de dattes est importante par rapport à celle des dattes correspondantes (tableau XXVI.). Par ailleurs, les lots de sirops prévenant des dattes

G et DN présentent des teneurs élevées en sucres réducteurs comparativement aux sirops de dattes DB et MD.

#### **3.5.2.2.2.3. Saccharose**

La teneur en saccharose des sirops de dattes G (lots 1, 2, et 3) est plus faible que celle des sirops issus d'autre variétés (lots de 4 à 12), puisqu'elle est de l'ordre de 0.06 à 1.71 % (tableau XXVI.). Ceci peut être expliqué par la teneur relativement élevée en eau des dattes

**Tableau XXVI : Caractéristiques biochimiques des sirops de dattes**

C. Biochimiques		Sucres totaux		Sucres réducteurs		Saccharose (%)		glucose (%)	Fructose (%)	Glu / Eau	Fru / Glu
		(%)		(%)							
N <sup>o</sup> lots et dattes		dattes	sirops	dattes	sirops	dattes	sirops	sirops	sirops	sirops	sirops
Ghars	1	71.79	72.92	70.00	71.11	01.70	01.71	37.03 ± 20.	28.69 ± 3.13	2.45	0.77
	2		70.63		70.05		0.55	28.86 ± 3.23	0.001	1.08	0.94
	3		67.11		67.04		0.06	29.86 ± 1.85	29.14 ± 2.20	1.40	0.97
'Degla Beida)	4	67.33	70.01	20.15	37.08	44.82	31.28	29.38 ± 3.00	24.71 ± 0.67	0.91	0.84
	5		52.28		23.57		27.27	29.50 ± 1.22	19.28 ± 0.49	0.98	0.65
	6		62.35		33.85		27.07	37.93 ± 3.92	0.02	1.60	0.54
Deglet Nour	7	52.08	84.86	13.90	69.22	36.23	14.85	34.46 ± 5.17	22.29 ± 1.83	1.91	0.64
	8		62.50		49.00		12.82	26.63 ± 1.76	6.53	1.24	0.86
	9		57.90		35.00		21.75	21.50 ± 4.33	22.96 ± 0.31	0.81	1.06
Mech Degla	10	55.31	72.40	18.45	41.47	34.73	23.75	31.80 ± 3.17	24.22 ± 0.02	1.17	0.76
	11		68.00		36.00		30.40	24.43 ± 3.92	0.41	1.08	0.78
	12		50.13		27.21		21.77	22.50 ± 0.36	7.89	1.09	0.65

G, d'où accélération du processus de l'inversion du saccharose en sucres invertis (MAATALLAH, 1971).

Nos résultats sont cependant faibles que ceux de SIBOUKEUR (1997), qui affirme que les dattes molles ont des teneurs en saccharose comprises entre 4.9 à 6.2 %. Par ailleurs, nos résultats se situent dans la fourchette citée par DOWSON et ATEN (1963). Selon ces deux auteurs les dattes molles renfermeraient entre 0 à 20 % de saccharose, ce qui conforte nos résultats.

ABDELFATTAH (1990), rapporte que le «Dibs» comporterait 96% de sucres totaux, 90.4% de sucres réducteurs et 5.6 % du saccharose. D'après MUSTAFA et *al* (1983), ces teneurs en sucres seraient égales à 83.5 %, 79.20 % et 4.32 % respectivement pour les sucres totaux, réducteurs et saccharose.

#### 3.5.2.2.2.4. Glucose

Excepté pour les sirops issus des dattes DB (lots 4, 5, 6), la teneur en glucose des sirops à 50<sup>0</sup>C (lots 1, 7, 10) est élevée par rapport à celle des sirops obtenus à 80<sup>0</sup>C (lots 2, 8, 11) et à 90<sup>0</sup>C (lots 3, 9, 12). La quantité de glucose semble être liée à la température d'extraction. En effet, il semble que 50<sup>0</sup>C permet la meilleure extraction et/ ou stabilité du glucose. En revanche, 90<sup>0</sup>C donne en général une teneur plus faible en ce monosaccharide.

#### 3.5.2.2.2.5. Fructose

La teneur en fructose des lots 1, 2, 3 (G) est respectivement égale à 28.69 % ± 3.13, 27.39 % ± 0.001 et 29.14 % ± 2.20 (tableau XXVI.). Ces valeurs sont élevées par rapport à celles des autres lots. Ces résultats semblent comparables à ceux rapportés par MEKKI et *al* (1983), selon lesquels le «Dibs» comporterait des teneurs en glucose et en fructose équivalentes, soit respectivement 36.80 et 36.60 %. Nos résultats concernant les sirops de dattes G (lots 2, et 3), concordent avec ceux des données bibliographiques (MEKKI et *al* 1983). On rappelle ces valeurs pour le glucose et le fructose, lots 2 (28.86% ± 3.23 et 27.36% ± 0.001) et lots 3 (29.96% ± 1.85 et 29.14% ± 2.20) respectivement.

Des résultats rapportés par EL-OGAIDI (2000), montrent que le «Dibs» renferme des quantités plus importantes en glucose et fructose soit 52.5 % et 48 %, respectivement. Nos résultats semblent rejoindre ces données bibliographiques.

### 3.5.2.2.6. Cristallisation

La cristallisation est donnée par le rapport glucose / eau. Elle se produit d'autant plus rapidement que ce rapport est plus élevé (PROST, 1977). Les résultats obtenus montrent une variation de cristallisation entre 0.81 et 2.45.

L'analyse statistique (ACP) montre en effet un coefficient de corrélation élevé entre la teneur la cristallisation et le glucose (0.78).

Globalement, les sirops présentant des teneurs en glucose élevées, tel que les lots 1, 3, 6 et 7 ont un rapport de cristallisation important soit respectivement 2.45, 1.40, 1.60, 1.91 et 1.24. Alors que, le lot 2 caractérisé par une teneur élevée en glucose (28.86 %), mais il présente un rapport relativement plus faible. Ceci peut s'expliquer par le fait que la teneur en eau est relativement élevée ( $25\% \pm 1,0$ ), due à la phase de condensation. Celle-ci a un impact directe sur la cristallisation. Celle-ci est d'autant plus difficile, que la quantité d'eau est élevée.

Parallèlement, le rapport fructose / glucose peut nous renseigner sur le potentiel de cristallisation. Plus le rapport est élevé, plus le taux de fructose est élevé, plus la cristallisation est faible (tableau XXVI). Ainsi, le lot 9 (DN 90<sup>0</sup>C) semble le moins apte à la cristallisation puisqu'il présente le rapport le plus élevé. En revanche, les lots 6 (DB 90<sup>0</sup>C) et lots 12 (MD 90<sup>0</sup>C) semble les plus aptes à la cristallisation. Ces résultats sont justifiables du fait des propriétés du fructose. IL est connu que le fructose empêche la cristallisation des sucres en présence (PROST, 19977) (comme dans le miel d'abeille et dans le liquide séminal...). EL-SHAARAWY et *al* (1989), ayant travaillé sur des variétés Saoudiennes, donnent le rapport inverse glucose / fructose de l'ordre de 1.09 et 1.13. Ce dernier est proportionnel à la cristallisation. On peut en conclure que plus la teneur en fructose augmente, plus la cristallisation devient difficile.

Les HFCS de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> génération présentent un rapport de cristallisation respectivement égal à 1.82 1.78, ce qui rapproche la texture de ces derniers de celle des sirop de dattes.

### 3.5.2.2.3. Teneur en protéines

Le tableau XXVII regroupe les résultats du dosage quantitatif des protéines des sirops de dattes obtenus, selon la méthode de LOWRY (1951). Les sirops de dattes, tout lot confondu présentent des teneurs en protéines assez comparables. Ces teneurs varient entre (lot 9) 0.90%  $\pm$  0.01 et (lot 2) 1.15 %  $\pm$  0.04.

Nos résultats se rapprochent de ceux de AL-FARSI et *al* (2006). D'après ces auteurs, les sirops de variétés Omaneines contiendraient des teneurs en protéines de l'ordre 0.95 % à 1.09%.

Toutefois, nos résultats semblent plus faibles que ceux annoncés par MUSTAFA et *al* (1983), selon lesquels le «Dibs» comporte une teneur en protéines égale à 2.13 % du poids frais. Cependant, des teneurs de l'ordre de 1.22 % ont été signalées par AL-HOOTI et *al* (2002). Alors que, ABDELFATTAH (1990), rapporte une teneur de l'ordre de 0.5 %.

Par ailleurs, nous remarquons que la teneur en protéines des sirops de dattes DN et G est similaire à celle de dattes correspondantes.

Comparés aux teneurs en protéines des dattes de quatre variétés, qui sont égales  $1.10 \% \pm 0.04$ ,  $0.81 \% \pm 0.07$ ,  $0.99 \% \pm 0.03$ , et  $0.88 \% \pm 0.07$  respectivement pour G, DB, DN, et MD, ces résultats sont de nature à indiquer qu'une quantité importante de protéines passe de la datte vers les sirops, lors de la diffusion. IL est important de rappeler que les protéines bien qu'existant en petites quantités sont qualitativement bien équilibrés (MAATALLAH, 1970 ; BERINDI, 2000).

Etant donné, que les HFCS sont élaborés à partir de l'hydrolyse de l'amidon, ils sont dépourvus de protéines. Ce qui rehausse l'intérêt nutritionnel des sirops de dattes par rapport aux isoméroses.

#### 3.5.2.2.4. Teneur en pectines

La teneur en pectines des lots 1, 2, 3 semble plus faible par rapport à celle des autres lots. Elle est égale à  $0.1 \% \pm 0.17$ ,  $0.43 \% \pm 0.31$  et  $0.4 \% \pm 0.25$  respectivement (tableau XXVII). On remarque l'augmentation de cette valeur en fonction de la T.E. Ceci semble être dû à l'effet de la température d'extraction qui peut provoquer une extraction poussée des pectines. Les mêmes remarques sont valables pour ce qui concerne les extraits de DB, DN et MD.

Les résultats obtenus sont plus proches de ceux donnés par MUSTAFA et *al* (1983), qui sont de l'ordre de 2.15 %. Cependant, ALI et *al* (1993), affirment que le «Dibs» extrait par microwave contient une teneur en pectines de l'ordre de 1.47 %. L'inconvénient d'une teneur importante en pectines est l'apparition du trouble affectant la qualité organoleptique et souvent indésirable par le consommateur. En effet, ABDELFATTAH (1990), évoque les traitements enzymatiques par la pectinase, afin d'obtenir un «Dibs» sans impuretés. Dans le



**Tableau XXVII : Composition en protéines et en pectines des sirops de dattes**

c. biochimiques N° Lots de sirops exp.	protéines (%)		pectines (%)
	dattes	sirops	sirops
1	1.10 ± 0.04	1.10 ± 0.04	0.1 ± 0.17
2		1.15 ± 0.04	0.43 ± 0.32
3		1.05 ± 0.01	0.41 ± 0.25
4	0.80 ± 0.07	1.02 ± 0.03	1.70 ± 1.15
5		1.08 ± 0.04	2.0 ± 0.96
6		0.97 ± 0.04	2.10 ± 0.90
7	0.99 ± 0.03	0.99 ± 0.06	1.90 ± 0.26
8		0.97 ± 0.04	2.10 ± 0.70
9		0.90 ± 0.01	2.50 ± 0.68
10	0.88 ± 0.07	1.04 ± 0.03	1.40 ± 1.90
11		1.06 ± 0.03	2.70 ± 0.28
12		0.99 ± 0.06	2.70 ± 0.20

cas de la présente étude, les faibles quantités en pectines seraient responsables de la limpidité de nos produits, ce qui nous évite de recourir aux techniques de clarification.

### 3.6. Conclusion

Les sirops de dattes faisant objet de la présente étude, sont obtenus par la méthode d'extraction par diffusion. Ils présentent une coloration ambrée plus au moins foncée. Cette dernière est en relation avec l'intensité du traitement thermique appliqué. Les sirops de dattes sont limpides, ce qui nous permet d'éviter d'avoir recours à des procédés de clarification.

Concernant la méthode d'extraction adoptée, celle-ci permet une diffusion rapide des sucres (SHUBBAR, 1981). Les extraits obtenus sont caractérisés par une teneur en eau élevée. Ce qui nécessite, le recours à des traitements de concentration. Cette opération est indispensable car elle permet d'abaisser l' $a_w$ . Ceci entrave le développement des microorganismes et facilite ainsi la conservation du produit (CHEFTEL et al, 1983).

L'étude montre que les températures 90°C et 80°C sont les mieux indiquées pour une extraction poussée des sucres et des autres substances solubles. En outre, les extraits de la variété Ghars à trois T.E ont un taux de solides solubles initial élevé ce qui facilite l'opération de leur condensation (concentration).

Les résultats des analyses physico-chimiques des sirops de dattes en comparaison avec ceux des dattes correspondantes et ceux des HFCS, ont fait ressortir les points suivants :

- globalement, les sirops des dattes sont de pH moins acide que celui des HFCS.
  - la conductivité électrique des sirops de dattes bien que plus faible que celle des dattes correspondantes, indique qu'il y a diffusion d'une quantité non négligeable d'éléments minéraux dans les sirops.
  - la teneur en eau des sirops de dattes et des HFCS est faible, Les sirops de dattes peuvent être considérés comme des aliments à faible humidité dont la conservation est facile.
  - le degré Brix des sirops de dattes est proche de celui des HFCS ce qui a justifié l'appellation de ces produits " sirop de dattes".
  - les analyses, qualitative et quantitative des sucres montrent la richesse des lots de sirops Ghars, en Glc et en Frc. Le saccharose caractérise les lots des variétés sèches (DB et MD). Les résultats montrent une teneur élevée en fructose pour la variété Ghars. Ce qui est à l'origine du goût relativement sucré des dattes et leurs sirops. Les HFCS de 1<sup>ère</sup> génération présente une grande similitude avec les sirops de dattes Ghars en matière de composition glucidique.
  - du dosage des éléments minéraux (Fe, Zn, Mg, Ca, Cl, Na et K), il ressort les points suivants :

Les 7 éléments dosés dans les dattes se retrouvent dans leurs sirops en quantité non négligeable. Le fer existe en quantité élevée dans les sirops et leurs dattes et particulièrement dans les sirops MD. Ces produits peuvent enrichir une ration alimentaire, en fer et contribuer à combattre les anémies ferriprives. Les sirops de dattes MD semblent plus riches en éléments minéraux par rapport aux autres sirops.
  - les sirops de dattes renferment des teneurs en protéines non négligeables comparées aux teneurs en protéines des dattes. Parallèlement, les HFCS issu de l'amidonnerie sont dépourvus des protéines comparativement aux sirops de dattes. Ce qui rehausse l'intérêt nutritionnel de ces derniers.
- De tout ce qui précède, nous pouvons conclure que les sirops de dattes présentent une valeur nutritive plus intéressante que celle des sirops à haute teneur en fructose.

### **3.7. Effet de la température d'extraction sur quelques caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des sirops**

La qualité des sirops dépend en premier lieu de celle des dattes. Parfois le traitement mis en œuvre dans une technique permet de modifier ces caractéristiques.

#### **3.7.1. Effet de la température d'extraction sur les caractéristiques physico-chimiques**

##### **3.7.1.1. Effet de la température d'extraction sur le pH**

Les figures 20, 21, 22, montrent pas une très faible influence de la température d'extraction sur le pH pour les lots autres que ceux de G (lots de 4 à 12).

Ces résultats sont en concordance avec ceux rapportés par EL-SHAARAWY et *al* (1989) et ALI et *al* (1993). Selon ces auteurs la température d'extraction influencerait légèrement sur le pH. En effet, EL-SHAARAWY et *al* (1989) rapportent que les pH du jus de dattes obtenus à 50, 90, 100 et 121<sup>0</sup>C sont égales 5.9, 5.8, 5.8 et 5.5 respectivement .

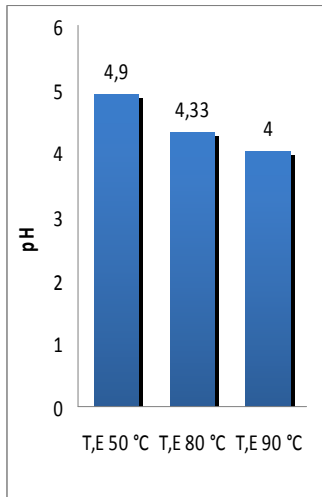
Dans le même contexte, ALI et *al* (1993) rapportent que les pH des extraits de dattes sont égaux à 5.5, 5.4 et 5.4 pour les températures d'extraction 81, 90, et 92.<sup>0</sup>C respectivement.

Toutefois, la figure 19 semble montrer une légère diminution du pH en fonction de la température d'extraction des sirops issus des dattes variétés G (lots1, 2, 3). La figure montre en effet, que le pH des sirops des lots obtenu à 80<sup>0</sup>C et 90<sup>0</sup>C (lots 2 et 3) diminue par rapport à celui du lot 1 (50<sup>0</sup>C). Il semble donc qu'une température d'extraction élevée, permet la diffusion des acides organiques chez les variétés molles telle que la « Ghars ».

