

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique**  
**université de Mouloud MAMMERRI de Tizi Ouzou**



**(UMMTO)**



**Faculté des Sciences Biologiques et des**  
**Sciences Agronomiques**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**En Science Alimentaire.**

**Spécialité : Sécurité Agroalimentaire et Assurance**  
**Qualité.**

**THÈME**

**Etude de la faisabilité de trois compléments**  
**alimentaires à base du fruit de datte Degla-**  
**Beida**

**Réalisé par :**

M<sup>lle</sup> KHELIFI Lydia

M<sup>lle</sup> MAKOUCHE Nouara

**Membres de jury :**

M<sup>me</sup> MEDJKOUH/REZZAK.L

MCA-UMMTO

**Présidente**

M<sup>me</sup> ADDAR.L

MCB-UMMTO

**Examinatrice**

M<sup>me</sup> ALLANE.T

MCB-UMMTO

**Promotrice**

**2023-2024**

## **Remerciements**

*Nous tenons en premier à remercier le Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements à **Mme ALLANE.T** pour son encadrement exceptionnel, son aide, sa rigueur, sa patience et sa disponibilité durant la période de préparation de ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury :*

***Mme MEDJKOUH/REZZAK.L** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury.*

***Mme ADDAR. L** d'avoir accepté examiner notre travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à :*

***Mr METAHRI, Mr HOUALI et Mr AMROUCHE** de nous avoir donné l'accès à leurs laboratoires de recherches de l'**UMMTO**.*

*Tout le personnel de laboratoire d'analyses physico-chimique de département agronomie de l'**UMMTO***

*Tout le personnel de l'unité **SAIDAL** Gué De Constantine pour leur accueil et leur esprit d'équipe.*

*Enfin nous remercions nos familles, nos amis (es), nos enseignants qu'on a eu depuis notre scolarisation jusqu'à ce jour et toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.*

## *Dédicaces*

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide  
de DIEU le tout puissant A :

Mes très chers parents qui ont veillé tout au long de ma vie à  
m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Merci d'être les  
Parents que vous êtes.

Mes chers frères Yanis et Massil à qui je souhaite beaucoup de  
réussites dans leurs vies.

Mes chères grands-mères Dahbia et Djedjiga à qui je souhaite une  
Longue vie.

Mon binôme Nouara avec qui j'ai partagé d'agréables moments  
durant la préparation de ce mémoire.

Mes oncles, tantes, cousins, cousines, ami(es) et tous ceux qui me  
Sont chers.

*Lydia*

Je dédie ce travail :

A la mémoire de mon père MOHAND AMEZIANE disparue trop tôt. J'espère que dans le monde ou qu'il soit, il peut percevoir cet humble geste comme une manifestation sincère de gratitude de la part de sa fille, qui a toujours prié pour le repos de son âme. Puissent les bénédictions du Tout-Puissant l'enveloppe de sa miséricorde.

A ma mère OUERDIA et ma sœur FERROUDJA qui ont toujours été présentes à mes côtés, apportant un soutien constant tout au long de mes longues années d'études, trouvent ici l'expression de ma gratitude la plus profonde. Je leur suis reconnaissante pour les efforts et les sacrifices qu'elles ont consentis, tant en termes d'efforts que de moyens, afin de m'aider à réussir dans mes études.

A mon binôme Lydia avec qui j'ai partagé ce modeste travail.

Ames oncles, tantes, et mes amies.

*Nouara*

## Liste des abréviations

**A:**Artemisia.

**CA:**Complimentaliminaire.

**DO:**Densitéoptique.

**DPPH:**diphenylpicrylhydrazyl.

**DSA:**Directiondesservices agricoles.

**FAO:**Organisationpourl'alimentationetl'agriculture.

**FD:**Fruitdedatte.

**HR:**Humiditérésiduelle.

**PA:**Principeactif.

**PFD :** Poudre de fruit de datte.

**SFD :** Sirop de fruit de datte.

**TPE:**Entreprisedepetitetaille.

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Les gélules et les capsules	4
2	Compliments alimentaires sous forme de poudre	5
3	Le sirop	5
4	Les ampoules	6
5	Les gummies	6
6	Les parts du marché des compliments alimentaires	7
7	Schéma de la morphologie du palmier dattier	9
8	Répartition géographique du palmier dattier dans le monde.	10
9	Répartition du palmier dattier en Algérie	11
10	Coupe longitudinale d'une datte	12
11	Les catégories des dattes	13
12	Stade de maturation des dattes	14
13	Armoise	24
14	Photographie des dattes <i>Degla-Beida</i> utilisées.	26
15	Photographie de la plante étudiée (Armoise).	26
16	Mode de séchage solaire direct des dattes	27
17	Comprimeuse semi alternative (FROGERAIS).	28
18	Test de désagrégation des gélules (ERWEKA)	31

19	Dissolution des gélules dans l'eau distillée (a) et dans HCl (b).	31
20	Méthode d'obtention du sirop de dattes pur	32
21	Courbe de séchage des dattes par séchage solaire à une température moyenne de 50°C.	35
22	Droite de régression correspondant au modèle de Newton.	36
23	Courbe de régression correspondant au modèle polynomial.	36
24	Variation de la température exprimée en °C en fonction du temps (heures) des dattes séchées par séchage solaire	37
25	Variation de l'humidité relative de l'air exprimée en % en fonction du temps (heures) des dattes séchées par séchage solaire	37
26	Photographie des morceaux des dattes exposées au soleil (a) et de la poudre de datte obtenue par broyage (b).	38
27	Photographie des comprimés de la poudre de dattes obtenue par une compresseuse semi alternative.	39
28	Photographie de la poudre de datte avant et après l'exposition à l'air libre	39
29	Variation relative du poids exprimée (%) en fonction du temps (heure) de la poudre de datte exposée à l'air libre.	40
30	Variation de l'humidité relative de l'air exprimée en % en fonction du temps (heures) de la poudre des dattes exposées a l'air libre.	41
31	Variation de la température exprimée en °C en fonction du temps (heure) de la poudre des dattes exposées a l'air libre.	41
32	Photographie des gélules obtenues à partir de la poudre de datte enrichie avec un extrait sec d'armoise.	42
33	Absorbance à 450 nm en fonction du temps.	43
34	Absorbance à 670 nm en fonction du temps.	44
35	Photographies des morceaux de dattes immergés dans l'eau (a), du jus de dattes obtenu à partir de la 1 <sup>ère</sup> extraction (b), du jus de dattes issu de la 2 <sup>ème</sup> extraction (c) et du sirop de dattes obtenu par concentration (d).	44
36	Degré brix des jus de dattes1, 2, et 3 (obtenus par 1er, 2ème et 3ème extraction respectivement), du sirop et des dattes fraîches (exprimé en %).	45

---

<b>37</b>	<b>Photographie des sirops A (a), B (b) et C (c).</b>	<b>46</b>
<b>38</b>	<b>Activité antiradicalaire des extraits éthanoïques contre le radical DPPH° (exprimée en %d'inhibition du radical DPPH°)</b>	<b>48</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>I</b>	<b>Production de dattes par pays en 2004 d'après la FAO</b>	<b>14</b>
<b>II</b>	<b>Pays producteurs des dattes en Algérie en 2019 d'après la direction des statistiques agricoles des systèmes d'information</b>	<b>16</b>
<b>III</b>	<b>Teneur en eau de quelques variétés de dattes de Biskra en %</b>	<b>17</b>
<b>IV</b>	<b>Classification des dattes et de la plante étudiées</b>	<b>26</b>
<b>V</b>	<b>Composition des doses de sirops (exprimée en g)</b>	<b>33</b>
<b>VI</b>	<b>Paramètres physicochimiques de datte fraîche et de la poudre de datte</b>	<b>38</b>
<b>VII</b>	<b>Résultats de la modélisation</b>	<b>40</b>
<b>VIII</b>	<b>Les paramètres pharmaco-technique des gélules</b>	<b>42</b>
<b>IX</b>	<b>Résultats de classement des trois produits de sirop.</b>	<b>46</b>

# *Table de matière*

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction.....01**

## **Synthèse bibliographique**

### **I. Les compléments alimentaires**

I.1. Définition.....03

I.2. Réglementation .....03

I.2.1. Composition.....03

I.2.2. Etiquetage.....03

I.3. Compliment alimentaire ou médicament.....03

I.4. Prescription.....04

I.5. Les différentes formes de compliment alimentaires.....04

I.5.1. Les gélules et les capsules.....04

I.5.2. Les poudres.....04

I.5.3. Le sirop.....05

I.5.4. Les ampoules.....05

I.5.5. Les gummies.....06

I.6. Le marché des compliments alimentaires.....06

I.6.1. Les canaux de distribution.....07

### **II. Les dattes et les plantes médicinales**

II.1. Le palmier dattier.....08

II.1.1. Petite histoire du palmier dattier.....08

II.1.2. Position systématique.....08

II.1.3. Exigences écologiques du palmier dattier.....08

II.1.4 Morphologie du palmier dattier.....09

II.1.5 Cycle de développement.....	09
II.1.5.1 Phase jeune.....	09
II.1.5.2 Phase juvénile.....	09
II.1.5.3 Phase adulte .....	10
II.1.5.4 Phase de sénescence.....	10
II.1.6 Répartition géographique du palmier dattier .....	10
II.1.6.1 Dans le monde .....	10
II.1.6.2 En Algérie.....	11
II.1.6.3 Biskra .....	11
II.1.7 Les nombreux usages et sous-produits du palmier dattier dans la vie saharienne.....	11
<b>II.2 Les dattes</b>	
II.2.1 Description des dattes .....	12
II.2.2 Stade de maturation des dattes .....	12
II.3 Catégories des dattes .....	13
II.4 La production de datte .....	14
II.4.1 Dans le monde.....	14
II.4.2 En Algérie.....	15
II.5 Composition biochimique de la datte .....	17
II.5.1 Composition biochimique de la partie comestible « pulpe ».....	17
II.5.1.1 L'eau.....	17
II.5.1.2 Les sucre.....	17
II.5.1.3 Les protéines.....	17
II.5.1.4 Les lipides.....	17
II.5.1.5 Les éléments minéraux.....	17
II.5.1.6 Les vitamines.....	17
II.5.1.7 Les fibres.....	18
II.5.2 Composition biochimique de la partie non comestible « noyau ».....	18
II.6 La valeur nutritionnelle.....	18