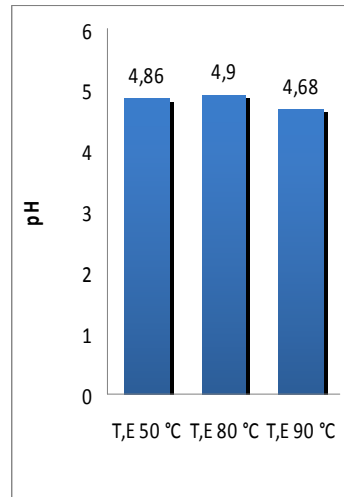
##### **3.7.1.2. Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres**

La température d'extraction ne semble pas avoir une influence sur la teneur en cendres des lots de sirops G et DN. Elle est égale  $0.96 \pm 0.05$ ,  $0.97 \pm 0.04$  et  $0.96 \pm 0.05$  respectivement pour les lots 1, 2 et 3 (fig. 23) et  $1.5 \pm 0.5$ ,  $1.8 \pm 0.86$  et  $2 \pm 0.001$  respectivement pour les lots 7, 8 et 9 (fig. 25).

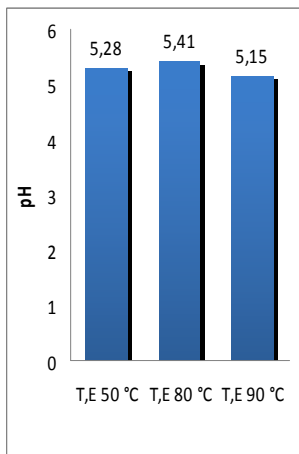
Concernant les sirops DB et MD (fig. 24 et fig. 26), les teneurs en cendres semblent augmenter progressivement en fonction de la température d'extraction. Cette évolution similaire est de nature à penser que la température influe sur l'extraction des cendres des dattes des deux variétés sèches.



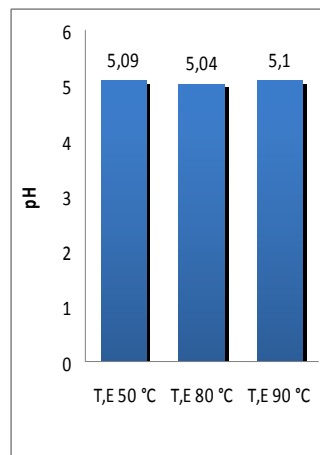
**Figure 19 :** Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)



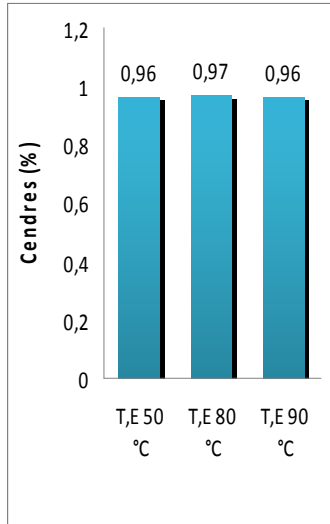
**Figure 20 :** Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)



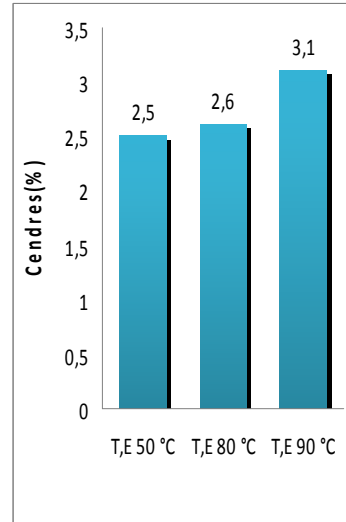
**Figure 21 :** Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)



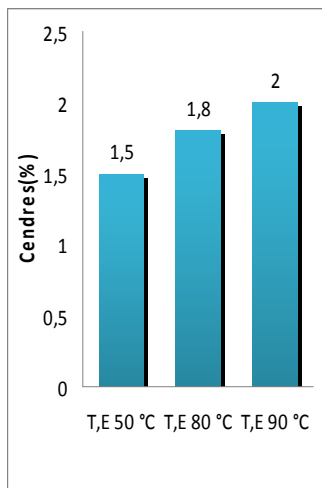
**Figure 22 :** Effet de la température d'extraction sur le pH des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)



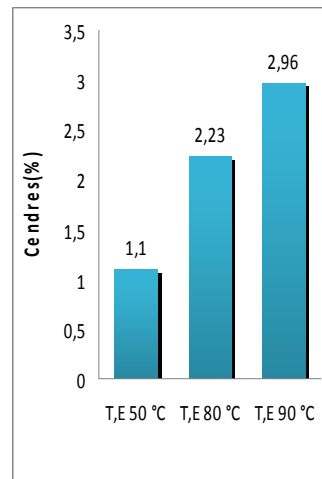
**Figure 23 : Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



**Figure 24 : Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**



**Figure 25 : Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**



**Figure 26 : Effet de la température d'extraction sur le taux de cendres des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**

Des résultats comparables ont été rapportés par MUSTAFA et *al.*, (1983) sur un « Dibs » obtenus par tassement (à température ambiante) et un autre par extraction à haute température. Leur teneur respective égales à 1.46 et 2.15 %, montre que la température d'extraction pourrait modifier le taux de cendres du produit.

### **3.7.1.3. Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau**

La teneur en eau des sirops de dattes aux trois températures d'extraction est déterminée immédiatement après la phase d'extraction donc avant le processus de condensation (fig. 27, 28, 29,30). Rappelons que pour un poids P de dattes, nous avons utilisé deux volumes d'eau (2P).

Les sirops de dattes G (lot 1, 2, 3) renferment des teneurs en eau égales à 72.5, 56, 51 % respectivement. On remarque que la teneur en eau des trois extraits diminue progressivement en fonction de la température d'extraction. Ce qui est justifiable du fait que la température d'extraction a un effet direct sur l'évaporation de l'eau. Ces mêmes remarques sont valables pour les autres lots, mais la diminution est moins sensible. Des résultats similaires ont été enregistrés par EL-SHAARAWY et *al* (1989), montrant que les extraits de dattes obtenus à 50°C, 90°C, 100 °C et 121°C, renferment des teneurs en eau égales à 89, 84, 79 et 78 % respectivement.

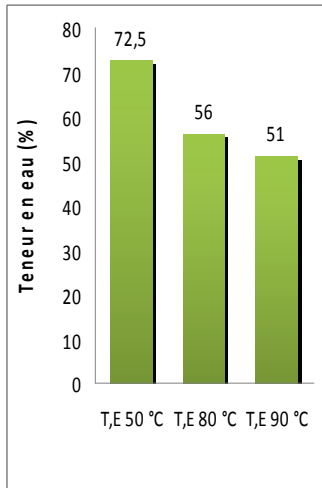
### **3.7.1.4. Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche**

Le taux de matière sèche des sirops de dattes des quatre variétés est enregistré dans la figures, 31, 32, 33 et 34. On remarque que cette valeur augmente progressivement en fonction de la température. Des résultats ont été rapportés par EL-SHAARAWY et *al* (1989), affirmant que le taux de matière sèche augmente en fonction de la T.E. On rappelle les valeurs égales à 11, 16, 21, 22 % respectivement pour 50°C, 90°C, 100°C et 121°C. Il en ressort que la température d'extraction influe sur le taux de matière sèche. Celle-ci est autant plus élevée que la température est élevée.

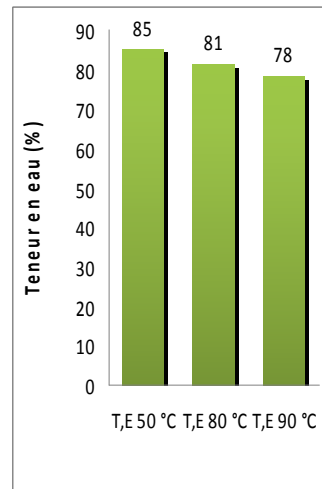
### **3.7.1.5. Effet de la température d'extraction sur teneur en éléments minéraux**

L'analyse du tableau XXIV, nous permet de faire ressortir les constatations suivantes :

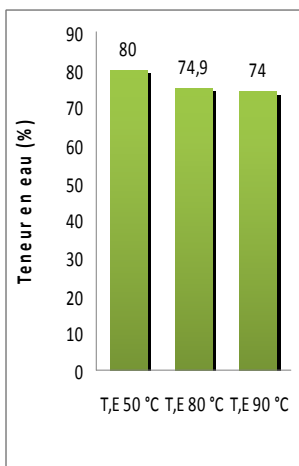
La teneur des sirops de dattes en fer augmente relativement en fonction de la température d'extraction puisqu'elle passe de 34 à 40 mg pour 100g dans le cas des lots 10,11



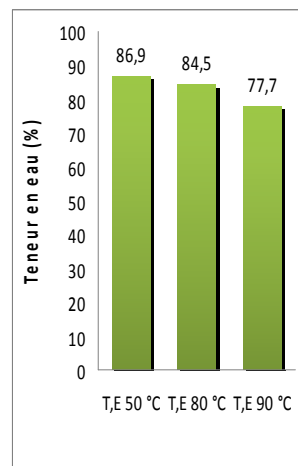
**Figure 27 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



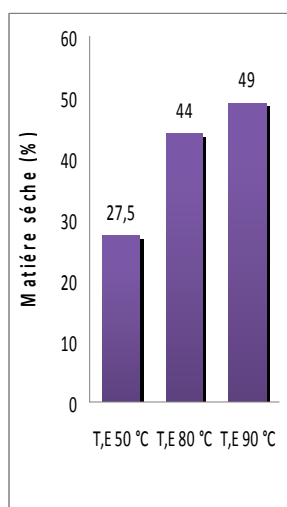
**Figure 28 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**



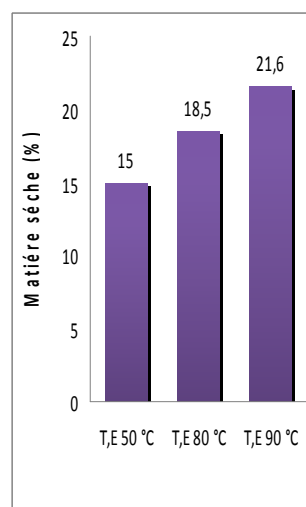
**Figure 29 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8,9)**



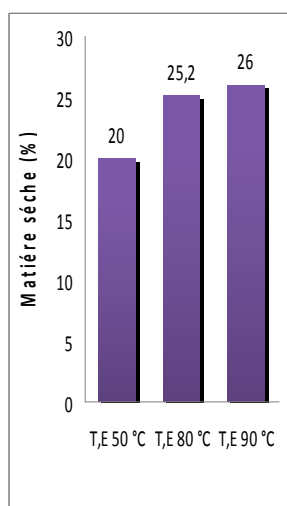
**Figure 30 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en eau des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**



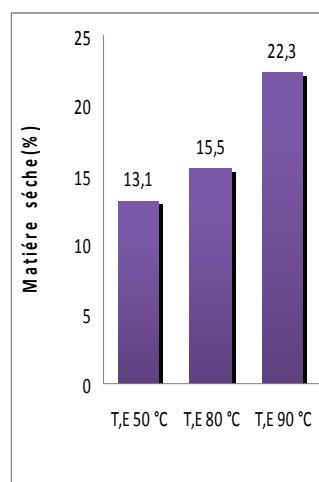
**Figure 31 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



**Figure 32 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**



**Figure 33 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**



**Figure 34 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en matière sèche des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**



et 12 à titre d'exemple. Ceci semble indiquer que la température d'extraction aurait un effet sur la diffusion du fer.

La teneur en magnésium des sirops de dattes, augmente en fonction de la température d'extraction pour les sirops de la variété G, DB et MD exception faites pour les lots DN (lots 7, 8, 9). Selon MUSTAFA *et al* (1983), la teneur en magnésium obtenue par pressurage et l'extraction à haute température (supérieure à 90<sup>0</sup>C) est égale 60 à et 143 mg /100g respectivement. Ceci semble conforter nos résultats qui montrent des valeurs relativement élevées pour la température d'extraction 90<sup>0</sup>C comme c'est le cas des lots 10,11 et 12 (MD) où la teneur passe de 1.32 ( TE 50<sup>0</sup>C) à 1.50 mg pour 100 (TE 90<sup>0</sup>C).

Les teneurs en calcium des différents lots expérimentaux semblent comparables. Néanmoins, Ces teneurs paraissent globalement légèrement plus importantes avec le température d'extraction 90<sup>0</sup>C en ce qui concerne les lots sirops de dattes des variétés G, DN et MD en particulier.

Les teneurs en chlore sont importantes par rapport aux données bibliographiques. La température d'extraction pour les variétés DN, DB et MD semble avoir un effet de diffusion du chlore de dattes vers les sirops plus important.

La teneur en sodium des différents lots expérimentaux augmente en fonction de la température d'extraction. Ces teneurs paraissent plus importantes avec la température d'extraction 90<sup>0</sup>C.

Concernant la teneur en potassium et en zinc, l'effet ne semble pas évident.

### **3.7.2. Effet de la température d'extraction sur les caractéristiques biochimiques**

L'influence éventuelle de la température d'extraction sur quelques caractéristiques biochimiques a été étudiée dans le but de préserver, voir d'améliorer la qualité nutritionnelle et diététique des sirops de dattes.

#### **3.7.2.1. Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres**

##### **3.7.2.1.1. Sucres totaux**

La teneur en sucres totaux pour les lots expérimentaux 1, 2 et 3 est égale à 72.92, 70.63, 67.11 % respectivement. On remarque que cette valeur diminue progressivement en fonction de la T.E, les mêmes remarques ont été enregistrées pour les sirops de dattes DN (lot 7, 8, 9)

et MD (10, 11, 12) (fig. 35, 36, 37 et 38). La réaction de Maillard et l'oxydation peuvent être à l'origine de cette diminution (MULTON, 1992).

Des résultats similaires ont été enregistrés par MUSTAFA et *al* (1983). Selon ces auteurs la teneur en sucres totaux du « Dibs » obtenu par pressurage à froid semble plus élevée (83.50 %) que celle obtenue par macération à haute température (79.45 %).

### 3.7.2.1.2. Sucres réducteurs

La teneur en sucres réducteurs évoluent de la même manière que les sucres totaux (fig. 39, 40, 41 et 42). Les mêmes phénomènes, cités précédemment seraient probablement à l'origine de ce comportement. Nos résultats se rapprochent de ceux cités par MUSTAFA et *al* (1983). Selon ces auteurs, le « Dibs » extrait par pressurage et celui à haute température renferment des teneurs en sucres réducteurs égales à 79.20 et 74.83 % respectivement.

### 3.7.2.1.3. Glucose

La teneur en glucose des sirops de dattes G (lot 1, 2, 3) est égale à 37.03, 28.86 et 29.96% respectivement (fig.43). On remarque la diminution de cette dernière à 80°C. Les figures 45, 46 montrent la même évolution de la teneur en glucose que celle des lots Ghars.

La figure 44, indique une exception pour la variété DB où la TE 90°C permet une meilleure extraction du glucose 37.93 % contre 29.38 % à 50°C

On peut penser qu'à 90°C sous l'effet de la température et de l'acidité (pH varie de 4 à 5.41) une déstabilisation du glucose serait survenue, générant ainsi des dérivés furfuraliques.

### 3.7.2.1.4. Fructose

La teneur en fructose des lots de sirops semblent évoluer selon la consistance de la datte. En effet, les figures 47 et 49 montrent que cette teneur est pratiquement inchangée en fonction de la température d'extraction. En revanche, les lots issus des variétés sèches montrent une variation en fonction de la température d'extraction (fig.48 et 50). Ainsi le lot 12 semble perdre une plus grande partie de fructose (fig.50).

## 3.7. 2.2. Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines

Globalement, la teneur en protéines des lots de sirops est plus faible par rapport à celle relevée dans la bibliographie. Elle est comprise entre 0.90 (lot 9) et 1.15 (lot 2). Pour les

variétés étudiées, les teneurs en protéines semblent non affectées par la température d'extraction (fig. 51, 52, 53, 54).

Nos résultats différents de ceux donnés par MUSTAFA et *al* (1983). D'après ces auteurs les extraits de dattes « Dibs » extraits par pressurage et à haute température (supérieure à 90°C) renferment des teneurs en protéines à égales 2.13 et 0.83 % respectivement.

### 3.7.2.3. Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines

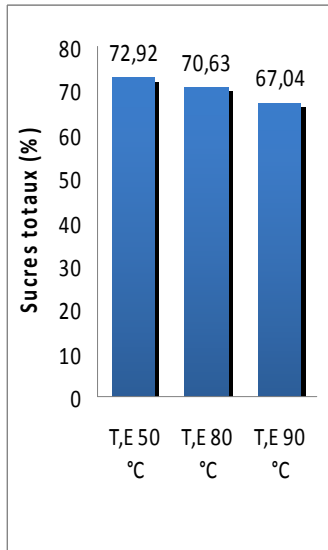
La teneur en pectines des lots 1,2 et 3 est respectivement égale à  $0.10 \pm 0.04$ ,  $0.43 \pm 0.31$  et  $0.41 \pm 0.25$ . Cette valeur paraît faible par rapport aux autres lots de sirops. Toutefois, il est important de signaler que les dattes de (variété G) renferment peu des pectines comparativement aux autres variétés. Ce qui explique la diminution des teneurs obtenus par les lots 1, 2 et 3. Les figures (55, 56, 57, 58) montrent l'évolution des teneurs en pectines. La TE 90°C semble améliorer l'extraction des pectines.

Ces résultats rejoignent ceux donnés par ALI et *al* (1993), qui affirment que la teneur en pectines augmente en fonction de température d'extraction. Les valeurs enregistrées à savoir 0.97, 1.06 et 1.47 % respectivement à 94, 97 et 98 °C.

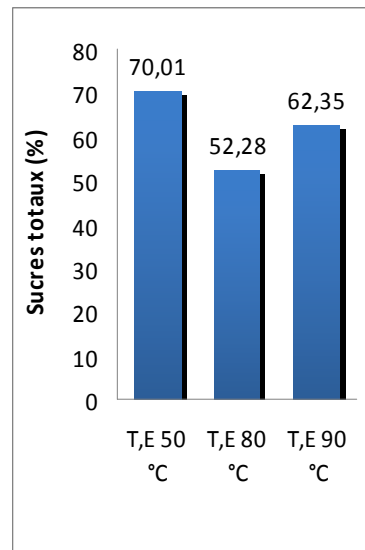
## 3.8. Conclusion

Les résultats relatifs à l'influence de la température d'extraction sur les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des sirops de dattes ont fait ressortir les constatations suivantes :

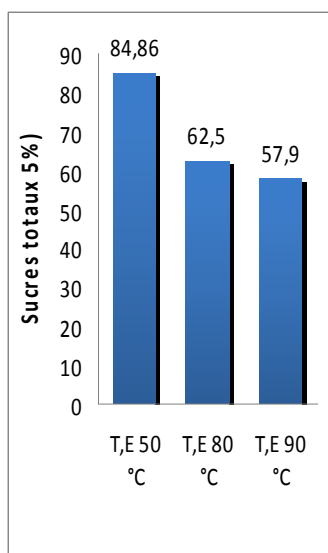
- le pH ne semble pas être affecté par la température d'extraction ;
- la teneur en cendres serait d' autant plus élevée que la TE est élevée ;
- les teneurs en eau et donc en matière sèche sont affectées par la température d'extraction ;
- les teneurs en éléments paraissent relativement plus importantes avec la température d'extraction 90°C ;
- les teneurs en protéines semblent non affectées par la TE ;
- la teneur en pectines évolue dans le même sens que la température d'extraction ;
- les teneurs , en sucres totaux et en sucres réducteurs semblent diminuer par la TE ;
- la teneur en glucose évolue en fonction de la température d'extraction de la même manière que celles des sucres totaux et réducteurs ;



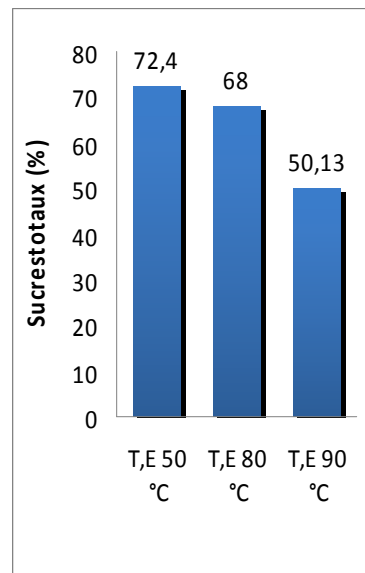
**Figure 35 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



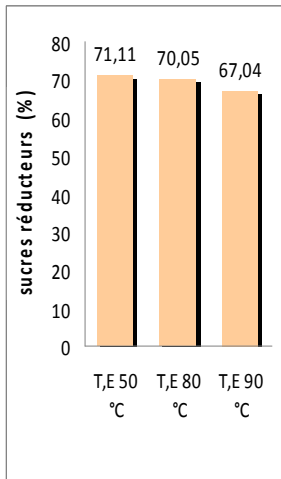
**Figure 36 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**



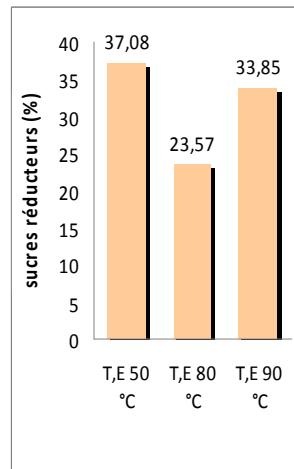
**Figure 37 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**



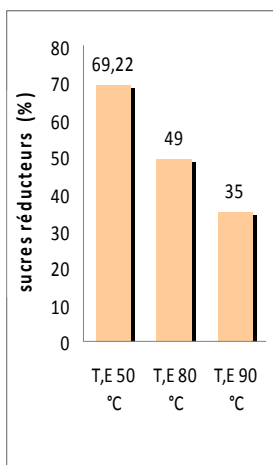
**Figure 38 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres totaux des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**



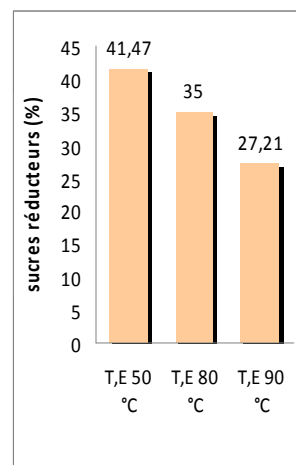
**Figure 39 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



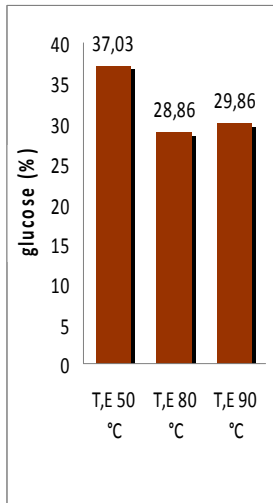
**Figure 40 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs des sirops de dattes DB (lots 4, 5, 6)**



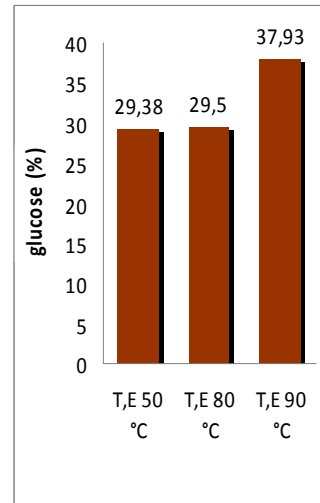
**Figure 41 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**



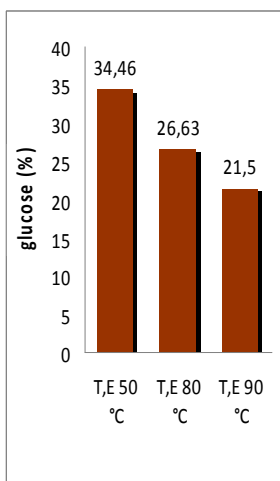
**Figure 42 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en sucres réducteurs des sirops de dattes MD (lots 10, 11, 12)**



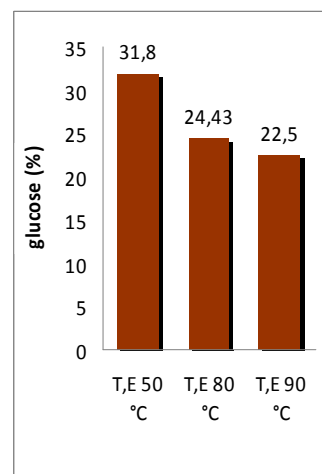
**Figure 43 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



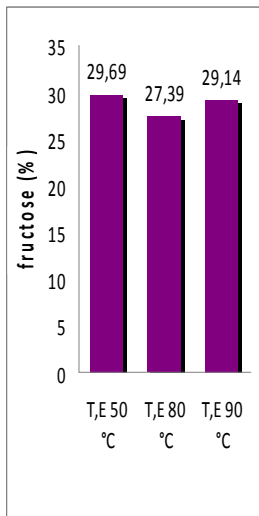
**Figure 44 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**



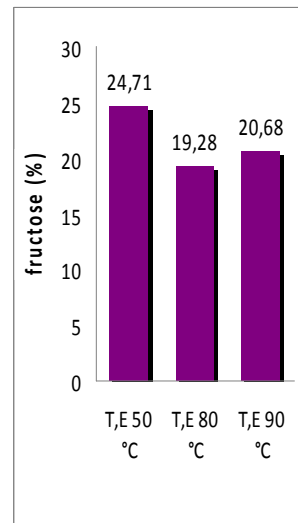
**Figure 45 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**



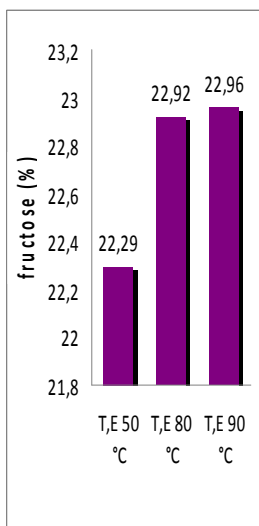
**Figure 46 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en glucose des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**



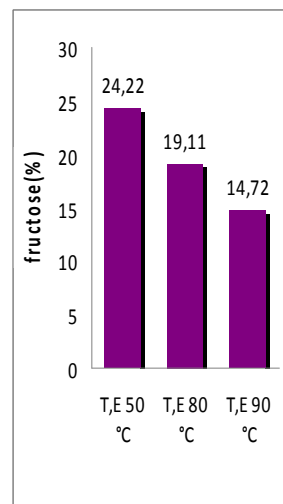
**Figure 47 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



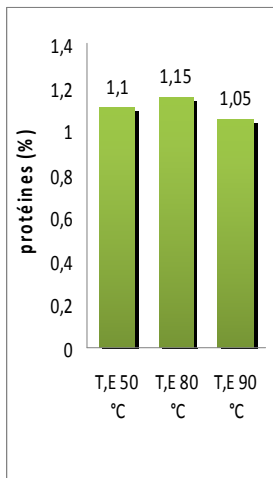
**Figure 48 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**



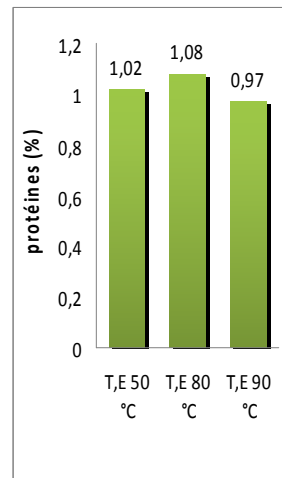
**Figure 49 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**



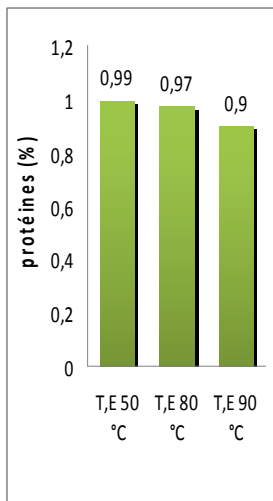
**Figure 50 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en fructose des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**



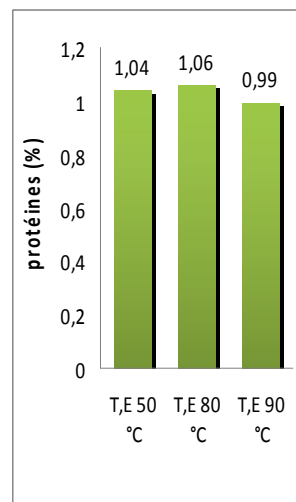
**Figure 51 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



**Figure 52 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**

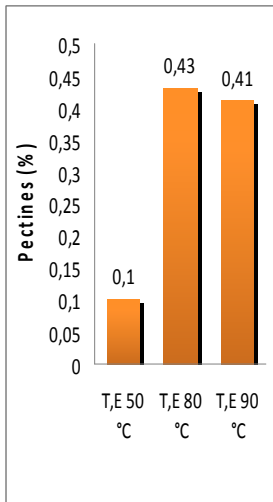


**Figure 53 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**

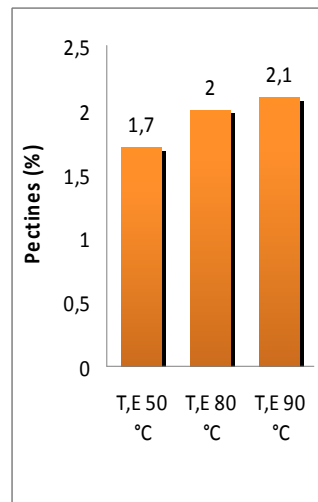


**Figure 54 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en protéines des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**

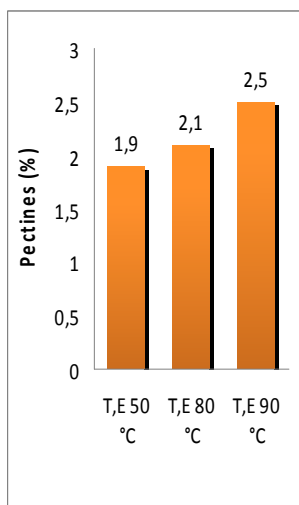




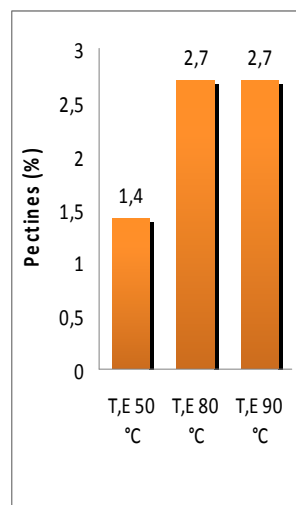
**Figure 55 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété G (lots 1, 2, 3)**



**Figure 56 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété DB (lots 4, 5, 6)**



**Figure 57 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété DN (lots 7, 8, 9)**



**Figure 58 : Effet de la température d'extraction sur la teneur en pectines des sirops de dattes variété MD (lots 10, 11, 12)**

- la température d'extraction semble influencer sur la teneur en fructose des lots autres que les lots Ghars. Dans le cas de ces derniers, la TE ne semble pas affecter la teneur en ccétohexose. Ce caractère est d'autant plus important, puisqu'en plus de l'absence du « saccharose », il permet de rapprocher les lots Ghars des HFCS de l'amidonnerie.

De tout ce qui précède, nous pouvons dire que les sirops de dattes présentent une valeur nutritionnelle et diététique importante, du fait :

- de leur une forte teneur en glucides, qui les fait classer parmi les aliments glucidiques ;
- de leur teneur élevée en sucres réducteurs, glucose et fructose, facilement assimilables par l'organisme (MULTON, 1992) ;
- du faible degré de polymérisation des sucres, caractère recherché pour les nourrissons et les malades qui possèdent un faible équipement enzymatique (MULTON, 1992) ;
- de la présence en quantités appréciables de fructose dont le pouvoir sucrant élevé fait classé parmi les produits diététiques, hypocalorique et hypoglycémique.

Parallèlement, la présence des éléments minéraux (Fe, Mg, Ca, Na, K, Cl, Zn) en quantités non négligeables, indispensables au bon fonctionnement de l'organisme, celle des protéines bien que ne dépassant pas 2%, mais qualitativement bien équilibrées, rehausse l'intérêt des sirops de dattes. Ces derniers présenteraient en effet, une valeur nutritive et diététique plus intéressante que celles des sirops à haute teneur en fructose (HFCS).

### 3.9. Analyse sensorielle

La dégustation des sirops de dattes, a été effectuée par un jury technique composé de 15 panélistes. Elle a eu lieu le 10 du mois de mai 2008, à 10<sup>h</sup>.30 du matin. Le but de ce test est celui d'avoir un avis sur la qualité organoleptique des lots expérimentaux de sirop de dattes et de faire ressortir avec le meilleur produit sur le plan organoleptique. Le tableau XXVIII résume l'essentiel des résultats obtenus.

Rappelons qu'il s'agit d'un test dans lequel les dégustateurs connaissent la nature des produits soumis, mais ils ne connaissent pas le traitement mis en œuvre pour leur élaboration.

L'analyse a permis de montrer que les panélistes ont pu déceler des différences entre les produits élaborés (Annexe 17, 18, 19, 20). En plus, les attributs ont été décrits de la même manière par la majorité des dégustateurs. La plupart des lots ont été jugés comme tel :

- arôme fruité de datte fort ;
- goût agréable ;
- odeur acceptable ;
- appréciation globale acceptable.

Concernant l'acidité, elle a été perçue par la majorité des panélistes avec des intensités différentes. En effet, le sirop issu de la variété G à 50<sup>0</sup>C (lot 1) présente une acidité perçue par 86% des dégustateurs. Nous attribuons ceci à l'acidité initiale du sirop (pH 4.90). Dans ces conditions, l'acidité des lots 2 et 3 aurait été cachée par la température élevée d'extraction (80<sup>0</sup>C et 90<sup>0</sup>C) début d'une caramélisation probablement.