II.7 Technologie de la datte.....	18
II.7.1. Conditionnement de la datte.....	18
II.7.2 Transformation de la datte.....	19
II.7.2.1 Confiserie a base de datte.....	19
II.7.2.1.1 Pâte de datte.....	19
II.7.2.1.2 Farine de datte.....	19
II.7.2.1.3. Sirop, crèmes et confitures de dattes.....	19
II.8 Les déchets.....	19
II.8.1 Biomasse et protéines unicellulaire.....	19
II.8.2 Alcool.....	20
II.8.3 Vinaigre.....	20
II.8.4 Aliment de bétail.....	20
II.8.5 Autre produit.....	20
II.9 L'importance économique de la transformation de la datte.....	20
<b>II.10. Plantes médicinales.....</b>	<b>20</b>
II.10.1 Définition.....	20
II.10.2 Usage et intérêt des plantes médicinales.....	21
II.10.2.1 La phytothérapie .....	21
II.11. Définition du principe actif.....	22
II.12. Les conditions optimales pour obtenir le meilleur des plantes .....	22
II.13. Description de la plante étudiée.....	23
II.13.1 L'armoise( Artemisia herba alba) .....	23
II.13.2. Description botanique .....	23
II.13.3. Répartition géographique .....	24
II.13.4 Nomenclature et taxonomie .....	25
II.13.5. Les Principes actifs .....	25

### **III. Matériel et Méthodes**

#### **III.1. Matériel végétal**

III.1.1. Fruit de datte.....26

III.1.2. Plante médicinales.....26

III.2. Préparation de la poudre de datte par séchage solaire direct.....27

III.2.1. Cinétique de séchage solaire direct.....27

III.3. Préparation de l'extrait aqueux de l'Armoise .....28

#### **III.4. Caractérisation physicochimique de la datte et de la poudre de datte**

III.4.1. Détermination de la teneur en eau .....28

III.4.2. Détermination de degré brix.....29

III.5. Essai de formulation de comprimés de poudre de fruit de datte pure enrichie.....29

III.5.1. Etude de l'hygroscopicité de la poudre de dattes.....29

#### **III.6. Essai d'encapsulation de la poudre de dattes**

III.6.1. Remplissage des gélules.....30

III.6.2. Contrôle pharmaco-technique des gélules.....30

III.6.2.1. Uniformité de masse.....30

III.6.2.2. Essai de désagrégation.....30

III.6.3. Test de dissolution.....31

#### **III.7. Sirop de dattes pur et enrichi**

III.7.1. sirop pur.....32

III.7.2. Sirop enrichi avec extrait d'armoise.....33

III.7.3. Evaluation sensorielle.....33

#### **III.8. Analyse de l'activité antioxydante**

III.8.1. Préparation des extraits éthaloniques.....	34
III.8.2. Activité antiradiculaire au radical DPPH°.....	34
III.9. Analyse statistique.....	34

## **IV. Résultats et discussions**

IV. Obtention de poudre de dattes à partir de fruit traité par séchage solaire direct.....	35
IV.1. Cinétique de séchage et modélisation.....	35
IV.2. Caractérisation physicochimique de la poudre de datte.....	38
IV.3. IV.3. Essai de formulation de comprimés de poudre fruit de dattes pure et enrichie.....	38
IV.4. Essai d'encapsulation de la poudre de dattes.....	41
IV.1. 1.Pourquoi l'encapsulation.....	41
IV.2. Analyse pharmaco-technique des gélules.....	42
IV.4.3 Test de dissolution.....	43
IV.5. Sirop de dattes pur et enrichi.....	43
IV.5.1.Sirop pur.....	44
IV.5.2.Sirop enrichi avec extrait de l'armoise.....	45
IV.6.Analyse de l'activité antiradiculaire des extraits ethanoïque contre le radical DPPH°.....	48
<b>Conclusion.....</b>	<b>49</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

### **Résumé**

# *Introduction*

# Introduction

---

Depuis l'avènement de la crise du COVID-19, les compléments alimentaires suscitent chez les consommateurs un intérêt significatif en termes de traitement et de prévention des maladies (**Djerbi, 1994 ; Lee et al., 2023**).

Les compléments alimentaires peuvent se présenter sous différentes formes galéniques (comprimés, gélules, sirop...). Dans ce contexte, les fruits séchés sont une alternative saine aux produits sucrés et aux ingrédients alimentaires, constituant ainsi de bons en-cas (**TourerN, 1967**). En particulier, la poudre du fruit de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) (PFD) mérite, à notre sens, une attention immédiate quand on sait que 2 calories sur 3 consommées par les Algériens sont importées (**Oualikene, 2009**). **Alvi et al. (2022)** ont souligné le potentiel nutraceutique du fruit de dattes (FD) en tant que source prometteuse d'hydrates de carbone fonctionnels et de composés bioactifs. Quoique peu d'études sont consacrées, à notre connaissance, à la PFD en tant que produit fini ou intermédiaire destiné alors à d'autres transformations comme la compression ou l'encapsulation, la PFD ne devrait être qu'un concentré du fruit d'origine. Dans cet ordre d'idées, les comprimés alimentaires et les gélules, en tant que compléments alimentaires, peuvent être des produits précieux pour obtenir des composants bioactifs bénéfiques pour la santé (**Peyron, 2000**). De plus, ces formulations peuvent être naturelles ou enrichies avec des extraits de plantes médicinales lesquelles sont utilisées depuis des temps immémoriaux pour traiter diverses affections. Quant au sirop du FD (SFD), il est, de notre point de vue, une sorte d'analogue liquide de la PFD.

Aussi bien pour la PFD que pour le SFD, leurs qualités dépendent du processus de transformation appliqué. Il s'agit généralement du séchage thermique (pour la PFD) et extraction par chauffage suivi de la concentration pour le SFD.

Le but du présent travail est un essai d'obtention, pour la première fois à notre connaissance :

i) de comprimés et de gélules alimentaires à partir de la PFD issue de FD traités par séchage solaire direct et additionnée d'un extrait sec d'armoise (*Herba alba*), et ii) d'un sirop de dattes obtenu par diffusion à froid suivie d'une concentration au bain-marie, le produit fini étant aussi envisagé comme support du même extrait sec d'armoise utilisé dans les deux formulations précédentes. Cette plante a gagné en popularité durant la crise du COVID-19 sans qu'il y'ait au sein de la communauté scientifique d'un consensus sur le

## Introduction

---

sujet. Dans tous les cas, les propriétés antivirales des produits à base d'*Artemisia* ont été démontrées (**Orege et al., 2023**). Cette plante contient en plus des quantités appréciables de minéraux tels que le zinc, le gallium et le sélénium, entre autres (**Orege et al., 2023**).

*Synthèse*  
*bibliographique*

### I. Les compléments alimentaires

#### I.1. Définition

Selon le décret n°2006-352, les compléments alimentaires (CA) sont définis comme « *les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique* ».

Les substances contenues dans les CA n'ont pas d'actions thérapeutiques et ne sont pas destinées à guérir des maladies. Leur utilisation est plutôt associée à des bénéfices pour le bien-être, ces produits sont disponibles à la vente sans ordonnance et sont largement distribués dans les pharmacies, les grandes surfaces, les magasins spécialisés en diététiques et sur internet (Valette, 1988).

#### I.2. Réglementation

##### I.2.1. Composition

En 2006, un décret a établi la liste des substances autorisées dans les compléments alimentaires, comprenant principalement des nutriments comme les vitamines et les minéraux, ainsi que des éléments à cibler nutritionnellement ou physiologiques, tels que les acides aminés, et d'autres, comme les extraits de plantes. Il est essentiel de noter que certaines de ces substances, telles que les vitamines et les minéraux, peuvent se retrouver à la fois dans les compléments alimentaires et d'autres produits. Toutefois, cela ne signifie pas que ces produits sont identiques ou directement comparables en raison de leurs différences possibles en composition et en objectifs (**Complément alimentaire, 2022**).