Quant à l'amertume, 59% des panélistes l'ont décelée dans le lot 4 (DB à TE 50<sup>0</sup>C).

D'après ces résultats on peut tirer les conclusions suivantes :

**Tableau XXVIII : Analyse sensorielle**

Echantillons (lots)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arôme imperceptible	<b>59</b>	19.6	33	<b>86</b>	39	46	<b>52</b>	39.6	46	32.6	19.6	26
Arôme moyen	6.6	26	13	6.6	13	26	13	20	13	26	6.6	33
Arôme fort	33	<b>53</b>	<b>53</b>	6.6	46	26	32.6	39.6	32.6	33	<b>66</b>	40
Goût amer	6.6	6.6	00	<b>59</b>	20	20	13.2	20	00	00	00	40
Goût acide	<b>86</b>	20	33	33	40	40	20	26	13	20	20	00
Goût agréable	6.6	<b>72</b>	<b>66</b>	6.6	33	32.6	<b>53</b>	<b>50</b>	<b>79</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>53</b>
Odeur désagréable	23	19.6	26.6	46.6	13	46	26	26	20	26	20	26
Odeur acceptable	<b>60</b>	33	33	46	<b>80</b>	20	46	40	40	<b>73</b>	46	40
Odeur agréable	6.6	46	40	6.6	6.6	26	40	43	26.6	00	26	33
Couleur marron claire	26	13	00	33	33	6.6	<b>73</b>	40	6.6	46	20	6.6
Couleur marron foncé	00	<b>80</b>	<b>99.6</b>	6.6	<b>66</b>	<b>93</b>	13	<b>59.6</b>	<b>80</b>	26	<b>72.6</b>	<b>93</b>
Couleur jaune	<b>73</b>	00	00	<b>60</b>	00	00	13	00	00	26	00	00
Appréciation acceptable	<b>79</b>	45.6	36.1	46.2	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>73</b>	46	37	13	<b>59.6</b>	<b>73</b>
Appréciation excellent	6.6	33	<b>60</b>	00	00	00	00	13	13	<b>86</b>	20	00
Appréciation médiocre	13	20	00	<b>53</b>	40	33	20	20	20	00	00	13

. Les lots 1, 2 et 3 ont été jugés par la majorité des dégustateurs comme étant acceptables à excellents. L'arôme fruité de dattes est fort. Le goût est jugé agréable pour les lots 1 et 2. L'odeur est jugée acceptable à agréable. La couleur jaune (73%) pour G 50<sup>0</sup>C et marron foncé respectivement (80 % et 99.6 %) pour les sirops extraits à 80<sup>0</sup>C et 90<sup>0</sup>C. La température d'extraction est probablement à l'origine de la l'apparition de la couleur brune des produits, ceci peut être expliqué par l'intervention de certains phénomènes (brunissement non enzymatiques, caramélisation ...etc). Etant donné que le goût et l'odorat guident pour un large mesure le choix des aliments (CHEFTLEL et *al*, 1983), on peut dire que les sirops de dattes G présentent globalement une bonne qualité organoleptique. Nous pouvons les classer par ordre de préférence de la manière suivante : lots 3 suivi du lot 2 puis du lot 1.

Les sirops de dattes DB (lots 4, 5 et 6) ont été jugés par la majorité des dégustateurs acceptables à médiocres. L'arôme fruité de dattes est absent ou imperceptible. Le goût est jugé acide à amer. L'odeur des sirops est jugé désagréable à acceptable. En ce qui concerne la couleur, elles est jaune pour le sirop extrait à 50<sup>0</sup>C et marron foncé pour les sirops extraits à 80<sup>0</sup>C et 90<sup>0</sup>C. Nous pouvons dire que les sirops de dattes DB présentent une qualité organoleptique relativement moyenne. Le sirops extrait à 90<sup>0</sup>C été classé en première position , tandis que le sirop extrait à 80<sup>0</sup>C été classé en deuxième position et celui extrait à 50<sup>0</sup>C été classé en troisième position.

Les sirops de dattes DN (lots 7, 8 et 9) ont été jugés par la majorité des dégustateurs acceptables à excellent. L'arôme «fruité de dattes» est imperceptible pour DN 50<sup>0</sup>C et fort pour 80<sup>0</sup>C et 90<sup>0</sup>C. L'odeur des sirops est jugée acceptable à agréable. Le goût est jugé agréable. La couleur marron claire caractérise le lot 7 et marron-foncé pour les lots 8 et 9. Les sirops de dattes DN présentent une qualité organoleptique acceptable  
Le sirop DN 90<sup>0</sup>C (lot 9) a été classé le premier suivi du lot 8 puis du lot 7.

Les sirops de dattes MD, tout lot confondu ont été jugés comme étant acceptable (73%) à excellent (86%). Le lot 10 (MD 50<sup>0</sup>C) à été jugé comme excellent par la majorité des panélistes. L'arôme fruité de dattes est jugé fort à moyen. Le goût à été bien apprécié par (73%) des dégustateurs, notamment pour les lots 10 et 11. L'odeur a été jugé comme étant acceptable par la majorité des dégustateurs. La couleur jaune caractérise le sirop de dattes MD à 50<sup>0</sup>C, tandis que les sirops extraits à 80<sup>0</sup>C et 90<sup>0</sup>C présente une couleur marron foncé. On en conclu que les sirops de dattes MD présentent de façon globale, une qualité organoleptique excellente. Le classement par ordre de préférence est le suivant : lot 12, lot 11 et lot 10.

Le tableau XXIX fait ressortir les points suivants :

1 – Les lots des sirops de dattes MD sont les mieux appréciés puisqu'ils comptabilisent le maximum de points (soit 34, 34 et 35 respectivement pour les lots 10, 11 et 12). Ils sont suivis par les sirops de dattes G (lots 1, 2 et 3) comptabilisant 21, 32 et 33 points respectivement. Viennent ensuite les lots des sirops de dattes DB puis ceux de DN.

2 – La température d'extraction 90<sup>0</sup>C semble améliorer la qualité organoleptique dans le cas des tous les lots, puisque les nombres de points comptabilisés sont maximum à savoir 35, 33, 32 et 30 respectivement pour les lots MD, G, DB et DN.

**Tableau XXIX : Classement des lots expérimentaux**

Lots	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Classement	21	32	33	21	29	32	26	28	30	34	34	35

### 3.10. Essai d'élimination de la fraction « glucose »

La méthode adoptée pour l'élimination totale ou à la limite partielle du « glucose » à partir des lots des sirops expérimentaux est basée sur la cristallisation de ce dernier. A 4<sup>0</sup>C et durant 70 jours de stockage, une cristallisation du glucose survient (photos 9,10 et 11). Ceci permet d'éliminer cette fraction glucosidique par raclage (à l'aide d'une spatule) et d'obtenir ainsi, des sirops à teneur en fructose la plus élevée possible, les rapprochant des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> générations de HFCS.

Les lots 1, 2, et 3 donc ceux de la variété Ghars semblent plus appropriés pour cette opération. notamment été importante.

Le tableau XXX indique les taux, de glucose, fructose et saccharose en % du taux des sucres totaux des lots expérimentaux des sirops de dattes, avant l'élimination de la fraction « glucose ».

D'après le tableau XXX, on constate que les sirops de dattes G contiennent les deux sucres réducteurs (glucose et fructose) en quantités équivalentes. Ces derniers ont des propriétés physiques différentes ce qui permet de les séparer facilement.

Dans le cas des sirops des autres variétés (DN, DB et MD) (lots de 4 à 12), la cristallisation est très importante. Ceci peut être expliqué par la présence du saccharose en plus des deux sucres réducteurs (glucose, fructose) à des quantités variables. La propriété anti-cristallisante du fructose est amoindrie devant la nature et la quantité des deux sucres en



**Photo 9 :Cristallisation des sirop de dattes G(1ot 1)**



**Photo 10 :Cristallisation des sirop de dattes G(1ot 2)**



**Photo 11 :Cristallisation des sirop de dattes G(1ot 3)**

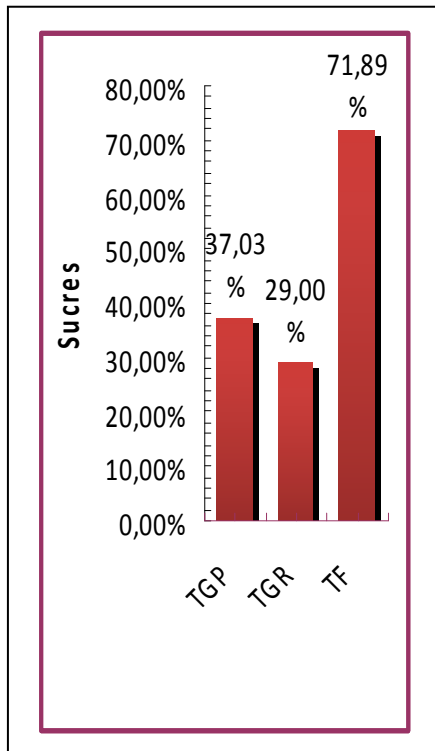
Tableau XXX : Pourcentage des sucres glucose, fructose et saccharose dans les sirops

Sucres(%) Lots expérimentaux	Glucose (%)	Fructose (%)	Saccharose (%)
1	54.91	42.54	2.53
2	50.80	48.22	0.96
3	50.64	49.25	0.10
4	34.41	28.94	36.64
5	38.79	25.35	35.85
6	44.26	24.13	31.59
7	48.12	31.13	20.74
8	42.69	36.74	20.55
9	32.47	34.67	32.85
10	39.86	30.36	29.77
11	33.04	25.84	41.11
12	38.14	24.95	36.90

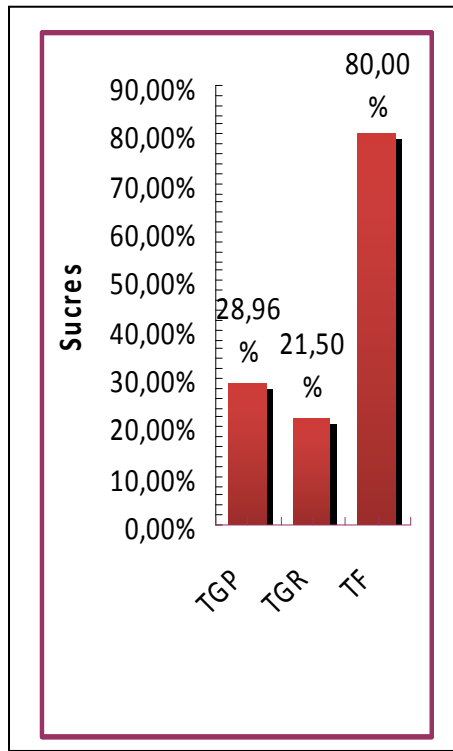
présence (glucose et saccharose). Ce qui est de nature à rendre la séparation de la fraction cristallisée (glucose et saccharose) de celle du fructose difficile et le rendement en fructose n'est pas intéressant.

L'étape suivante a consisté à analyser les teneurs en ces deux monosaccharides dans les lots 1, 2 et 3 (G) soumis à l'essai d'élimination de la fraction « glucose ». Les résultats obtenus sont illustrés dans les figures 59, 60, 61. Il en ressort que le % de fructose augmente dans le cas des 3 lots de sirop Ghars, alors que celui du glucose diminue. En effet, la teneur en fructose atteint 71.89, 80 et 81.45 % sucres totaux respectivement pour les lots 1, 2, et 3 contre 42.54, 48.22 et 49.25% respectivement avant l'essai.

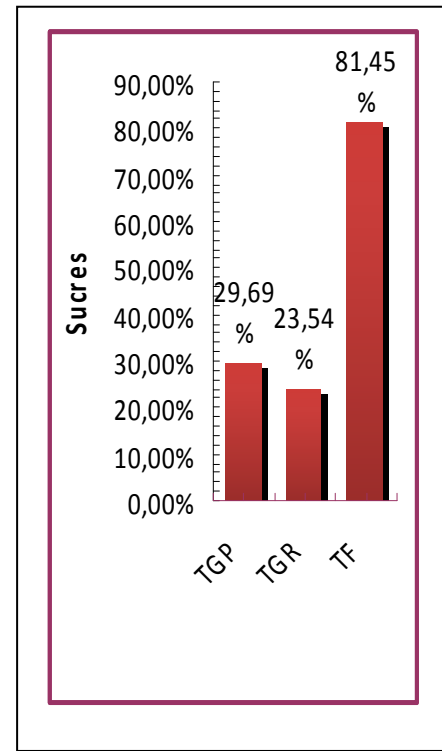
En revanche, les figures 59, 60 et 61 indiquent la diminution du taux de glucose après l'essai. Il est important de signaler que la fraction « glucose » peut faire l'objet d'une valorisation à part entière.



**Figure 59 : Composition en glucose et en fructose**



**Figure 60 : Composition en glucose et en fructose du lot**



**Figure 61 : Composition en glucose et en fructose du lot**

TGP : teneur en glucose préliminaire

TGA : teneur en glucose restante

TF : teneur en fructose



### 3.11. Principales caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des sirops de dattes en comparaison avec celles des HFCS de première génération

Les sirops de dattes Ghars (lots 1, 2 et 3) présentent, dès leur élaboration par extraction (diffusion) suivie d'une condensation, des teneurs en glucose et en fructose comparables à celles des HFCS 42 % (1<sup>ère</sup> génération) à savoir 53 % de glucose, 42 % fructose et 5 % de l'oligosaccharides. Les essais entrepris pour les transformer en HFCS 55 % (2<sup>ème</sup> génération et HFCS 99 % (3<sup>ème</sup> génération), diététiquement plus intéressants, sont convaincants.

Les sirops G extraits à 50<sup>0</sup>C et 80<sup>0</sup>C (lot 1, 2) présentent des valeurs de pH respectivement égales à 4.90 et 4.33. Ces valeurs relativement acides, sont un peu plus élevées que celles des HFCS 42%, de l'ordre de 4. Les sirops du lot 3 présentent, cependant un pH égale à 4 et donc similaire à celui de ces HFCS.

Les lots (1, 2, 3) de sirops extraits de dattes Ghars présentent des teneurs en eau (après condensation) respectivement égale à 14.95, 25 et 21.33 %. Ces teneurs sont inférieures à celles des HFCS de première génération qui est égale à 29 %. Dans cette zone (teneur en eau inférieure à 30%) l'activité de eau ( $a_w$ ) est faible (inférieure à 0,90) ce qui permet d'inhiber la croissance microbienne.

Ainsi, les lots expérimentaux, en l'occurrence lot 1, 2 et peuvent être considérés comme des produits à faible activité d'eau, dont la conservation est aisée pour des longues périodes de stockage à la température ambiante.

Le taux de matière sèche enregistré pour les lots 1, 2 et 3 paraît élevé par rapport à celui de HFCS, puisqu'il est respectivement égal à 85.04, 75 et 78.66 % contre 71 %. Nous pouvons dire que la majeure partie de la matière sèche des sirops est constituée de solides solubles. Ceci montre la richesse des sirops de dattes par rapport aux HFCS en éléments nutritifs

La densité des sirops des lots G est comparable à celle des HFCS, puisqu'elle est égale à 1.46, 1.44 et 1.47 respectivement pour les lots 1,2 et 3 versus 1.34. La phase de condensation joue un rôle important dans la fixation de la densité.

Le taux de solides solubles exprimé par le degré Brix est égal à 72.45, 72.27 74.88 % respectivement pour les lots 1, 2 et 3. Il est plus proche de celui des HFCS de première génération égale à 71 %. Les résultats que nous avons obtenus peuvent, néanmoins être modifiés par la modulation de la durée et la température de condensation.

Les sirops de dattes renferment des teneurs en cendres égales à 0.96, 0.97 et 0.96 % respectivement pour les lots 1, 2 et 3 alors que les HFCS en sont très pauvres (0.3 %). Ceci montre la richesse des sirops en matières minérales par rapport au HFCS.

Des teneurs en protéines ont été enregistrées pour les sirops de dattes à savoir, 1.10, 1.15 et 1.05 % respectivement pour les lots 1, 2 et 3, alors que les isoméroses en sont dépourvus.

Les sirops de dattes sont riches en éléments minéraux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme humain. Ces éléments sont le fer, le magnésium, le calcium, le chlore, le potassium, le sodium et le zinc. Les HFCS renferment seulement du chlore et du calcium en faibles quantités. La présence de ces deux derniers probablement est à l'origine des traitements subir par l'amidon lors de son hydrolyse.

Concernant la composition glucidique de ces produits, le lot 1 (fig. 62) présente une teneur en fructose similaire (42.54 %) à celle des HFCS 42 % (fig. 65). Les lots 2 et 3 renferment, des teneurs en fructose supérieures à celles des HFCS 42 %, puisque elles sont égales à 48.22 et 49.25 % respectivement (fig. 63 et 64).

Enfin, l'étude des principales caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des sirops de dattes en comparaison avec celle des HFCS (ANONYME 2, 1999) de première génération a montré l'importance nutritionnelle, voire diététique de ces produits issu de la datte, de même qu'elle a permis de rehausser davantage leur intérêt, notamment en ce qui concerne la variété Ghars.