##### I.2.2. Etiquetage

L'étiquetage des CA doit être conforme à la norme générale établie par le Codex Alimentarius. Cet étiquetage doit notamment inclure les éléments suivants :

- ✓ La teneur en éléments nutritifs ;
- ✓ La valeur énergétique pour 100 g ou 100 ml du produit ;
- ✓ La quantité de macronutriments en grammes ;
- ✓ La quantité de vitamines et de sels minéraux essentiels en unités métriques ;
- ✓ La mention "À UTILISER SOUS CONTRÔLE MÉDICAL" ;
- ✓ La mention "ne convient pas pour l'administration parentérale" ;
- ✓ Des informations sur la taille de la portion, qui est de 55 unités (**Compléments alimentaires, 2022**).

#### I.3. Complément alimentaire ou médicament

Les médicaments et les compléments alimentaires sont soumis à des réglementations distinctes. Une même substance peut avoir des applications thérapeutiques lorsqu'elle est utilisée dans un médicament, tandis qu'elle peut avoir des fonctions physiologiques et nutritionnelles lorsqu'elle est incorporée dans un complément alimentaire. La différence repose en grande partie sur la concentration de cette substance (**Vidal, 2011**)

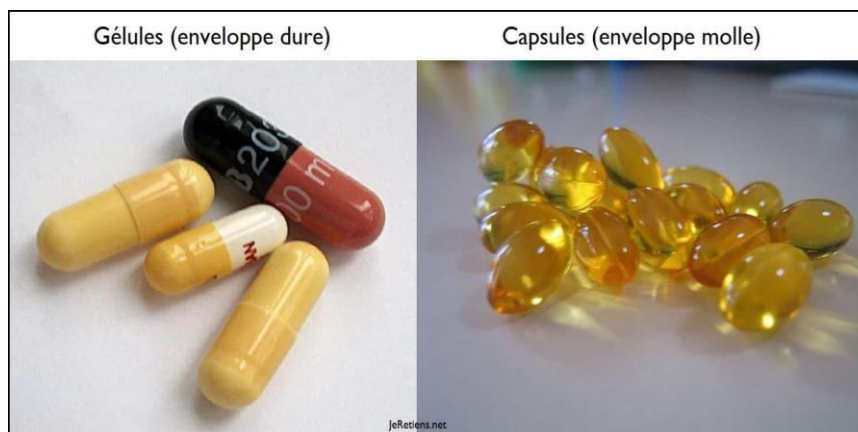
### I.4. Prescription

En ce qui concerne la prescription des compléments alimentaires, elle n'est pas impérative, mais elle est vivement recommandée. En effet, il est conseillé qu'un professionnel de la santé ait une incidence sur l'état nutritionnel du patient ainsi que son apport alimentaire. Il est généralement conseillé de prendre de 1 à 2 compléments par jour, en dehors des heures des repas. (**Compléments alimentaires, 2022**).

### I.5. Les différentes formes de complément alimentaire

#### I.5.1. Les gélules et les capsules

Ces produits sont souvent fabriqués à partir d'ingrédients d'origine végétale, approuvés par la Végétarien Society, et peuvent également être certifiés halal et/ou casher (figure 1). Ils sont largement préférés en raison de leurs nombreux avantages. Ils ont généralement peu ou pas d'odeur, ce qui rend la prise de compléments plus agréable. Leur concentration en principes actifs est élevée, ce qui permet un dosage précis. De plus, les capsules et les comprimés sont parfois conçus pour résister à l'acidité gastrique ou pour une libération dans l'intestin, garantissant ainsi une absorption optimale sans perte d'efficacité. Cependant, il est important de noter qu'ils peuvent contenir des additifs et des adjuvants, et certaines personnes peuvent avoir du mal à les avaler (**Wallard, 2021**).



**Figure 1** : Les gélules et les capsules (**Jeretiens, 2020**).

#### I.5.2. Les poudres

Les poudres (figure 2) présentent l'avantage de pouvoir être facilement mélangées à des boissons ou à des préparations culinaires, ce qui les rend très pratiques. Cependant, elles sont plus sensibles à la conservation, nécessitant une protection contre l'humidité et la lumière. Elles sont principalement utilisées dans les gammes de produits de nutrition sportive et de contrôle du poids (**Wallard, 2021**).



**Figure 2** : compléments alimentaires sous forme de poudre (Nutriperfs, 2016).

### I.5.3. Le sirop

Le sirop possède une concentration élevée d'ingrédients actifs et est rapidement absorbé par l'organisme, en plus d'être économique. Cependant, sa forme peu pratique, son goût parfois désagréable et son manque de portabilité peuvent représenter des inconvénients. Les sirops (figure 3) sont généralement utilisés dans les gammes de produits liés à la vitalité et à l'immunité (Wallard, 2021).



**Figure 3** : Le sirop (Anonyme 1, 2023).

### I.5.4. Les ampoules

Leur avantage réside dans la dose précise d'ingrédients actifs et d'extraits purs, sans aucun ajout d'additifs ou d'adjuvants. Les solutions liquides sont particulièrement adaptées aux personnes ayant des difficultés à avaler des formes solides. Cependant, il faut prendre en compte les risques de transport ainsi que le goût parfois désagréable. Ces produits (figure 4) sont généralement choisis pour les gammes de produits liés à la perte de poids, à l'immunité et à la vitalité thérapeutique. (Wallard, 2021).



**Figure 4:** Les ampoules (Santé le figaro, 2019).

### I.5.5. Les gummies

Ressemblant à des friandises, les gummies (Figure 5) offrent une approche originale et pratique pour la prise de compléments nutritionnels. Ils sont conçus pour être plus savoureux et combiner tout en maintenant un dosage précis en principes actifs, à l'instar des compléments classiques. Ces produits sont actuellement très populaires aux États-Unis et ont récemment fait leur entrée sur le marché européen des compléments alimentaires. (Wallard, 2021).



**Figure 5 :** Les gummies (Anonyme 2, année 2019).

### I.6. Le marché des compléments alimentaires

En 2003, le marché mondial des compléments alimentaires était évalué à 45 milliards d'euros, avec les États-Unis représentant 37% de ce marché, tandis que l'Europe en comptait 30% (la France se classant quatrième après l'Italie, l'Allemagne et le Royaume-Uni). Cette industrie des compléments alimentaires se caractérise par une fragmentation et une diversité considérable, avec la présence d'acteurs de différentes tailles et spécialités (Wallard, 2021).

En ce qui concerne la production de compléments alimentaires, on retrouve un éventail d'acteurs comprenant des spécialistes des compléments alimentaires et de la phytothérapie, des laboratoires pharmaceutiques, des entreprises de l'agroalimentaire et de la cosmétique. Il y a également une grande diversité en termes de taille d'entreprise, avec la coexistence d'entreprises de petite taille (TPE), d'entreprises françaises spécialisées et de grands groupes internationaux (Wallard, 2021).

## Les compléments alimentaires

Le marché des compléments alimentaires connaît une croissance significative à l'échelle mondiale, y compris en Algérie, où il évolue actuellement sans réglementation ni contrôle. Bien que classés comme des denrées alimentaires par le ministère du Commerce, les compléments alimentaires sont considérés par les experts comme nécessitant une réglementation appropriée (Athmani et Baba, 2017).

### I.6.1. Les canaux de distribution

Bien que les pharmacies restent en tête du marché, les habitudes d'achat des utilisateurs évoluent de plus en plus vers l'achat en ligne, avec une augmentation de 11 % depuis la crise de la COVID-19. Un tiers des consommateurs de compléments alimentaires plébiscitent désormais l'achat en ligne. Ils se tournent progressivement vers les plateformes de vente en ligne généralistes ainsi que vers les sites de marques, qui sont devenus plus accessibles et économiques en cette période de crise sanitaire. En majorité, ce sont les professionnels de la santé (68 %) qui recommandent l'utilisation des compléments alimentaires. Cependant, l'engouement actuel pour ces produits augmente grâce à la présence croissante des médias sociaux, attirant ainsi de nouveaux utilisateurs (38 % au cours des douze derniers mois) (Wallard, 2021).

La figure 6 représente les parts du marché des compléments alimentaires.



**Figure 6** : les parts du marché des compléments alimentaires (Wallard, 2021).

## II. Généralité sur le palmier dattier

### II.1. Le palmier dattier

Le palmier dattier est scientifiquement désigné sous le nom de *Phoenix dactylifera* L. Cette appellation tire son origine du mot "*Phoenix*", qui était utilisé par les Phéniciens pour désigner le dattier, tandis que "*dactylifera*" provient du terme grec "*dactulos*", signifiant littéralement "doigt", en référence à la forme du fruit (**Djerbi, 1994**).

#### II.1.1. Petite histoire du palmier dattier

Le palmier dattier est une plante dont les premières traces remontent à la deuxième période de l'ère secondaire, à la fin du Jurassique. En Europe, on a recensé douze espèces fossiles datant de l'Éocène, une période du début de l'ère tertiaire. Depuis cette époque, la distribution géographique des palmiers a considérablement diminué (**TourerN, 1967**).

Le palmier dattier est une plante xérophile, un vestige de la flore de l'ère tertiaire, qui a survécu principalement aux alentours du Golfe Persique avant de s'étendre vers l'Afrique du Nord et l'Asie. À partir du 18<sup>e</sup> siècle, il a également été introduit en Amérique. Cette espèce prospère uniquement dans les déserts chauds et occupe une zone de l'hémisphère Nord comprise entre les parallèles Nord 9°18' (Cameroun) et 39°44' (Elche en Espagne) (**Peyron, 2000**).

#### II.1.2. Position systématique

Ci-dessous, nous exposons la position du palmier dattier au sein du règne (**Djerbi, 1994**) :

Groupe : Spadiciflores

Ordre : Palmale

Famille : Palmacées

Sous-famille : Coryphoidées

Tribu : Phoenicées

Genre : *Phoenix*

Espèce : *Dactylifera* L.

#### II.1.3. Exigences écologiques du palmier dattier

Le palmier dattier est généralement élevé en tant qu'arbre fruitier dans des zones chaudes caractérisées par des climats arides et semi-arides, mais sa capacité à s'ajuster à diverses conditions résultant de sa grande diversité génétique (**Peyron, 2000**).

Cet arbre est capable de s'acclimater à une grande variété de types de sols, mais il manifeste une sensibilité à l'humidité pendant la période de pollinisation et tout au long de la maturation (**TourerN, 1967**).

### II.1.4. Morphologie du palmier dattier

Le palmier dattier est une plante monocotylédone qui présente une croissance axiale dominante. Le diamètre du tronc de cet arbre a tendance à rester constant lorsqu'il atteint l'âge adulte sous des conditions stables. Sa structure se compose de trois parties distinctes (Figure 7) : un système racinaire, un organe végétatif composé du tronc et des feuilles, ainsi qu'un organe reproductif qui englobe les inflorescences mâles ou femelles (Moulay, 2003).

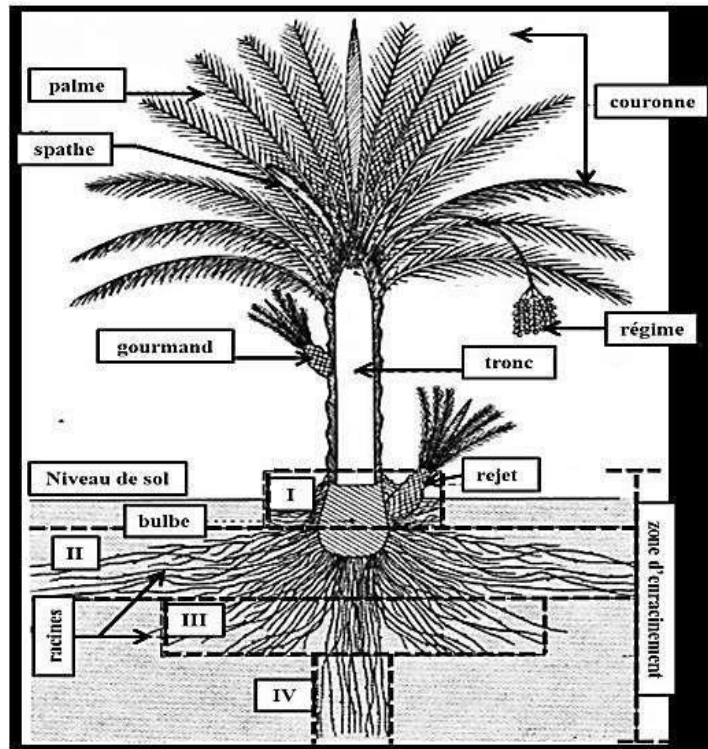


Figure 7 : schéma de la morphologie du palmier dattier (Munier, 1973).

### II.1.5. Cycle de développement

Le palmier dattier comporte généralement quatre phases de développement.

#### II.1.5.1. Phase jeune

De la période de plantation jusqu'à l'apparition des premiers rendements, cette phase s'étend sur une durée de 5 à 7 ans, dépendant des conditions environnementales et des pratiques de culture appliquées (Belaroussi, 2019).

#### II.1.5.2. Phase juvénile

C'est la période de production maximale, atteinte généralement vers l'âge de 30 ans pour le palmier (Belaroussi, 2019).

### II.1.5.3. Phase adulte

À partir d'environ 60 ans, la production commence à diminuer, en particulier si le palmier est cultivé dans des conditions médiocres (Belaroussi, 2019).

### II.1.5.4. Phase de sénescence

À l'âge de 80 ans et au-delà, on observe une baisse significative de la production (Belaroussi, 2019).

## II.1.6. Répartition géographique du palmier dattier

### II.1.6.1. Dans le monde

Selon les données de la (FAO) de 2005, le nombre total de palmiers dattiers dans le monde s'élève à plus de 180 millions, répartis dans une trentaine de pays répartis sur trois continents, à savoir l'Asie, l'Afrique et l'Amérique. L'Asie se positionnait en tête des trois continents, abritant 125,5 millions de palmiers dattiers, ce qui équivaut à environ 70 % du total mondial. La majeure partie de ces palmiers se trouvait principalement en Iran avec 25 millions d'arbres, suivi de l'Irak avec 21 millions. En Afrique, on dénombrait 52,6 millions de palmiers, essentiellement concentrés en Afrique du Nord. Par ailleurs, il y avait environ 6 millions de palmiers aux États-Unis et au Mexique (Fadlaoui, 2017). La (figure 8) représente, en couleur verte, les zones où l'on observe une concentration élevée de palmiers dattiers.

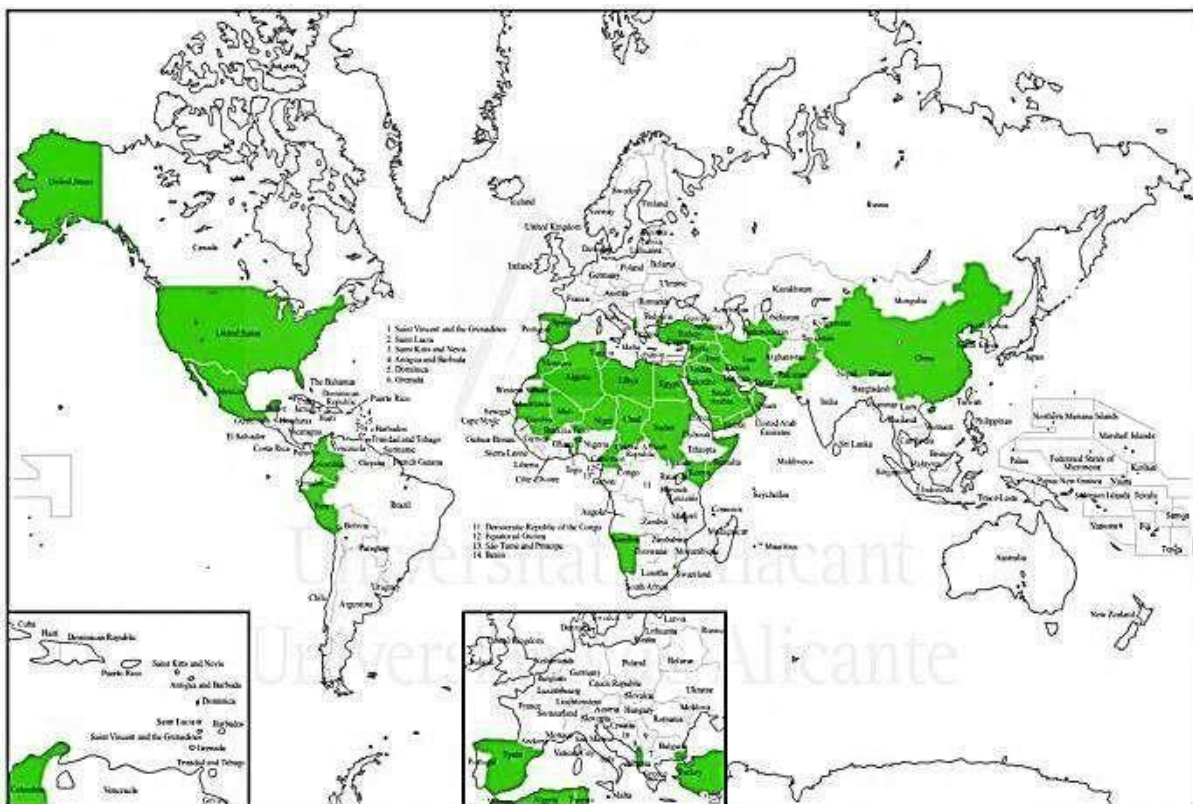
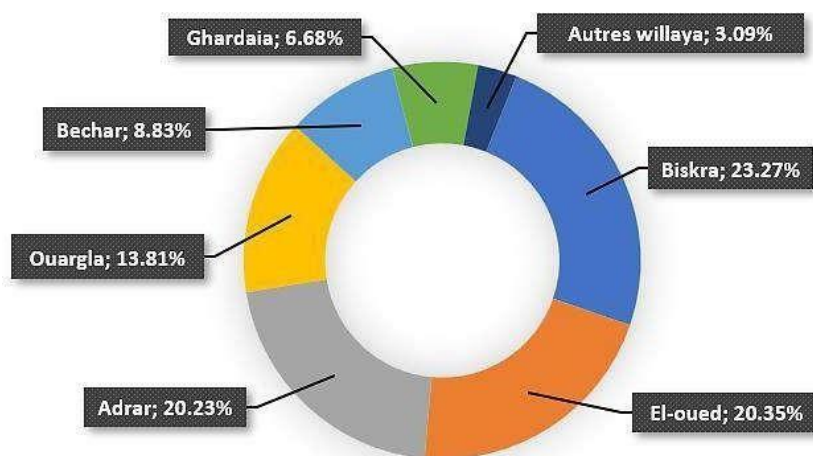


Figure 8 : Répartition géographique du palmier dattiers dans le monde (Reis et al, 2014).