### 3.12. Analyse statistique

Nous avons procédé à l'analyse en composantes principales (A.C.P).

L'A.C.P nous a permis de connaître à partir des cercles de corrélations, les variables les plus contributives, ces dernières se trouvent à l'extrémité du cercle, tandis que celles ayant une faible contribution se trouvent proches centre du cercle.

Dans notre cas, nous avons pris en considération, quelques caractéristiques (physico-chimiques et biochimiques) à savoir : le pH, les cendres, l'eau, la matière sèche, la densité, le <sup>0</sup>Brix, les teneurs, en glucose, en fructose, en sucres totaux et en oligosaccharides, le rapport Glu/eau et le rapport Glu/Fru.

Les résultats de cette analyse sont présentés en trois principales étapes.

**3.12.1. Première étape :** le traitement des données qui fait l'objet de l'A.C.P. Il s'agit du traitement des données par analyse des composantes principales. Les 15 individus

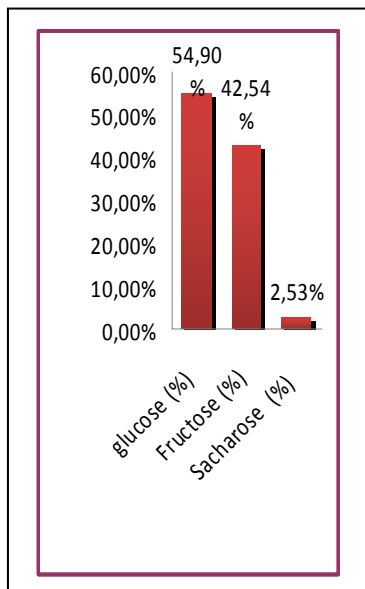


Figure 62 : Composition en sucres  
Des sirops de dattes G (lot 1)

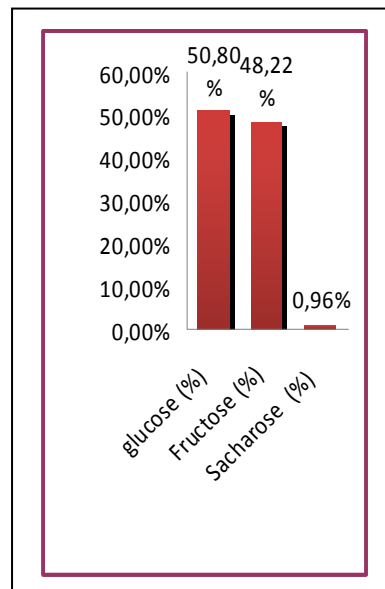


Figure 63 : Composition en sucres  
des sirops de dattes G (lot 2)

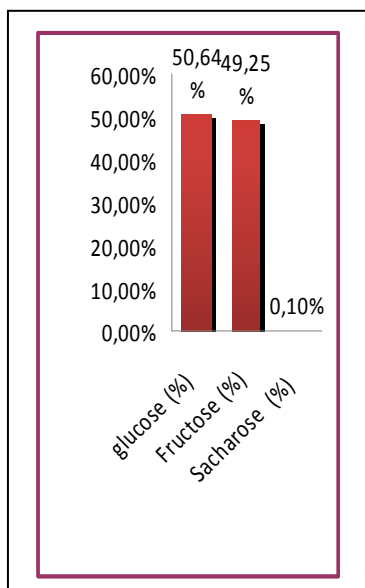


Figure 64 : Composition en sucres  
des sirops de dattes G (lot 3)

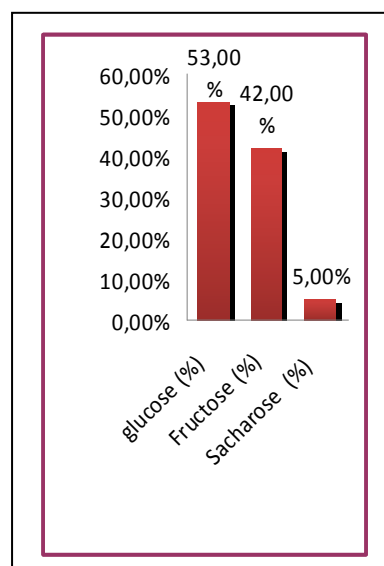


Figure 65 : Composition en sucres  
des HFCS de 1<sup>ère</sup> génération (HFCS 42%)

correspondent aux 12 lots expérimentaux des sirops de dattes et aux 3 générations de HFCS. Les 12 variables représentent les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques.

**3.12.2. Deuxième étape** : interprétation des axes factoriels. Les informations sont réparties sur un espace à deux dimensions (plans). La construction de ces plans se fait à partir des composantes principales les plus intéressantes.

Nous avons opté pour les axes 1 et 2 qui renferment le plus d'informations. En plus, ces axes représentent «les valeurs propres» (4.288 – 2.778) et les pourcentages (35.734 – 23.151 %) les plus élevés. En effet, le pourcentage cumulé qui est égale à 35.734 et 58.885 respectivement pour l'axe 1 et 2, nous permet de confirmer le choix effectué (Annexe 21). Les indicateurs complémentaires, qui peuvent nous aider dans l'interprétation des résultats sont les coordonnées des individus sur les axes principaux et le cosinus au carré (qualité de la représentation).

**3.12.3. Troisième étape** : présentation des résultats

### \* **Corrélation**

La corrélation entre les variables est présentée dans la matrice de corrélation (tableau XXXI).

Dans une l'A.C.P, pour qu'une variable soit contributive à l'explication de la variabilité, il faut que sa corrélation soit élevée. BRIERE (1994), annonce que plus le coefficient de corrélation entre deux variables est proche de 1 ou de - 1, plus la liaison est forte. Dans le cas du présent travail, nous les avons représenter en gras.

Le cercle de corrélation (fig. 66) permet de conforter les résultats relatifs à la matrice de corrélation (tableau XXXI).

D'après le cercle de corrélation, on remarque que l'axe 1 est constitué de fructose, de sucres totaux, de rapport Glu/Fru, degré Brix et pH. L'axe 2 est représenté par la teneur en eau, la teneur en matière sèche et cristallisation (Annexe 22, 23).

On constate, que les variables « fructose, sucres totaux, Glu/Fru, degré Brix et pH » sont très proches de l'extrémité du cercle et de l'axe 1, et très éloignées de l'axe 2. Ceci affirme que ces variables ont une forte contribution à l'explication de la variabilité sur l'axe 1. Alors que les variables « eau, les matières sèches et la cristallisation » ont des corrélations plus fortes sur l'axe 2.

Tableau XXXI : Matrice de corrélation

Varib	pH	Cend	Eau	MS	Dens	Glu	Fru	ST	Olg	Cris	G/F	B
pH	1	-0.45										
Cend	-0.45	1										
Eau	-0.22	0.14	1									
MS	0.19	-0.12	<b>-0.98</b>	1								
Dens	0.06	0.35	-0.44	0.42	1							
Glu	-0.19	0.14	0.09	-0.05	-0.15	1						
Fru	<b>-0.86</b>	0.29	0.01	0.00	-0.01	-0.21	1					
ST	<b>-0.77</b>	<b>0.57</b>	-0.02	0.06	0.21	0.27	<b>0.72</b>	1				
Olg	<b>0.55</b>	0.20	0.22	-0.26	0.30	-0.12	<b>-0.58</b>	-0.44	1			
Cris	0.03	-0.02	-0.50	<b>0.54</b>	0.13	<b>0.78</b>	-0.21	0.23	-0.25	1		
G/F	<b>0.62</b>	0.04	-0.00	0.03	0.08	0.37	<b>-0.84</b>	<b>-0.53</b>	<b>0.56</b>	0.34	1	
<sup>0</sup> B	<b>-0.53</b>	0.11	-0.23	0.22	0.11	-0.37	<b>0.75</b>	0.47	-0.42	-0.22	<b>-0.75</b>	1

La matrice et le cercle de corrélation du plan 1 – 2, montrent qu'il y a une forte corrélation entre :

- le pH et la teneur en oligosaccharide (**0.55**) ;
- le pH et le rapport Glu/Fruc (**0.621**) ;
- le pH et degré Brix par opposition (**- 0.531**) ;
- les sucres totaux et rapport Glu/Fru par opposition (**-0.531**) ;
- les oligosaccharides et rapport Glu/Fru (**0.568**) ;
- le degré Brix et rapport Glu/Fru par opposition (**-0.753**).
- la corrélation entre le fructose et le pH (**- 0.665**), l'acidité permet l'inversion du saccharose en glucose et fructose ;
- la corrélation relative entre le pH et la teneur en sucres totaux (**- 0.77**) peut avoir lieu avec l'instabilité des sucres en milieu acide et à toute température (formation des dérivés furfuraliques) ;
- la corrélation entre le fructose et le <sup>0</sup>Brix (**0.75**) a pour origine le fait que le taux de solides solubles des sirops est principalement constitué des sucres réducteurs. ;

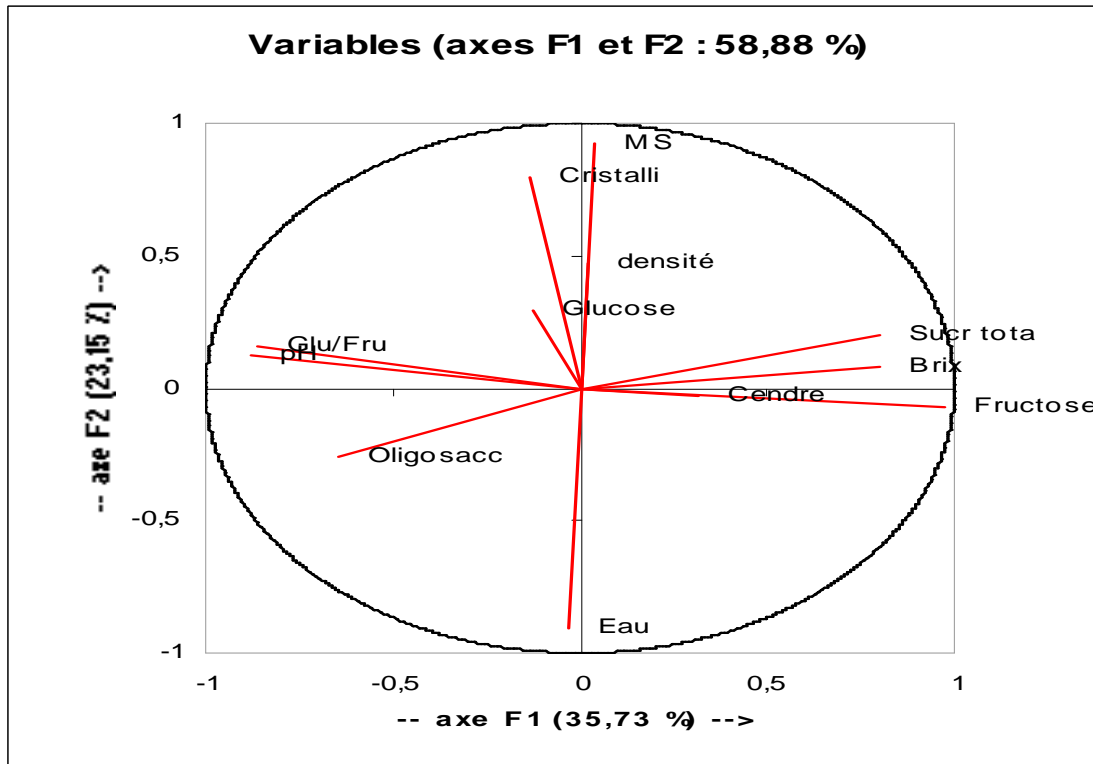


Figure 66 : Cercle de corrélation des variables du plan 1 – 2.

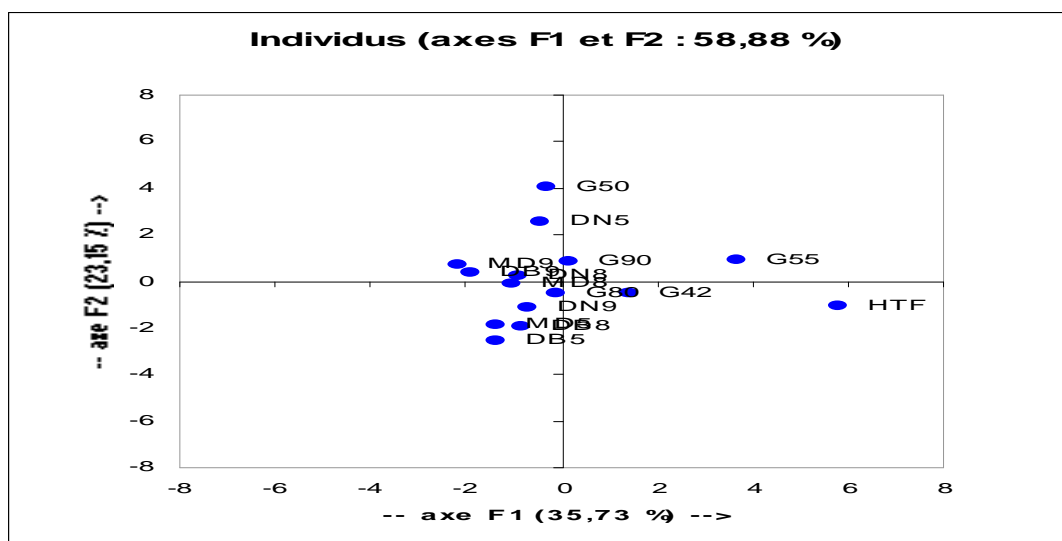
- une forte corrélation entre le glucose et la cristallisation est conforté par un coefficient corrélatif élevé égale à **0.78** ;

- une corrélation existe entre la teneur en sucres totaux et en fructose, car plus le taux de sucres totaux est élevé plus le fructose qui en fait partie est élevé ;

- la corrélation positive entre la matière sèche et la cristallisation (**0.54**) peut s'expliquer le fait que la matière sèche des sirops est assimilable aux sucres dont le glucose qui est principalement responsable de la cristallisation ;

- la corrélation entre le fructose et le rapport Glu/Fruc (cristallisation )par opposition (**-0.841**), semble normal car plus le taux du fructose est élevé, plus le rapport et donc la cristallisation diminue..

La figure 67 représente le graphique de projection des individus (les sirops) dans le plan défini par les axes factoriels 1 – 2.



**Figure 67 : Graphique de projection des individus dans le plan défini par les axes factoriels 1 – 2**

Une superposition des cercles de corrélation des individus et des variables permet d'avoir un graphique (fig. 68) qui représente la répartition des individus par rapport au 12 variables étudiées (Annexe 24, 25). Cette répartition nous permet de définir trois groupes.

**Groupe 1** : constitué des individus (sirops) caractérisés par :

- une teneur en sucres totaux importante (95 %) ;
- une teneur en fructose élevée comprise entre (55% - 90%) ;
- un pH acide compris entre 3.5 – 4 ;
- un degré Brix est élevé (77°Bx) ;
- le rapport G/F (0.10 -0.20) , donc une faible cristallisation ;

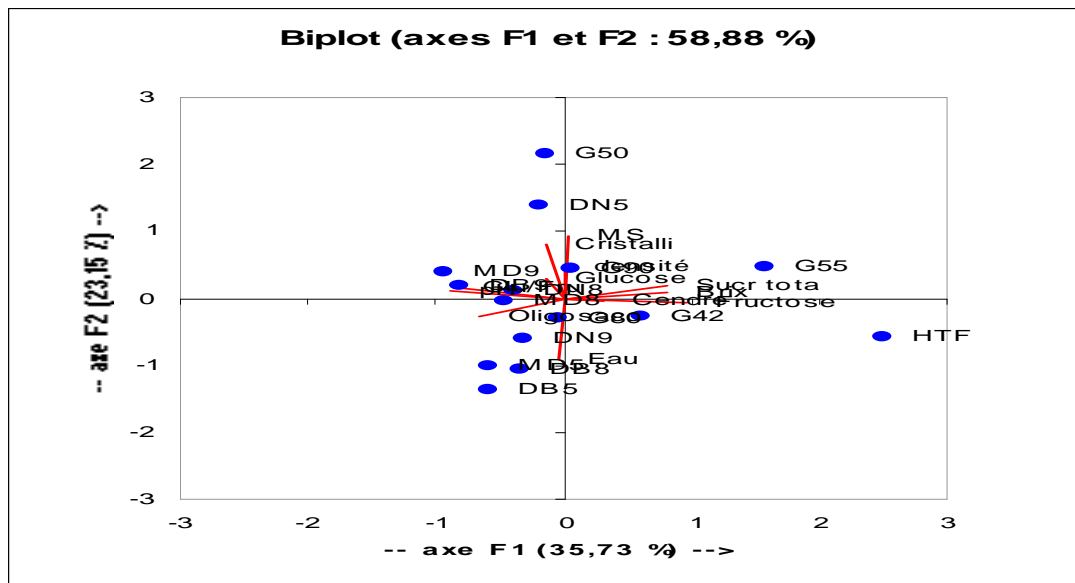
Seuls les HFCS de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération appartiennent à ce groupe.

**Groupe 2** : constitué des individus des sirops caractérisés par :

- une teneur en eau comprise entre 14 % - 31 % ;
- une teneur en matière sèche comprise entre 68 % - 85 % ;
- un rapport Glu/eau ( cristallisation) égale à 0.91 – 2.54 ;

Ce groupe renferme les sirops G 50<sup>0</sup>C (lot 1), DB 50<sup>0</sup>C (lot 4), DB 80<sup>0</sup>C (lot 5) et DN 50<sup>0</sup>C (lot 7). Il se subdivise en deux sous groupes :

- un sous groupe comportant les sirops (G 50<sup>0</sup>C, DN 50<sup>0</sup>C et) caractérisés par une faible teneur en eau égale respectivement à 14.95 % - 18 % -, une teneur élevée en matière sèche (82 % - 85.05%) et une cristallisation importante (1.91 – 2.54).



**Figure 68 : Graphique de superposition du cercle de corrélation et les individus dans le plan du plan principal défini par les axes factoriels 1 – 2**

- un sous groupe comportant les sirops (DB 80°C et DB 50°C) caractérisés par une teneur en eau plus élevée ( 29.33 – 31.57 %), ainsi une teneur en matière sèche (70.67 – 68.33 %) qui est inférieure à celle de premier sous groupe et un rapport de cristallisation (0.91 - 0.98) plus faible par rapport à celui du groupe 1.

**Groupe 3** : constitué des sirops qui présentent des variables voisines. Il s'agit de G 80°C, G 90°C, DB 90°C, DN 80°C, DN 90°C, MD 50°C, MD 80°C, MD 90°C. Les HFCS de 1<sup>ère</sup> génération appartiennent également à ce groupe.

Ce dernier groupe est celui qui nous intéresse car il renferme la majorité des sirops qui sont plus proche des HFCS à 42 % (lot 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 et 12). .

Des analyses, sensorielles et statistiques, il en ressort que, sur le plan organoleptique, les sirops issus des dattes de la variété MD et G par diffusion à 90°C sont les mieux appréciés et que les lots 2 et 3 sont plus intéressants sur le plan similitude aux HFCS 42% (1<sup>ère</sup> génération), car ils renferment des taux de fructose comparables.



---

## *Conclusion générale*

---

## *Conclusion générale*

Le palmier dattier joue un rôle important dans le domaine socio-économique. L'Algérie avec plus de 14 millions de pieds et environ 900 cultivars (HANNACHI et 1998) est appelée à intégrer le palmier dattier, dans le processus de développement national, par la transformation des dattes et la valorisation des produits issus de celles-ci.

Ce travail a porté sur quatre variétés de dattes de consistance différente, molle demi molle et sèche (G, DN, DB et MD). Ces dernières, sont fréquentes dans les palmeraies du sud-Est algérien, Ouargla, en l'occurrence.

Nous nous sommes intéressés principalement, à la mise au point d'une technique d'extraction des sirops de dattes et à la comparaison de leurs caractéristiques physico-chimiques et biochimiques avec celles des sirops à haute teneur en fructose issu de l'industrie de l'amidon et destinés surtout aux obèses et aux diabétiques.

Dans un premier temps, nous avons essayé d'estimer les rendements en sirop pour chaque variété. Les résultats montrent que la quantité de sirop extrait, dépend de la variété de dattes utilisées donc de leur consistance (richesse en eau au stade tmar) et de la méthode d'extraction. Ainsi, la présente étude a montré que les variétés molles sont plus aptes à produire du sirop par la technique de diffusion dans de l'eau maintenue à une certaine température.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et organoleptiques des sirops issus de dattes des quatre variétés (G, DN, MD et DB) obtenus par diffusion à différentes températures ( 50<sup>0</sup>C, 80<sup>0</sup>C et 90<sup>0</sup>C) pendant 24 heures suivie d'une condensation à 60<sup>0</sup>C a permis de faire ressortir les points suivants :

- la plupart des éléments nutritifs contenus dans la datte se retrouvent dans son sirop ;
- une similitude du degré Brix avec celui des HFCS, ce qui justifie l'appellation «sirops» de nos produits ;
- une densité de l'ordre de 1.40, proche de celle des HFCS ;
- une faible teneur en eau ( 0.14 < a<sub>w</sub> < 0.31 ), permettant de les classer au même titre que les HFCS, parmi les « aliments à faible teneur en eau » dont la conservation est relativement aisée ;

- comparativement aux HFCS, la composition biochimique des lots de sirops de dattes est plus intéressante sur le plan nutritionnel. Ainsi, les teneurs, en eau, en glucose et en fructose des lots 1,2 et 3, sont comparables à celles des HFCS 42 %. Parallèlement, les résultats indiquent que les sirops de dattes issus de la variétés G à 80 et 90<sup>0</sup>C sont plus intéressants du point de vue diététique vu que leur teneur en fructose est la plus élevée ; En plus, un entreposage à 4<sup>0</sup>C durant 72 jours, permet d'éliminer la fraction glucose qui cristallise dans ces conditions, et ainsi d'augmenter le taux de fructose des sirop de dattes ;

L'analyse sensorielle, montre que parmi tous les lots, ceux issus des dattes des variétés MD et G sont les plus appréciées et que la température d'extraction 90<sup>0</sup>C permet d'améliorer leur goût.

Par ailleurs, l'analyse en composantes principales (ACP) a permis de confirmer l'appartenance de sirop de la première génération (HFCS 42% ) et les sirops extraits de dattes G à un même groupe.

L'intérêt de la présente étude paraît double :

- élaboration d'un sirop à base de dattes par une technique relativement simple ;
- Ces produits peuvent avoir des nombreux débouchés. Ils peuvent être consommés en l'état comme substitut des HFCS et des édulcorants diététiques (fructose, sorbitol, aspartame...). De même qu'ils peuvent être utilisés comme ingrédients en confiserie, en pâtisserie, dans la fabrication des boissons « light » (hypocalorifiques et hypoglycémiques)...

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

- essai avec d'autres variétés molles ;
- optimisation de la technique d'extraction et de condensation (utilisation d'un matériel plus adéquat)
- optimisation des conditions d'élimination de la fraction « glucose » par la même méthode physique.
- essai d'élimination de la fraction glucose par l'utilisation d'enzyme telle que la glucose-isomérase ( EC.3.5.1.5).

---

*Références bibliographiques*

---

*Références Bibliographiques*

- ABDELMONEIM I.M., HAMAD A.M., WAHDAN A.N. et AL-KAHTANI M.S. (1983).** Extraction of Date Syrup «Dibs» and its Utilization in Bakery Products and Juice. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 534-543..
- ABDELFATTAH A.C. (1990).** La date et le palmier dattier . Ed Dar El-Talae, Caire.
- ABO-HASSAN A.A., NASR T.A. et ELSHUKS H.A. (1983).** Effects Type and Storage of Pollen Fruiting of Khudari dates. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 102-106.
- AÇOURENE S. et TAMA M . (2001).** Utilisation des dattes de faible valeur marchande (rebuts de DN, Tinissine et Tantboucht) comme substrat pour la fabrication de la levure boulangère. Revue des énergies renouvelables, Numéro spécial : 1-3.
- ALAIS G. et LINDEN G. (1987).** Biochimie alimentaire. Edition Masson , Paris, 102.
- AL-FARSI M., ALASAIVAR C., AL-ABID M., AL-SHOAILY K., AL-AMRY M. et AL-RAWAHY F. (2006).** Compositional and Fonctional Characteristics of Dates Syrups and their By Products. Palm Research Center Ministry of Agriculture and Fisheries, Alkaud Muscat, Omen : 943 – 947.
- ALBETS A., BRAY D., JOHNSON A., LENIS J., RAFF M., ROBERTS K. et NATER P. (2002).** L'essentiel de la biologie cellulaire . Ed Delevigne, Paris, 1 – 10.
- AL-HOOTI S.N., SIDAV J.S., ALSAQER J.M. et AL-OTHMAN A. (2002).** Chemical Composition and Quality of Date Syrup as Affected by Pectinase, Cellulose Enzyme Treatment. Biotechnology, Department Kwait, Institute for Scientific Research Safa Kowait : 215-220.
- ALI I.A., MUSTAFA A.T., ELGASIM E.A., EL-HASHEM H.A. et AHMED S.E. (1993).** The Use of Microwave Heating for Production of Date Juice (Dibs). Actes du Colloque "The Third Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 325-334.
- ANONYME (2002).** Données statistiques de la production dattière en Algérie de la campagne 1998/1999, DSA de Ouargla, 4 p.

- ANONYME (1999).** High Fructose Syrup. International Starch Institute Science Park Arhus Denmaek, 2 p.
- ANONYME (1988).** Contrôle de la qualité des produits alimentaires .Analyses sensorielles. 3<sup>ème</sup> Ed., AFNOR , Paris, 50 p.
- ANONYME (1983).** Larousse médical. Ed.Larousse , Paris : 420-900.
- AUDIGIE D., FIGARELLA J. et ZONSZAIN F. (1984).** Manipulations d'analyses biochimiques. Edition Doin , 1<sup>ère</sup> Ed., Paris, 273 p.
- AUDIGIE Cl., DUPONT G. et ZONSZAIN F. (1995).** Principes des méthodes d'analyse biochimie ; Tome 1. Edition Doin, Paris, 100 p.
- BACHA M.A. et ABO-HASSAN A.A. (1983).** Effects of Soil Fertilization on Yield, Fruit Quality and Mineral Content of Khudari Date Palm Variety. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 174-180.
- BARKATOV V. et ELISSEV V. (1979).** Guide des travaux pratiques du contrôle technico-chimiques de la production des conserves. INIL, Boumerdes, 74 p.
- BELGUEDJ M. (1996).** Caractéristiques des cultivars de dattiers du Nord –Est du Sahara Algérien. Revue : Les Ressources Génétiques du Palmier Dattier : 3 – 51.
- BELGUEDJ M. (2002).** Caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. Revue : Les Ressources Génétiques du Palmier Dattier : 245 – 251
- BENARD M. (1982).** Contrôle organoleptique ; in : "Biotechnologie" , Ed.Tec.Doc. Lavoisier, Paris : 477 – 493.
- BENMAHCENE S. (1998).** Contribution à l'amélioration de l'aspect de la conduite du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L). Thèse de Magister en Agronomie Saharienne, I.N.A. El Harrach –Alger, 173 p.
- BERINDI A. (2000).** La technologie de palmier dattier. Ed. Dimechk. Damas : 94 – 101.
- BOCQUET J. (1982).** Généralités sur les microorganismes. Tec.Doc.Lavoisier, Paris : 11-46.
- BOUGUEDOURA N. (1979).** Contribution à la connaissance du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L ; étude des productions axilliaires. Thèse de doctorat de troisième cycle en Sciences Biologiques , Alger : 49 - 50.
- BOURRE J M. (1990).** La diététique du cerveau de l'intelligence et du plaisir. Ed Odile, Paris, 206 p.

- BRIERE C. (1994).** Introduction aux méthodes de l'analyse des données. INP – ENSAT Paris : 1 - 7.
- CHEFTEL J.C. et CHEFTEL H. (1984).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, volume 1. Edition Lavoisier, Paris, 367 p.
- CHEFTEL J.C., CHEFTEL H. et BESANCON P. (1983).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume II. Ed Tec. Doc. Lavoisier, Paris, 244 p.
- CHEHMA A. et LONGO H.F. (2001).** Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du détail., revue des énergies renouvelables. Revue des énergies renouvelables, Numéro spécial : 59-60.
- CLEMENT D.M. (1978).** Dictionnaire des sciences alimentaires. Ed. Masson , Paris.
- DJRIBI M. (1994).** Le précis de phoeniciculture. Ed. FAO, Rome : 52 – 58.
- DONALD V. et JUDITH G. V. (1998).** Biochimie. Masson 2<sup>ème</sup> édition , Paris : 56 – 727.
- DOWSON W.H. et ATEN A. (1963).** Fonctionnaire technique (petites industries agricoles) Sous-Division du génie Rural. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, édition FAO, Rome, 334 p.
- DURAND M. et FAVARD P. (1967).** La cellule. Ed. Hermann, n<sup>o</sup> 2186, Paris : 38 – 39.
- DURAND G. et MONSAN P. (1982).** Les enzymes, production et utilisations industrielles. Ed. Villars, n<sup>o</sup> 1, Paris : 123-171.
- EL-OGAIDI A.K.H. (1987).** Dates and Confectionery Product. F.A.O , Rome : 1 – 25.
- EL-OGAIDI A.K.H. (1987).** Dates and Microbial Biotechnology Regional Project for Palm and Dates Research Centre in the Near East and North Africa. Ed. Al watan printing, Baghdad : 13-151.
- EL-OGAIDI A.K.H. (2000).** Le palmier dattier science technologique Agronomique et industrielle. Ed. Dar ezahran, Oman, 410 p.
- EL-SHAARAWY M.I., MESALLAM A.S., EL-NAKHAL H.M. et WAHDAN A.N. (1989).** Studies on Extraction of Dates. Actes du Colloque "The Second Symposium on The Date Palm", volume II, King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia, 259-271.
- FLORKIN M. et DUCHATEAU G. (1968).** Cent manipulations biochimiques simples. Ed. Desoer, 4<sup>ème</sup> édition., Paris : 9 – 30.
- GIDDEY C. (1982).** Les produits à humidité intermédiaire, cas particuliers du problème de la conservation des produits à humidité intermédiaire. Ed. APRIA, Paris : 21-28.

- GUERIN B., GAUTHIER A. et ORTHIER J. (1978).** Les sirops. Ed. APRIA, n<sup>o</sup> 5 , Paris, 191 p.
- GUERIN B., GAUTHIER .A. et ORTHIEB J. (1982).** Série de synthèse bibliographique.: Les sirops (saccharose, glucose, fructose et autre édulcorants : valeur technologique et utilisation. Ed. APRIA, n<sup>o</sup> 18, Paris, 123 p
- HAMAD A.M. et AL-BESHR A.A. (1993).** Possibility of Utilizing Date in the Production of Carbonated Beverage. Actes du Colloque "The Third Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 335-342.
- HANACHI S. et KHITRI D. (1998).** Inventaire variétal de la palmeraie Algérienne : Actes du symposium sur la datte, Biskra : 44-190.
- HIGAZY M.K., EL-GHAYATY S.H. et AL-MAKHTON F.B. (1983).** Effects of Pollen Type on Fruit Senting, Yield and Some Physical Fruit Properties of Some Date Varieties. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 87-101.
- HUSSEIN F. et HUSSEIN M.A. (1983).** Effect of Irrigation on Growth, Yield and Fruit Quality of Dry dates Grown at Asswan. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 168- 173.
- HUSSEIN F., SOURIAL G.F., KHALILFA A.S., GAAFAR S.I. et MOUSSA L.A. (1989).** Nutritional Value of Some Egyptian Soft date Cultivars (Protein and Amino Acide). Actes du Colloque "The Second Symposium on The Date Palm", Volume II , King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 171-180.
- IBRAHIM M. A. et KHALLIL H. N. M., (1997).** Le palmier dattier protection et production. Ed Iskandaria : 432 – 627.
- IDDER A. (1991).** Aperçu bio-écologique sur *Parlatoria blanchardi* Targ (Homoptera, diaspididae) en palimeraies à Ouargla et utilisation de son ennemi *Phoroscygnus semigobosus* Karsh (Coleoptera, coccinellidae) dans le cadre d'un essai de lutte biologique. Thèse de Magister en Sciences Agronomiques, I.N.A. El Harrach –Alger, 102 p.
- KHATAB A.G.H., EL-TINAYA H. et NOUR A..A.M. (1983).** The Chemical Composition of Some Date Palm Cultivars Grown in Sudan. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 706-710.
- LERY F. (1971).** Les conserves. Ed. Saint-Gernain, 3<sup>ème</sup> Ed., Paris : 69 – 70.
- LINDEN G. (1981).** Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-



alimentaires.. Ed. Lavoisier, (2), Paris, 50 p.

**MAATALLAH S. (1970).** Contribution à la valorisation de la datte Algérienne. Thèse d'Ingénieur, INA , El Harrach, Alger, 103 p.

**MAHJOUB A. GLENZA A et BULLERMAN L.B. (1989).** Microbiology of Dates. Actes du Colloque "The Second Symposium on The Date Palm", Volume II , King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 165-170.

**MASHADI A.S. (1983).** Sugars Tannins and Some Vitamins Contents of Twenty-five Date Cultivars Grown in Saudi Arabia at the Khalal (mature color) and Tamer (ripe) stages. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 468-478.

**MEKKI M.S., AL-TAI W.F. et HAMOUDI Z.S. (1983).** Industrialization of Dates and Development of New Products Comming of Date Pulp and Khalal Dates. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 520-532.

**MEKKI M.S., BUKHAEV V. et ZAKI F.S. (1983).** Production of Caramel Color from Date Juice. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 552-559.

**MEKKI M.S. et AL-TAISAN S.M. (1993).** Physico-chemical changes associated with freezing storage of date cultivars at their rutab stage of maturity. Actes du Colloque "The Third Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 252-266.