### II.1.6.2. En Algérie

L'Algérie comptait environ 18,4 millions de palmiers, occupant une superficie totale de 168,8 mille hectares, répartis dans diverses wilayas. La majorité de ces palmiers se retrouve principalement dans la partie méridionale du pays, en plein désert. La Wilaya de Biskra détenait la partie la plus importante, représentant environ 24 % de la surface totale plantée en palmiers dattiers, suivie par El-Oued et Adrar (figure 9). Ces trois régions représentaient plus de la moitié de la superficie totale consacrée à la culture des palmiers dattiers, avec Ouargla et les autres Wilayas suivantes de près (**Rekis, 2021**).



**Figure 9** : Répartition du palmier dattier en Algérie en 2014 (**Rekis, 2021**).

### II.1.6.3. Biskra

La région de Ziban occupe une place centrale dans la production de dattiers en Algérie, en particulier grâce à ses oasis de Tolga et de Sidi-Okba. Elle se spécialise principalement dans la culture de l'excellente variété de dattes Deglet Nour (**Belguedj, 2002**).

D'après les données de la (DSA) en 2018, la superficie totale de palmiers atteignait plus de 42 911 hectares, avec plus de 4 057 294 palmiers productifs. La production annuelle de dattes s'élève à 43 800 414 quintaux.

### II.1.7. Les nombreux usages et sous-produits du palmier dattier dans la vie saharienne

En plus de sa production de dattes destinées à la consommation humaine, le palmier dattier propose une variété étendue de sous-produits utilisés par la population saharienne, comprenant notamment :

- La fabrication de vinaigre d'alcool et de levures à partir de la fermentation microbiologique des dattes communes.
- L'utilisation de farine de dattes dans le processus de panification.
- L'extraction de jus de dattes, qui est ensuite employé comme un agent sucrant.
- Les régimes des dattes ont une double utilité, servant à la fois de balais traditionnels et de source de combustible.
- Le liffe est utilisé pour fabriquer les semelles de sandales.
- Le lacmi, une boisson hautement prisée par la population locale, est en réalité la sève qui coule du tronc du palmier.
- Le tronc de l'arbre trouve diverses applications, telles que son utilisation dans l'ébénisterie traditionnelle, comme bois de chauffage, et pour la construction de charpentes de bâtiments.
- Les palmes sèches ont une multitude d'utilisations, telles que la création de clôtures, de pare-vents, la fabrication de couffins, de chapeaux, et bien d'autres, et elles peuvent même être employées dans l'industrie papetière (Chehema et longo, 2001).

## II.2. Les dattes

### II.2.1. Description des dattes

Le fruit de datte est issu du palmier dattier il est généralement cultivé dans des lieux chauds il a une forme allongée d'une couleur marron, beige, elle est constituée d'un noyau dur (pas Comestible) par contre la chair elle est comestible qui est constitué d'épicarpe, mésocarpe et endocarpe (figure 10).

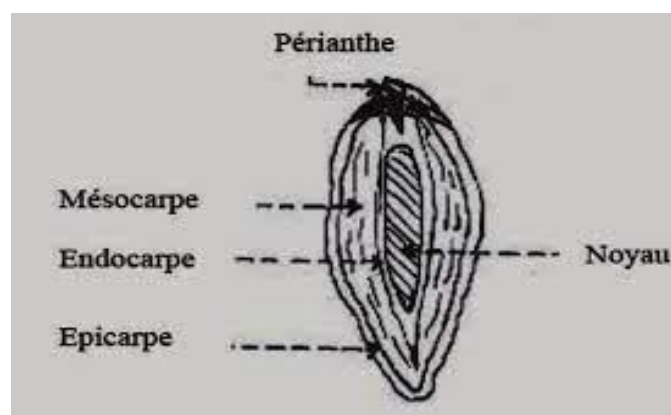


Figure 10 : coupe longitudinale d'une datte (Munier, 1973).

### II.2.2. Stades de maturation des dattes

La datte passe par cinq stades de maturation (figure 11) :

### ➤ **Stade bounoune ou loulou**

Ce stade débute immédiatement après la fécondation et se prolonge pendant environ cinq semaines. Pendant cette période, l'embryon est complètement enveloppé par le périanthe et se distingue par sa croissance qui s'effectue de manière lente.

### ➤ **Stade blah ou khalal ou kimri**

Ce stade il s'étend sur environ sept semaines et se caractérise par une croissance rapide en termes de poids et de volume des dattes. Les fruits affichent une couleur verte vive et ont un goût amer en raison de la présence de tanins.

### ➤ **Stade bser ou souffar**

Les sucres totaux culminent à la fin de cette période, tandis que la couleur varie entre le jaune, le rouge et le brun en fonction des différentes variétés. Le poids de la datte atteint son apogée au début de cette étape, qui a généralement une durée moyenne de quatre semaines.

### ➤ **Stade Nokar, Routab ou Martouba**

A ce stade la couleur jaune ou rouge observée dans la phase Khalal évolue vers des teintes sombres, allant du foncé au noir. Cette étape se distingue par le flétrissement du fruit résultant de la diminution de sa teneur en eau et augmentation de la teneur en monosaccharide ce qui il donne un gout sucré au fruit.

### ➤ **Stade tamr**

Il s'agit de la phase ultime de la maturation des dattes, marquée par une importante perte d'humidité dans le fruit. (Peyron, 2000).

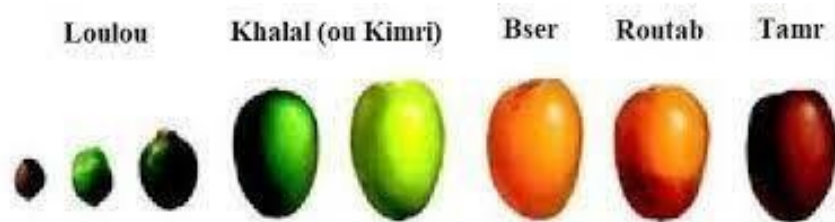
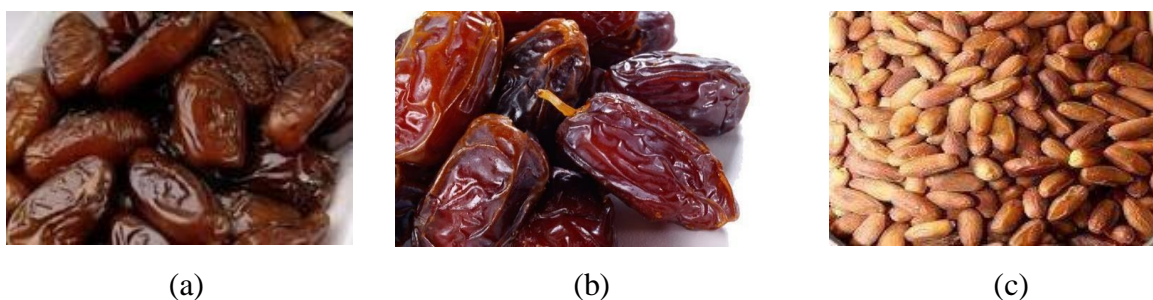


Figure 11 : stade de maturation des dattes (Djerbi, 1994).

### II.3. Catégories des dattes

On peut trouver 3 catégories (figure 12) :

- **Dattes molles** : leurs taux d'humidité est égal ou supérieur à 30%.
- **Dattes demi-molles** : leurs taux d'humidité est entre 20% et 30%.
- **Dattes sèches** : leurs taux d'humidité est inférieur à 20% (Booij et al, 1992).



**Figure12:** les catégories des dattes ( (a) :dattes molles(ghars), (b) :dattes demi-molle (deglet-nour), (c) : datte sèche (degla-beida)).(Belkacem et Rahmani, 2019).

Les dattes molles sont à fructose et glucose, alors que les dattes sèches sont à saccharose et les dattes demi-molles occupent une position intermédiaire. (Cook et Furr, 1952).

Les dattes sèches Sont des dattes a texture sèche ils ont un autre nom qui le nom « commun »,ils ont une pulpe épaisse et une couleur claire ils sont plus sucrées, non collants (Artiche et Bourekoua, 2019).

## II.4. La production de datte

### II.4.1. Dans le monde

Selon la FAO les pays leaders dans la production de dattes comprennent l'Égypte, l'Irak, l'Iran, l'Arabie saoudite, les Émirats arabes unis, le Pakistan, l'Algérie et le Soudan. En 2004, la production mondiale de dattes s'est élevée à 6,7 millions de tonnes.

Le tableau I représente la production de datte par pays en 2004.

**Tableau I :** Production de datte par pays en 2004 d'après la FAO

Pays	Production, en tonnes
Egypte	1 100 000
Irak	910 000
Iran	880 000
Arabie-Saoudite	830 000
EmiratsArabesUnis	760 000
Pakistan	650 000
Algérie	450 000
Soudan	330 000
Oman	238 611
Libye	140 000

Tunisie	110 000
Maroc	54 000
Yémen	33000
Mauritanie	24 000
Tchad	18 000
U.S.A	18000
Bahreïn	17 000
Qatar	16 500

### II.4.2. En Algérie

D'après la direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information les pays qui produisent une grande quantité en 2019 sont : Biskra, El oued, Ouargla...

Le tableau II représente la production des dattes dans différents pays en Algérie.

**Tableau II :** pays producteurs des dattes en Algérie en 2019 d'après la direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information.

WILAYA	Degletnour Dattes fines		Gherset analogues Dattes molles		Degla Beida et analogues Dattes sèches		Ensemble palmier dattier	
	Production	Rdt	Production	Rdt	Production	Rdt	Production	Rdt
	qx	kg/arbre	qx	kg/arbre	qx	kg/arbre	qx	kg/arbre
1ADRAR	0	0,0	0	0,0	934562	33,1	<b>934562</b>	<b>33,1</b>
3LAGHOUAT	3880	42,0	5223	41,0	4104	40,0	<b>13207</b>	<b>41,0</b>
5BATNA	6780	75,9	3893	52,2	6070	65,8	<b>16743</b>	<b>65,4</b>
7BISKRA	3070000	114,1	558000	99,7	1095000	99,9	<b>4723000</b>	<b>108,7</b>
8BECHAR	0	0,0	325230	0,0	72900	40,0	<b>398130</b>	<b>40,0</b>
11TAMANRASSET	0	0,0	0		105181	0,0	<b>105181</b>	<b>16,4</b>
12TEBESSA	9550	44,1	10350	56,4	0	0,0	<b>19900</b>	<b>49,7</b>
17DJELFA	10470	76,4	1890	63,0	850	65,4	<b>13210</b>	<b>73,4</b>
28M'SILA		0,0		0,0		0,0	<b>0</b>	<b>0,0</b>
30OUARGLA	938022	74,5	624831	66,3	87311	57,4	<b>1650164</b>	<b>70,1</b>
32EL-BAYADH	824	39,2	3750	46,9	5581	0,0	<b>10155</b>	<b>46,4</b>
33ILLIZI	713	30,2	10833	27,0	6646	27,0	<b>18192</b>	<b>27,1</b>
37TINDOUF	0	0,0	10977	27,3	353	0,0	<b>11330</b>	<b>27,3</b>
39EL-OUED	1823080	74,0	498990	69,0	430030	68,0	<b>2752100</b>	<b>72,1</b>
40KHENCHELA	35300	79,7	41670	67,1	6900	60,8	<b>83870</b>	<b>71,2</b>
45NAAMA	436	0,0	6069	29,7	0	0,0	<b>6505</b>	<b>29,7</b>
47GHARDAIA	240000	50,8	100000	55,4	264000	54,0	<b>604000</b>	<b>52,9</b>
TOTAL ALGERIE	<b>6139055</b>	<b>87,9</b>	<b>2201706</b>	<b>64,2</b>	<b>3019488</b>	<b>49,6</b>	<b>11360249</b>	<b>68,8</b>

La variété Deglet-Nour occupe la première place dans la production par rapport à d'autres variétés. Et Biskra est la région qui produit une grande quantité de dattes par rapport à d'autres régions.

## II.5. Composition biochimique de la datte :

### II.5.1. Composition biochimique de la partie comestible « pulpe »

#### II.5.1.1. L'eau

La teneur en eau dépend de la variété, du degré de maturité et des conditions climatiques (tableau III). Elle oscille entre 8 et 30 % du poids de la chaise fraîche, avec une moyenne d'environ 19 % (Matallah, 2004).

**Tableau III** : Teneur en eau de quelques variétés de datte de Biskra en % (Khenfar, 2004).

Variétés	Consistance	Teneur en eau
Deglet-Nour	Demi-molle	22,60
Mech-Degla	Sèche	13,70
Ghars	Molle	25,40

#### II.5.1.2. Les sucre

Les sucres sont les composants prédominants de la datte. L'analyse des sucres dans la datte a identifié principalement trois types de sucres : le saccharose, le glucose et le fructose (Matallah, 2004). Cela n'élimine pas la possibilité que d'autres sucres, tels que le galactose, le xylose et le sorbitol, puissent également être présents en quantités limitées (Siboukeur, 1997).

La quantité totale de sucres présents dans la datte est extrêmement variable et influence la variété ainsi que les conditions climatiques. Elle peut fluctuer entre 60 et 80 % du poids de la pulpe fraîche (Siboukeur, 1997).

#### II.5.1.3. Les protéines

Les dattes se distinguent par leur teneur réduite en protéines, qui oscille entre 0,38 et 2,5 % du poids sec (Razi, 1993).

#### II.5.1.4. Les lipides

La datte contient une proportion réduite de matières grasses, avec un pourcentage variant de 0,43 à 1,9 % du poids total en frais (Noui, 2007).

#### II.5.1.5. Les éléments minéraux

La datte se distingue parmi les fruits en étant particulièrement riches en éléments minéraux, principalement le potassium, le magnésium, le phosphore et le calcium (Noui, 2007).

### **II.5.1.6. Les vitamines**

Dans l'ensemble, les dattes ne sont pas considérées comme une source majeure de vitamines. Cependant, la fraction vitaminique des dattes se distingue par des niveaux significatifs de vitamines du groupe B. Ces vitamines sont des précurseurs immédiats de coenzymes essentielles à de nombreuses fonctions cellulaires vitales (Noui, 2007).

### **II.5.1.7. Les fibres**

Les dattes sont une source abondante de fibres, offrant entre 8,1 et 12,7 % de leur poids sec en fibres (Al-shahib et Marshall, 2002). Les composants structurels de la datte incluent la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine (Benchabane, 1996).

En raison de leur capacité à retenir l'eau, les fibres provoquent le mouvement des intestins, ce qui contribue à la prévention des cancers colorectaux, des appendicites, de la diverticulose, des varices et des hémorroïdes. De plus, elles ont un effet bénéfique sur la réduction du taux de cholestérol (Alberet, 1998).

### **II.5.2. Composition biochimique de la partie non comestible « noyau »**

Le noyau représente de 7 à 30 % du poids total de la datte. Il se compose d'un albumen blanc, dur et coriace, enveloppé par une couche cellulosique de protection (Espiard, 2002).

Les noyaux sont un sous-produit d'intérêt, car ils peuvent être transformés en une farine ayant une valeur nutritionnelle similaire à celle de l'orge pour l'alimentation animale (Djerbi, 1994).

### **II.6. La valeur nutritionnelle**

Le fruit de datte est principalement composé d'eau, de sucres réducteurs et non-réducteurs, et de non-sucres. Les dattes sont connues pour leur valeur nutritionnelle. Bien qu'elles soient riches en certains sels minéraux, vitamines (surtout caroténoïdes et vitamines du groupe B), tanins et acides organiques, c'est surtout leur teneur en sucres qui en fait un aliment de premier choix (Booij *et al*, 1992).

La datte apparaît plusieurs fois dans le Coran. Elle est recommandée dans la médecine islamique et traditionnelle pour la prévention des maladies parce qu'elle contient des micronutriments et c'est une bonne source d'énergie (Mousavi *et al*, 2014).

### **II.7. Technologie de la datte**

La technologie liée à la datte englobe toutes les étapes, de la récolte à la consommation, visant à préserver la qualité des fruits et à transformer ceux qui ne sont pas immédiatement consommés ou aptes à la consommation dans une gamme variée de produits bruts ou finis. Ces produits sont destinés à la fois à la consommation humaine et animale, ainsi qu'à l'industrie (Estanove, 1990).

#### **II.7.1. Conditionnement de la datte**

L'industrie du conditionnement revêt une importance capitale en ce qui concerne la conservation, l'amélioration de la qualité et la valorisation des fruits, en particulier de ceux destinés à l'exportation (Noui, 2007).

Le conditionnement des dattes englobe toutes les étapes qui suivent la récolte et visent à préparer un produit final prêt à être consommé. Ces étapes comprennent la désinsectisation, le triage et éventuellement le lavage, l'humidification ou le séchage, l'éventuel enrobage dans du sirop, le conditionnement en caisses ou en boîtes, ainsi que le stockage frigorifique (**Abdelfetah, 1988**).

### **II.7.2. Transformation de la datte**

#### **II.7.2.1. Confiserie à base de datte**

##### **II.7.2.1.1. Pate de datte**

Les dattes qui ont été rendues molles par humidification sont utilisées pour produire de la pâte de datte, un processus réalisé de manière mécanique. Si le produit devient excessivement humide, il est possible d'ajouter de la pulpe de noix de coco ou de la farine d'amande douce. La pâte de datte est employée dans l'industrie de la biscuiterie et de la pâtisserie (**Espiard, 2002; Kendri, 1999**).

##### **II.7.2.1.2. Farine de datte**

Elle est élaborée à partir de dattes séchées ou de celles qui peuvent être séchées ultérieurement. En raison de sa teneur élevée en sucre, cette farine est employée dans l'industrie de la biscuiterie, de la pâtisserie, des aliments pour enfants (**Kendri, 1999 ; Ait Aneur, 2001**), ainsi que dans la production de yaourt (**Benamara et al, 2004**).