**MULTON J.L et LEPATRE F. (1984).** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries Agroalimentaires. Ed APRIA, Paris : 53 – 276.

**MULTON J. L. (1992).** Le sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides dans les I.A.A. Ed. Lavoisier, Paris, 264 p.

**MUNIER P. (1973).** Le palmier dattier, techniques agricoles et productions tropicales. Ed maison neuve et la rosse, Paris, 221 p.

**MUSTAFA A.I., HAMAD A.M. et AL-KAHTANI M.S. (1983).** Date variertiers for jam production. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 496-502.

**PERRIN R. et SCHARFF J. P. (1999).** Chimie industrielle. Ed. Dunod, 2<sup>ème</sup> Ed., Paris, 1078 p.

- PROST J. P. (1977).** Apiculture. Ed. Baillier, Paris : 247 -252.
- RANDERATH K.. (1971).** Chromatographie sur couches minces. Ed. Couthier-Vielere, Paris : 40 – 71.
- REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. Ed. Dunod, Paris : 71 – 73. ,
- RIVIERE J. (1975).** Les applications industrielles de la microbiologie. Ed. Saint – Germain, Paris : 6 -7.
- RODIER J. (1992).** Analyse de l'eau naturelle. Eaux résiduaires. Eau de mer. Tome 1. Ed. Dunod, 7<sup>ème</sup> Ed., Paris : 23 – 47.
- SAWAYA W.N., SAFI W.M., AL-SHATA . et EL-MOHAMMAD H. (1983).** Fruit growth and composition of khadari sillaj and sifri date cultivars grown in Saudi Arabia. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 202-210..
- SAWAYA W.N., SAFI W.M., KHALIL J.K. et MASHADI A.S. (1983).** Physical Measurements, Proximate Analysis and Nutrient Elements Content of Twenty-five Date Cultivars Grown in Saudi Arabia at the Khalal (mature color) and Tamer (ripe) stages. Actes du Colloque "The First Symposium on The Date Palm", King Faisal University, Al-Hassa Kingdom of Saudi Arabia : 454-467.
- SHUBBAR B. H. (1981).** Sugar Extraction from dates. Fomely with the Regiproject for Palm and Dates, Research Center in the Near-East and North Africa. Date Palm Journal, (5) : 61-78.
- SIBOUKEUR O. (1997).** Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Thèse Magister en Sciences Alimentaires, 106 p.
- TOUMER M. et KAILALI H., (1985).** Travaux pratiques de pharma. O.P.U. , Alger : 35 – 37.
- TOUTAIN G. (1972).** Les maladies du palmier dattier et sa fusariose vasculaire. Ed. F.A.O, Rome : 21 – 28.
- WAGUED A. (1973).** Le palmier dattier, Ed. Elkahira , Caire : 177 – 178.
- WEIL J.H. (2001).** Biochimie générale. Ed. Dunod, n°9, Paris : 197 – 199.

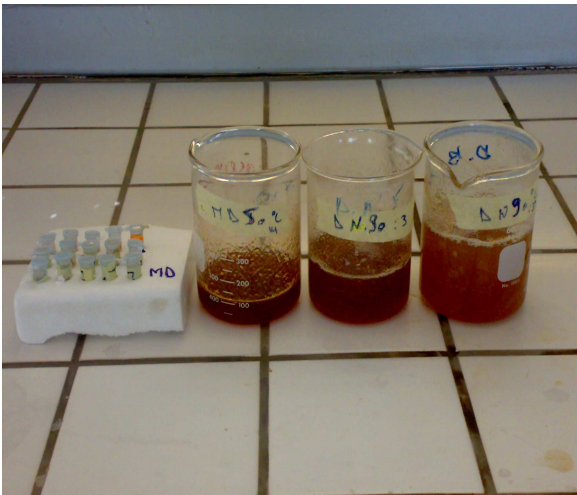
---

# *Annexes*

---

**Annexe 1** : Valeur minimale de l' $a_w$  pour la croissance de levures et moisissures (GUERIN et *al*, 1982).

<b><math>a_w</math></b>	<b>Microorganismes</b>
0,95	Salmonelles + Bactéries ordinaires
0,90	Nombreuses levures
0,85	Certaines moisissures
0,80	Moisissures ordinaires
0,75	---
0,70	La plupart des moisissures
0,65	---
0,60	Levures osmophiles (tolérantes au sucre ou au sel)
0,55	---
0,50	---

**Annexe 2 : Filtration du jus de dattes ( G, DB, DN et MD).****Annexe 3 : Condensation du jus de dattes**

**Annexe 4 : Dosage du sodium**

Le principe est basé sur leur excitation par chauffage dans une flamme d'un brûleur à gaz et lors du retour à l'état fondamental, il y a émission d'énergie lumineuse sous forme de photons.

Pour un métal donné, il y a émission, dans ces conditions, d'un spectre de radiations simples, chacune d'elles correspond à une transmission électronique possible. Pour une même température

de la flamme, l'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément à dose (AUDIGIE et *al*, 1984).

**Annexe 5 : Dosage du chlore par la méthode de Mohr****Réactifs :**

- chlorure de sodium pur et sec             $M_{ClNa} = 58.45g$
- solution  $NO_3 Ag$  à titrer                 $M_{NO_3Ag} = 170g$
- papier pH
- chromate de potassium ( $CrO_4K_2$ ) à 10% dans l'eau distillée
- solution inconnue de  $Cl Na$  à doser
- acide nitrique  $HNO_3$
- carbonate de calcium  $CaCO_3$

**Préparation d'une solution standard de  $Cl Na$** 

On utilise du chlorure de sodium pur et sec de poids moléculaire  $M_{ClNa} = 58.45 g$  l'équivalent pour  $Na Cl = 58.45 g$ .

Pour préparer une solution 0.1 N il faudrait utiliser 5.845 soit 5.85 g de  $NaCl$  par litre de solution

**Technique :**

Peser 0.59g de  $ClNa$  pur et sec, l'introduire dans une fiole jaugée de  $100 cm^3$  avec environ  $50 cm^3$  d'eau distillée ( qui doit être rigoureusement exempte d'ions  $Cl^-$ ). Agiter jusqu'à dissolution puis compléter au trait de jauge, bien mélanger.

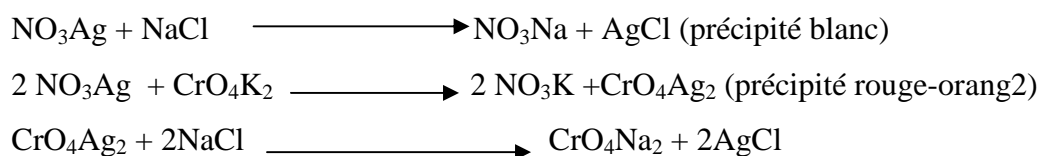
**Vérification du titre d'une solution approximativement 0.1 N de  $NO_3Ag$  par la solution standard de  $NaCl$** 

**Principe :** Ce dosage correspond au dosage direct des halogénures

On fait agir en milieu neutre, pH sensiblement égal à 6,5 ou 7, une solution à titrer de nitrate

d'argent sur une prise d'essai comme de solution titrée de chlorure de sodium (NaCl). La réaction se fait en présence de chromate de potassium ( $\text{CrO}_4\text{K}_2$ ) (TOUIMER. et KAILALI,1985).

La solution est colorée en jaune, quand on verse la solution de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  le chlore précipite à l'état de chlorure d'argent ( $\text{AgCl}$ ) blanc (mais qui paraît jaunâtre à cause de  $\text{CrO}_4\text{K}_2$ ). Lorsque tout le NaCl sera transformé en  $\text{AgCl}$ , la première goutte de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  en excès qui tombe dans le mélange, donne à la liqueur toute entière une couleur rouge orangée persistante due à la formation de chromate d'argent ( $\text{CrO}_4\text{Ag}_2$ ) à partir de  $\text{CrO}_4\text{K}_2$  (indicateur) à la fin du dosage, les réactions qui se produisent sont les suivantes :



#### Annexe 6 : Composition du réactif de Nigram

Le nigram a été retenu pour les sucres majeurs, il se compose de :

Solution A : 4 g de diphénylamine + 100 ml d'acétone

Solution B : 4 ml d'aniline + 100 ml d'acétone et 10ml d'acide ortho phosphorique à 85%

#### Annexe 7 : Dosage des sucres par la méthode de BERTRAND

**1 - Principe :** On fait agir un excès de liqueur cupro-alcaline sur les sucres dans des conditions bien fixées.

On sépare l'oxyde cuivreux et la traite par une liqueur sulfurique de sulfate ferrique.  $\text{Fe}^{+++}$  fait passer  $\text{Cu}^+$  et l'état de  $\text{Cu}^+$  qui passe en solution tandis qu'il est réduit et ramené à l'état de  $\text{Fe}^{++}$ .



$\text{Fe}^{++}$  est dosé par une liqueur titrée de  $\text{KMnO}_4$  s'était transporté sur  $\text{Cu}_2\text{O}$  par l'oxyde cuivreux.

Pour produire de se titre la teneur en sucres de la prise d'essai on se rapporte à des tables de correspondance établies, dans les mêmes conditions opératoires pour les différents sucres.

#### 2 - Réactifs et appareillage

- Solution cuprique A.

- Solution tartro-alkaline B.
- Solution ferrique C.
- Solution N/10 de  $\text{KMnO}_4$ .

### 3 - Mode opératoire

Peser un échantillon dans une fiole de 200ml : dissoudre dans un peu d'eau tiède.

#### - Défécation

Ajouter à la prise d'essai 5 ml d'acétate de Plomb (10%), quelques pinces de sulfate de sodium.

Agiter le contenu avec 2/3 d'eau pendant 10 minutes, après défécation complète à 200ml avec  $\text{H}_2\text{O}$ , agiter et filtrer.

Dans un erlenmeyer de 300 ml placer :

- 20 ml de liqueur A.
- 20ml de liqueur
- 20 ml de filtrat

Porter à ébullition, après 3 minutes d'ébullition exactement

Refroidis immédiatement sous un courant d'eau, sans agiter l'oxyde cuivreux se dépose.

Filtrer la liqueur par le filtre d'amant on activant la filtration par l'aspiration de la tromp à eau.

Laver à trois reprises l'oxyde cuivreux avec 20 ml d'eau bouillie froide.

Rejeter le filtrat contenu dans la fiole vide et la rincer à l'eau distillée, remettre en place le filtre la fiole.

Dissoudre l'oxyde cuivreux avec 30 ml de liqueur ferrique C. Collecter la liqueur ferrique partiellement réduite dans la fiole à vide en s'aidant d'une aspiration modérée, rincer et le filtrat à cinq reprises avec 20 ml d'eau.

Titration

Titrer le filtrat contenant la solution ferrique partiellement réduit par la solution N/10 de  $\text{KMnO}_4$ .

Le virage est obtenu quand la couleur passe du vert franc au rose persistant.

La quantité de sucre (saccharose, sucre inverti) contenu dans la prise d'essai est donnée par le tableau de correspondance.



**Annexe 8** : Tableau de correspondance du dosage des sucres

<b>KMnO4 N/10 ml</b>	<b>Cuivre mg</b>	<b>Glucose mg</b>	<b>Sucre inverti mg</b>	<b>Saccharose</b>
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

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

## **Annexe 9 : Dosage du glucose**

### **1 – Matériel**

spectrophotomètre visible -

- pipette graduée de 5 ml

- tube à essai

- micropipettes

- cuve de 1 cm d'épaisseur

### **2 – Réactifs**

Réactif 1 : solution tampon phénol à pH 7

Réactif 2 : glucose oxydase, peroxydase et Amino 4-Antipyrine

Etalon : standard Glucose 1g/l

**3 - Préparation des échantillons**

	Blanc	Etalon	Dosage
Réactif de travail	1mL	1mL	1mL
Eau distillée	10 uL	-	-
Etalon	-	10 uL	-
Echantillon	-	-	10 uL

**Annexe 10 : Dosage du fructose****1 – Matériel**

spectrophotomètre visible -

- pipette graduée de 1 et 5 ml
- tube à essai
- cuve de 1 cm d'épaisseur
- bain marie
- papier pH

**2 – Réactifs**

- Acide chlorhydrique 35 %
- résorcinol
- alcool amylique
- ammoniacque

**3 – Mode opératoire**

Traiter 5 ml de solution de fructose à 1 % par 1 ml d'acide chlorhydrique concentré. Placer le tube 2 à 3 minutes dans le bain marie bouillant, puis ajouter une pincée de résorcine. Chauffer jusqu'à apparition de la coloration rouge. Refroidir et neutraliser la solution par addition goutte à goutte d'une solution d'ammoniacque. Ajouter un volume égal d'alcool amylique et mélanger par inversion du tube. Examiner au spectrophotomètre la couleur de la couche supérieure.

**Annexe 11 : Dosage des protéines par la méthode de LOWRY (1951)****1 – Réactifs**

- réactif de Folin Ciocalteu
- la soude (NaOH)
- carbonate de sodium anhydre (NaCO<sub>3</sub>)
- sulfate de cuivre anhydre (CuSO<sub>4</sub>)
- tartrate de Na et K

**2 – Solutions**

- 0.5g de CuSO<sub>4</sub> dans 100 ml d'H<sub>2</sub>O distillée
- 1 g de tartrate de Na et K dans 100 ml d'H<sub>2</sub>O distillée
- solution A : 10g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dans 500 ml d'H<sub>2</sub>O + 2 g de NaOH
- solution B : 2 ml de CuSO<sub>4</sub> 0.5 % +2 ml de tartrate de Na et K 1 %
- solution C : 50 ml de A + 1 ml de B

**3 – Mode opératoire**

1 ml d'échantillon contenant 100 µg au maximum de protéine et 25 µg au minimum

- ajouter 5 ml de C et mélanger
- laisser 10 min à la température ambiante
- ajouter 0.5 ml de réactif de Folin Ciocalteu
- laisser 30min à l'obscurité
- lire la DO à 750 avec la cuve de chemin optique 1 cm.

**Annexe 12 : Dosage des pectines****1- Appareillage et réactifs**

- bêcher 50ml
- pipette de 5 ml
- bâton en verre
- filtre sans cendre
- alcool méthylique

**2 -Mode opératoire**

Peser 5 g du sirop de dattes, dans un bêcher de 50 ml. Soit ce poids est P1. Ajouter la solution d'alcool méthylique.

Agiter énergétiquement avec le bâton en verre pendant quelques minutes.

Léser reposer pour faire séparer le liquide du sédiment.

Décanté la solution sans troubler le sédiment.

Déplacer le sédiment soigneusement sur le filtre sans cendre.

Tarer le filtre et le peser.

Soit ce poids est P2

Calculer la teneur en pectines d'après la formule précédente:

**Annexe 13 : Fiche du test préliminaire de dégustation : choix du jury de dégustation****Test de dégustation**

Date :

Dégustateur :

Heure :

Code :

**1 - Premier test**

Classer les solutions de glucose par ordre de sucrosité croissante.

Solutions	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Ordre				

**2 – Deuxième test**

Classer les solutions de saccharose par ordre croissant d'acidité (les solutions additionnées de quantités croissantes d'acide citrique).

Solutions	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Ordre				

**Remarque :** L'évaluation de chaque échantillon doit être comme suit

- 1 - portez à la bouche une quantité suffisante de l'échantillon (1ml).
- 2 – maintenez en bouche l'échantillon pendant 5 secondes.
- 3 – vous pouvez goûtez l'échantillon autant de fois que vous la désirez.
- 4 – rincez vous la bouche entre deux dégustation.



Solutions de glucose par ordre de sucrosité croissante      Solutions de saccharose par ordre croissant d'acidité

**Annexe 14 : Fiche du test de dégustation**

**Test de dégustation**

**Date :**

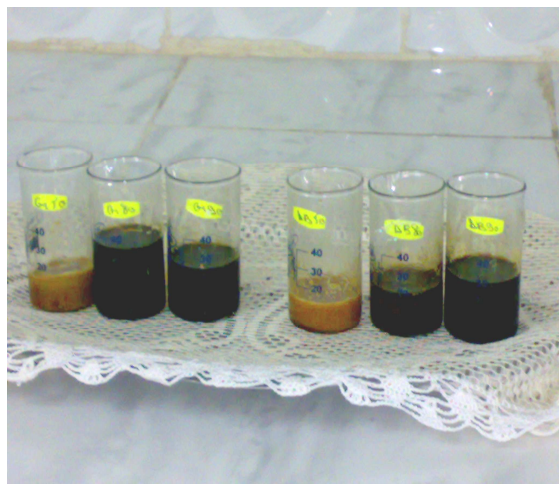
**Dégustateur :**

**Heure :**

**Code :**

<b>Attributs Lots</b>	<b>Arôme fruité de dattes</b>	<b>Goût</b>	<b>Odeur</b>	<b>Couleur</b>	<b>Appréciât globale</b>	<b>Classement 01</b>
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

<b>Attributs</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Arome fruité de dettes	imperceptible	moyen	fort
Goût	amer	acide	agréable
Odeur	déagréable	acceptable	agréable
Couleur	marron claire	marron foncé	jaune
Appréciât globale	acceptable	médiocre	excellent



Lot 1, 2, 3

lot 4, 5, 6



lot 7, 8, 9

lot 10, 11, 12

**Annexe 15 :: Rendements en sirops (%)**

Pour calculer le rendement, on prend une quantité de dattes d'une variété et on pèse la quantité de sirop correspondante, après l'extraction et la concentration.