##### **II.7.2.1.3. Sirop, crèmes et confitures de dattes**

Ces produits sont également fabriqués en utilisant des dattes en bon état, car il est essentiel d'éviter toute saveur résiduelle de fermentation (**Noui, 2007**).

Cette série de produits repose sur l'extraction des sucres et d'autres composants solubles de la datte par diffusion. En combinant et en cuisant de la pâte ou des morceaux de dattes avec du sirop, il est possible de produire des crèmes ou des confitures de haute qualité (**Espiard, 2002**).

### **II.8. Les déchets**

Les dattes endommagées et de faible valeur commerciale peuvent être mises à profit en raison de leur teneur élevée en sucre pour la fabrication de :

#### **II.8.1. Biomasse et protéines unicellulaire**

La production de protéines demeure une préoccupation majeure pour répondre aux demandes mondiales en la matière. Dans ce contexte, des expériences visant à produire des protéines à partir d'organismes unicellulaires par la culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* dans un milieu à base de dattes ont été pratiquées. L'analyse des biomasses a révélé une teneur élevée en protéines, atteignant de 32 à 40 % du poids sec (**Kendri, 1999**).

### **II.8.2. Alcool**

Les dattes sont un matériau de premier choix pour la fabrication d'alcool éthylique (Noui, 2007).

### **II.8.3. Vinaigre**

Les dattes offrent la possibilité de créer une variété de produits alimentaires, dont le vinaigre (El Hadj, 2001). Ce vinaigre a été obtenu en cultivant la levure *Saccharomyces uvarum* dans un extrait de datte (Boughnou, 1988).

### **II.8.4. Aliment de bétail**

Les résidus et les noyaux de dattes présentent un intérêt considérable comme sous-produits pour l'alimentation animale. Par exemple, la farine de noyaux de dattes peut être ajoutée à hauteur de 10 % dans l'alimentation des poulets sans avoir d'effets négatifs sur leurs performances (Gualtieri et Rapaccini, 1990).

### **II.8.5. Autre produit**

Les dattes se prêtent de manière idéale à la fabrication de divers autres produits, notamment le vin (Espiard, 2002), et le jus de datte (Siboukeur, 1997).

## **II.9. L'importance économique de la transformation de la datte**

La datte présente des avantages comparatifs uniques et ne génère pas de conflits entre les pays développés et les pays en développement, contrairement à d'autres produits agricoles tels que les tomates, les agrumes et les olives.

Le commerce des dattes, en particulier de la variété Deglet-Nour, est important à l'échelle nationale et internationale. Même si d'autres variétés sont moins courantes sur les marchés, elles peuvent être transformées en divers produits ayant un impact socio-économique significatif, notamment en créant des emplois et en stabilisant les populations dans des régions écologiquement fragiles (Noui, 2007).

## **II.10. Plantes médicinales**

En Algérie, on trouve une riche et variée flore comprenant de nombreuses plantes aromatiques et médicinales qui poussent à l'état naturel. La mise en valeur de ces plantes revêt une grande importance pour le pays. (Amroune, 2018).

### **II.10.1. Définition**

Une plante médicinale peut être définie de manière simple comme une plante utilisée pour prévenir, traiter, ou soulager diverses affections. Ces plantes sont des substances végétales qui possèdent des propriétés médicinales au moins dans une partie de la plante.

Il existe environ 35 000 espèces de plantes utilisées à des fins médicinales dans le monde, ce qui représente la plus grande diversité biologique utilisée par les êtres humains. Malgré l'influence croissante du système de santé moderne, les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important (Elqaj et al, 2007).

## II.10.2. Usage et intérêt des plantes médicinales

L'usage des plantes médicinales est en expansion à travers de nombreux pays du monde, basé sur la conviction que les plantes offrent une solution naturelle pour soulager la souffrance et améliorer la santé des individus (**Bouacherine, 2017**).

Les plantes médicinales sont un précieux patrimoine pour l'humanité, en particulier pour les communautés défavorisées des pays en développement, qui en dépendent pour leurs soins de santé primaires. Ces communautés utilisent la plupart des espèces végétales, qu'elles soient ligneuses ou herbacées, comme médicaments, en croyant fermement que chaque plante possède des vertus curatives (**Salhi et al, 2010**).

Plus de 80 % de la population africaine fait appel à la médecine traditionnelle et à la pharmacopée traditionnelle pour faire face à leurs problèmes de santé. Le continent africain abrite une grande diversité de plantes médicinales. En effet, parmi les 300 000 espèces végétales répertoriées sur la planète, plus de 200 000 espèces se trouvent dans les pays tropicaux d'Afrique et possèdent des propriétés médicinales. Dans les pays en développement, où l'absence d'un système médical moderne se fait sentir, les plantes médicinales continuent d'être une source de soins médicaux essentielle (**Salhi et al, 2010**).

Les plantes médicinales jouent un rôle crucial dans la recherche pharmacologique et le développement de médicaments. Elles sont utilisées non seulement lorsque leurs composants sont directement utilisés comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matières premières pour la synthèse de médicaments ou comme modèles pour la création de composés pharmacologiquement actifs. Par exemple, la tubocurararine, le relaxant musculaire le plus puissant, est dérivée du curare (*Chondrodendron tomentosum*) ; la morphine, l'analgésique le plus puissant, est extraite du pavot à opium (*Papaver somniferum*) ; et la cocaïne, utilisée comme anesthésiant, est extraite de la coca (*Erythroxylum coca*) (**Fouché et al, 2000**).

### II.10.2.1. La phytothérapie

La phytothérapie tire son origine du mot grec "phyton" signifiant "plante" et "therapeia" signifiant "traitement". En conséquence, la phytothérapie peut être définie comme l'emploi des plantes dans le but de traiter les maladies (**Benghanou, 2012**).

La phytothérapie ne doit pas être considérée comme exotique, car plus de 50 % des médicaments dans toutes les nations occidentales sont à base de plantes. La recherche en phytothérapie est active dans de nombreux pays et connaît un regain d'intérêt ces dernières années, même si elle reste fidèle dans l'opinion publique, malgré les progrès de la chimiothérapie (**Valnet, 1983**).

L'OMS préconise officiellement un regain d'intérêt pour les plantes médicinales et les remèdes traditionnels, en proposant une assistance aux pays concernés pour promouvoir des programmes de santé mieux adaptés aux réalités socio-économiques (**Alberet, 1998**).

### II.11. Définition du principe actif

Le principe actif (PA) est une substance présente de manière continue dans une plante médicinale ou dans une préparation à base de cette plante, et qui est utilisée dans la fabrication de médicaments (**Pelt, 1980**).

Les principes actifs d'une plante médicinale sont des composants naturels qui lui confèrent son activité thérapeutique. Bien qu'ils se trouvent souvent en quantités très faibles (représentant seulement quelques pourcentages du poids total de la plante), ces composants sont essentiels. Les principes actifs se trouvent dans toutes les parties de la plante, mais leur répartition n'est pas uniforme. De plus, tous les principes actifs d'une plante n'ont pas les mêmes propriétés... Dans certains cas, seule une partie spécifique de la plante est utilisée, comme la racine du ginseng qui contient des substances tonifiantes.

Le principe actif présente un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour les êtres humains et les animaux. Il peut être extrait à partir de plantes fraîches ou séchées, et différentes parties de la plante sont utilisées, telles que les feuilles, les fleurs, les racines, les écorces, les sommités fleuries ou les graines (**Benghanou, 2012**).

### II.12. Les conditions optimales pour obtenir le meilleur des plantes

#### II.12.1. Récolte

Chaque partie de la plante contient une concentration maximale de principes actifs à un moment précis de l'année, qui détermine le moment optimal pour la récolte. Ce moment peut varier en fonction de l'altitude, en particulier pendant les périodes de floraison.

#### II.12.2. Séchage

Le processus de séchage, qui permet d'éliminer la majeure partie de l'eau contenue dans la plante, doit commencer immédiatement après la récolte et être effectué avec précaution.

Pour commencer, faites sécher la plante au soleil pendant quelques heures avant de la placer dans un endroit sec et bien ventilé. Lavez et brossez soigneusement les racines, puis coupez-les en morceaux ou en tronçons d'environ 1 cm pendant qu'elles sont encore fraîches. Remuez les plantes une fois par jour pour les aérer. La durée de séchage varie de quelques jours à deux semaines, mais ne dépassez pas les 3 semaines pour éviter que de la poussière ne se dépose sur les plantes. Les écorces et les racines nécessitent un temps de séchage plus long. Le degré de séchage optimal est atteint lorsque les feuilles et les fleurs sont rigides, mais non cassantes au toucher.

#### II.12.3. Conservation

Divisez les plantes séchées en petits morceaux et placez-les dans des boîtes hermétiques en fer blanc, des sacs en papier épais fermés avec une bande adhésive ou des bouchons en liège. N'oubliez pas de marquer le nom et la date de la récolte sur chaque contenant, puis rangez-les dans un endroit sec, à l'abri de la lumière. (**Debaisieux et Polese, 2009**).