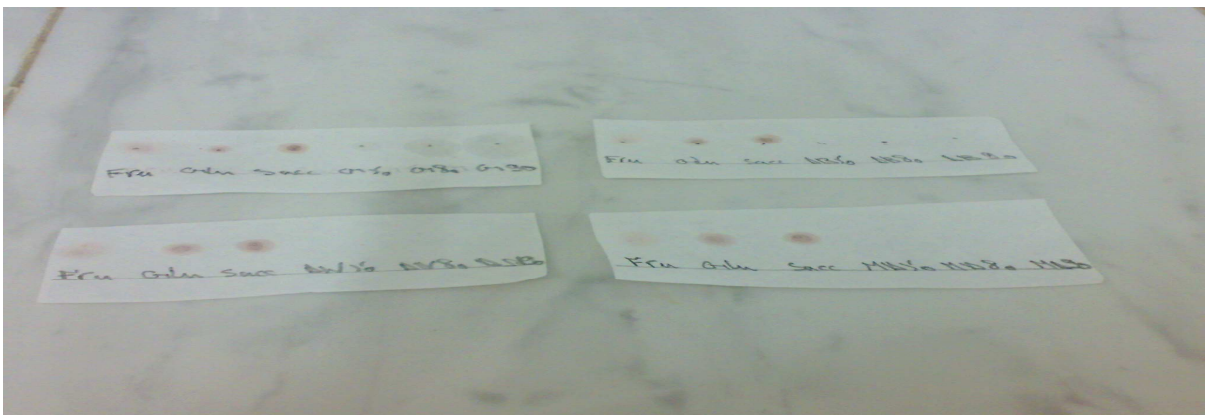
Variété	à 50 °C	à 80 °C	à 90 °C
Rendement			
Deglet Beida	5	15	20
G	25	26	30
DN	13	20,36	25
MD	7,58	14,50	16,31



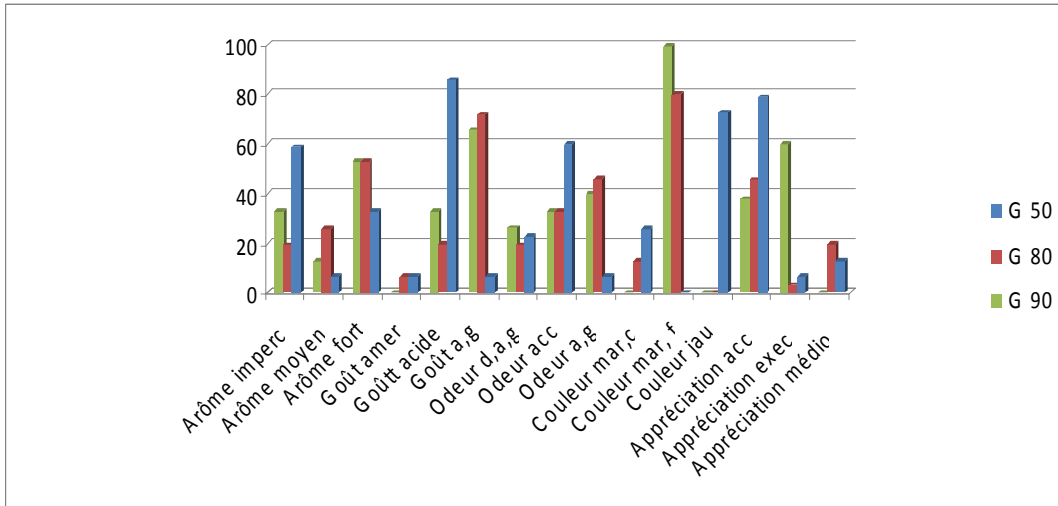
**Annexe 16 : Stabilité des sucres**

En milieu acide, à chaud, les oses possédant au moins 5 atomes de C, sont déshydratés et transformés en furfural ou dérivés du furfural. Le furfural et ses dérivés se condensent avec diverses substances organiques (Phénols, amines aromatiques, cétones...) en formant des complexes colorés (AUDIGIE et *al*, 1984)

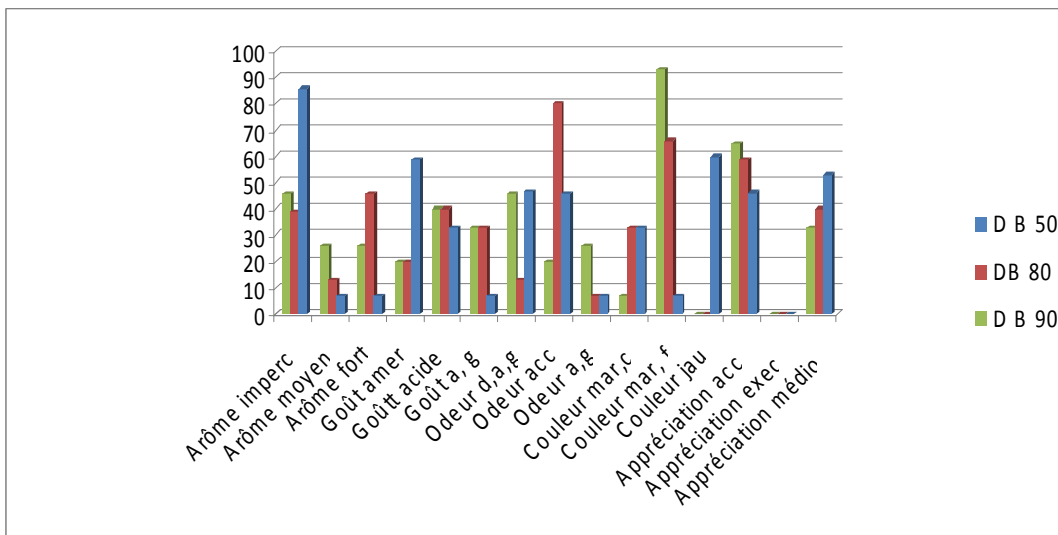
La réaction qui caractérise ce test est dite réaction de Molisch (FLORKIN et DUCHATEAU, 1968).



**Annexe 17 : Analyse sensorielle des sirops de dattes G (lots 1, 2, 3)**  
**% des dégustateurs**

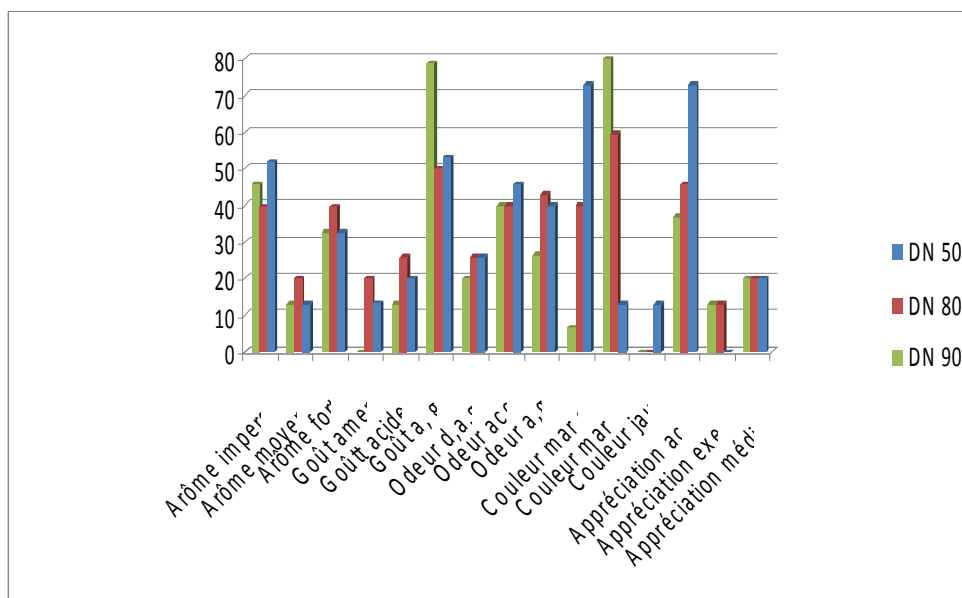


**Annexe 18 : Analyse sensorielle des sirops de dattes DB (lots 4, 5, 6)**  
**% des dégustateurs**



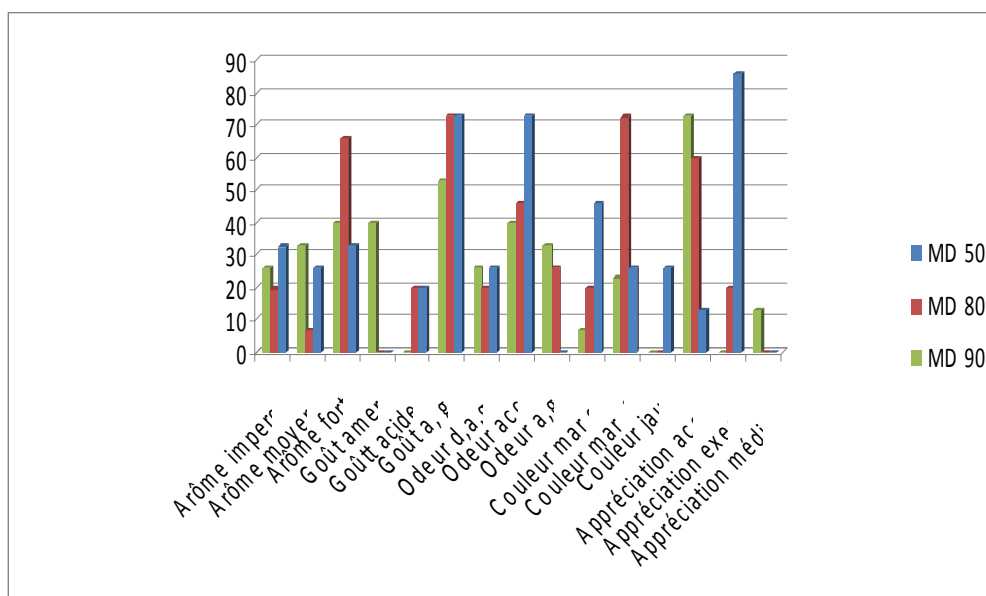
**Annexe 19 : Analyse sensorielle des sirops de dattes DN (lots7, 8, 9)**

**% des dégustateurs**

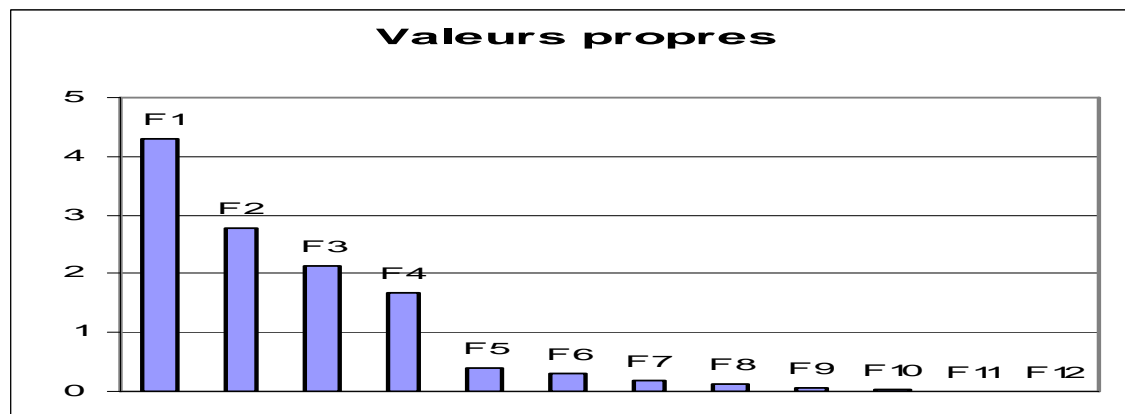


**Annexe 20 : Analyse sensorielle des sirops de dattes MD (lots 10, 11, 12)**

**% des dégustateurs**



Imper : imperceptible for : fort amer : amer a. g : agréable d.a.g : désagréable acc : acceptable  
 Moye : moyen marf : marron foncé marc : marron claire jau : jaune exc : excellent méd :  
 médiocre

**Annexe 21 : Valeurs propres****Annexe 22 : Cosinus carrés des variables**

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
pH	0,772	0,015	0,142	0,000	0,000	0,003	0,046
Cendre	0,100	0,001	0,206	0,554	0,121	0,002	0,001
Eau	0,001	0,817	0,151	0,000	0,015	0,000	0,002
MS	0,002	0,853	0,112	0,000	0,023	0,001	0,000
densité	0,000	0,227	0,027	0,568	0,143	0,011	0,022
Glucose	0,016	0,085	0,803	0,051	0,011	0,026	0,001
Fructose	0,940	0,006	0,003	0,000	0,003	0,003	0,000
Sucr tota	0,642	0,041	0,178	0,049	0,011	0,001	0,056
Oligosacc	0,420	0,068	0,002	0,388	0,002	0,065	0,013
Cristalli	0,017	0,634	0,274	0,049	0,005	0,008	0,001
Glu/Fru	0,741	0,026	0,099	0,029	0,045	0,000	0,035
Brix	0,638	0,006	0,153	0,002	0,002	0,171	0,012

**Annexe 23** : Cosinus carrés des variables en (%)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
pH	17,993	0,532	6,607	0,010	0,040	0,898	24,221
Cendre	2,331	0,036	9,570	32,795	31,764	0,760	0,688
Eau	0,017	29,413	7,020	0,002	3,973	0,034	0,874
MS	0,043	30,711	5,197	0,006	6,074	0,370	0,158
densité	0,009	8,174	1,245	33,569	37,371	3,921	11,624
Glucose	0,367	3,053	37,362	3,021	2,865	8,899	0,763
Fructose	21,929	0,202	0,125	0,011	0,824	1,153	0,064
Sucr tota	14,969	1,464	8,303	2,894	2,873	0,197	29,471
Oligosacc	9,788	2,436	0,094	22,930	0,557	22,363	6,798
Cristalli	0,398	22,824	12,770	2,927	1,187	2,688	0,476
Glu/Fru	17,279	0,922	4,601	1,691	11,882	0,016	18,363
Brix	14,876	0,231	7,105	0,143	0,590	58,701	6,501

**Annexe 24** : Cosinus carrés des individus

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
MD9	0,436	0,049	0,141	0,215	0,022	0,005	0,127	0,000
MD8	0,353	0,002	0,166	0,239	0,016	0,002	0,172	0,001
MD5	0,111	0,213	0,000	0,610	0,055	0,003	0,002	0,005
DN9	0,105	0,239	0,472	0,040	0,032	0,014	0,009	0,006
DN8	0,242	0,017	0,317	0,366	0,000	0,026	0,021	0,004
DN5	0,017	0,596	0,042	0,241	0,040	0,000	0,044	0,017
DB9	0,461	0,018	0,182	0,160	0,092	0,016	0,000	0,067
DB8	0,101	0,599	0,072	0,020	0,048	0,006	0,008	0,142
DB5	0,142	0,507	0,037	0,204	0,077	0,011	0,002	0,002
G90	0,004	0,130	0,335	0,261	0,129	0,112	0,009	0,003
G80	0,005	0,138	0,157	0,025	0,257	0,259	0,035	0,007
G50	0,006	0,851	0,000	0,114	0,013	0,009	0,000	0,002
G42	0,105	0,013	0,830	0,010	0,011	0,026	0,001	0,002
G55	0,762	0,045	0,088	0,000	0,000	0,095	0,004	0,003
HTF	0,839	0,028	0,101	0,013	0,007	0,008	0,000	0,002

**Annexe 25** : Contributions des individus en (%)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
MD9	7,117	1,246	4,591	8,910	4,105	1,108	47,359	0,078
MD8	1,707	0,013	1,605	2,932	0,851	0,166	18,894	0,138
MD5	2,821	8,351	0,010	39,343	15,652	1,180	1,425	4,123
DN9	0,817	2,878	7,357	0,797	2,828	1,596	1,567	1,587
DN8	1,226	0,131	3,200	4,701	0,009	1,905	2,408	0,703
DN5	0,301	15,860	1,454	10,566	7,770	0,091	17,438	9,728
DB9	5,509	0,340	4,336	4,857	12,348	2,740	0,047	25,675
DB8	1,000	9,153	1,433	0,492	5,323	0,936	1,856	45,309
DB5	2,835	15,651	1,486	10,365	17,273	3,304	1,004	1,153
G90	0,032	1,643	5,485	5,444	11,924	13,605	1,678	0,835
G80	0,015	0,670	0,988	0,198	9,126	12,049	2,485	0,755
G50	0,167	38,793	0,014	8,522	4,284	3,704	0,012	1,751
G42	3,214	0,611	50,606	0,744	3,673	11,687	0,794	1,883
G55	20,836	1,917	4,828	0,000	0,133	38,245	2,797	2,373
HTF	52,403	2,744	12,607	2,128	4,701	7,684	0,235	3,908