## II.13. Description de la plante étudiée

### II.13.1. L'armoise (*Artemisia helba alba*)

La famille des *Artemisia* comprend diverses herbes aromatiques, telles que l'armoise, l'absinthe, l'estragon et l'armoise citronnelle, qui peut atteindre une hauteur allant jusqu'à 1 mètre.

En Europe, l'utilisation actuelle de l'armoise se limite principalement à ses propriétés aromatiques en cuisine. Cependant, son pollen agressif est connu pour causer de redoutables allergies. Malgré cela, l'ethnobotaniste Wolf-Dieter Storl mentionne que, durant le Moyen Âge et les siècles suivants, l'armoise avait des utilisations plus variées dans la médecine féminine. Elle était employée lors des accouchements, pour les bains de siège censés guérir la stérilité, pour réguler les menstruations excessives et comme abortif.

L'armoise est utilisée depuis plus de deux mille ans dans la médecine traditionnelle chinoise, notamment dans une pratique appelée moxibustion. Le codex de (**Ben cao, 16ème siècle**), rapporte des cas où des patients sont sortis du coma après avoir placé du gros sel dans leur nombril, recouvert d'une tranche de gingembre frais et d'une boule d'armoise enflammée. (**Chibane et al, 2007**)

### II.13.2. Description botanique

*L'Artemisia herba alba* *Asso*, également connue sous le nom vernaculaire d'Armoise blanche en français ou *Chih* en arabe, est une plante herbacée vivace qui atteint une hauteur de 30 à 50 cm. Cette plante se distingue par son odeur caractéristique d'huile de thymol et son goût amer, ce qui lui confère des propriétés astringentes (**Nabli, 1989**).

Les tiges de *L'Artemisia herba alba* sont robustes et droites, tandis que ses feuilles sont généralement courtes et ont une surface pubescente avec une teinte argentée (figure 13). Les fleurs de cette plante sont hermaphrodites et regroupées en petits capitules, chacun contenant de 3 à 8 fleurs, et sont sessiles, disposées en grappes. Les fruits sont également regroupés en grappes et présentent des capitules très petits, mesurant environ 3/1,5 mm, et ont une forme ovoïde.

Le réceptacle floral est dépourvu de poils et porte de 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule, toutes étant hermaphrodites. (Pottier-Alapetite, 1981)



**Figure 13 : armoise (Benghanou, 2012).**

La phase de croissance végétative de *l'Artemisia herba alba* Asso survient durant l'automne, tandis que la floraison débute en juin et se développe principalement vers la fin de l'été (Gharabi et Sand, 2008).

### **II.13.3. Répartition géographique :**

Le genre *Artemisia* appartient à la vaste famille des *Asteraceae* (*Compositae*) et compte plus de 300 espèces différentes, principalement réparties dans les régions arides et semi-arides d'Europe, d'Amérique, d'Afrique du Nord et d'Asie. Les espèces d'*Artemisia* sont largement utilisées à des fins médicinales dans la médecine traditionnelle. Certaines d'entre elles, telles que *l'Artemisia absinthium*, *l'Artemisia annua* et *l'Artemisia vulgaris*, sont intégrées dans les pharmacopées de plusieurs pays d'Europe et d'Asie. (Proksch *et al*, 1992)

En commun avec de nombreuses autres espèces de ce genre, *l'Artemisia herba alba* Asso, une plante emblématique du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (Feinbrun-Dothan, 1978), est utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses affections. L'armoïse blanche se développe dans les zones bioclimatiques allant des régions semi-arides aux régions sub-sahariennes inférieures. (Gharabi et Sand, 2008).

#### II.13.4. Nomenclature et taxonomie

*Artemisia* est le genre botanique auquel appartiennent les armoises, et son nom découle de la déesse grecque de la chasse, *Artémis*. Quant à "*herba-alba*," il signifie littéralement "herbe blanche." Cette information est issue de l'IPNI, l'Index International des Noms de Plantes.

Pour préciser davantage sa classification taxonomique :

- ✓ *Artemisia* appartient au phylum *Angiospermeae* ;
- ✓ Il est classé dans le sous-phylum des *Dicotylédones* ;
- ✓ Son ordre est *Gampanulatae* ;
- ✓ Sa famille est *Asteraceae* ;
- ✓ Au sein de la famille *Asteraceae*, il se trouve dans la sous-famille *Asterioideae* ;
- ✓ À l'intérieur de la tribu *Anthemideae* ;
- ✓ Et plus spécifiquement, dans la sous-tribu *Artemisiinae* ;

Son nom scientifique complet est *Artemisia herba-alba* asso ou *Artemisia inculta* del.

#### II.13.5. Les Principes actifs :

Au fil de l'histoire, le genre *Artemisia* a joué un rôle majeur dans la recherche de nouveaux composés biologiquement actifs. Les études phytochimiques ont révélé que ce genre est abondamment pourvu en sesquiterpènes, monoterpènes, flavonoïdes et coumarines (**Sanz et Maroc, 1987**).

En ce qui concerne les flavonoïdes présents dans l'*Artemisia herba alba*, leur structure offre une variété remarquable, englobant des flavonoïdes courants tels que les flavones glycosides et les flavonols, mais également des flavonoïdes méthylés, une caractéristique particulièrement inhabituelle. Au fil de l'histoire, le genre *Artemisia* a joué un rôle majeur dans la recherche de nouveaux composés inhabituelle (**Salah et al, 1985; Sanz et Maroc, 1987**).

Les huiles essentielles de l'*Artemisia herba alba* Asso se distinguent principalement par la présence notable de santonines, qui sont des composés triterpènes pentacycliques, ainsi que de tanins parmi leurs constituants significatifs. (**Gharabi et Sand, 2008**).

# *Matériel et méthodes*

### III.1. Matériel végétal

#### III.1.1. Fruit de datte

Les dattes utilisées (Fig 14) sont des dattes sèches de la variété Degla-Beida achetées chez un commerçant de dattes à Azazga au mois d'août 2023. Elles sont originaires des palmiers de Tolga (Biskra).



**Figure 14** : Photographie des dattes *Degla-Beida* utilisées.

#### III.1.2. Plante médicinale

La plante médicinale utilisée dans notre étude est l'armoise (*Artemisia herba-alba*) (Fig 15) qui est cueillie dans la région de Bousaada en 2023. La plante a été d'abord lavée, débarrassée d'impuretés puis séchée à l'air libre avant son utilisation.



**Figure 15** : Photographie de la plante étudiée (Armoise).

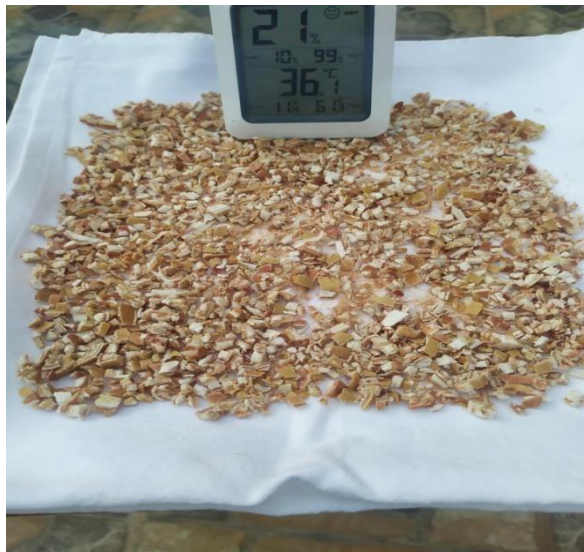
Le tableau IV ci-dessous, résume le matériel végétal utilisé dans cette étude.

**Tableau IV** : Classification des dattes et de la plante étudiées

Famille	Nom (genre)	Nom usuel	Partie utilisé
Arécacées	<i>Phoenix dactylifera</i> L (variété <i>Degla-Beida</i> )	Datte	Le fruit
Astéracées	<i>Artemisia herba alba</i>	Armoise	La partie aérienne

### III.2. Préparation de la poudre de datte par séchage solaire direct

Les dattes ont été nettoyées puis dénoyautées. La pulpe a été coupée en petits morceaux cubiques de 3 mm environ (Fig 16). Les coupeaux (387,19 g) ont été ensuite soumis au séchage solaire direct. La température et l'humidité relative de l'air ont été mesurées à l'aide d'un thermo-hygromètre trois fois par jour durant tout le processus de séchage : au début (~10h), au milieu (~12h) et à la fin de l'exposition au soleil (~16 h). Toutes les 4 heures, les dattes sont pesées à l'aide d'une balance (précision 0.01g). A la fin de la journée, les morceaux de dattes sont emballés dans le papier aluminium et stockés dans un flacon hermétique jusqu'au lendemain.



**Figure 16** : Mode de séchage solaire direct des dattes

Les dattes séchées sont ensuite broyées dans un moulin à café et les poudres obtenues sont conservées dans des flacons hermétiques en verre.

#### III.2.1. Cinétique de séchage solaire direct

Pour étudier la cinétique de séchage solaire nous avons suivi la variation de l'humidité réduite (moisture ratio, MR) en fonction du temps. Ce dernier paramètre a été calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$MR = \frac{P_t - P_{eq}}{P_0 - P_{eq}}$$

Où  $P_0$ ,  $P_t$  et  $P_{eq}$  sont respectivement le poids initial au temps  $t$  et à l'équilibre de l'échantillon de dattes.

Les données expérimentales ont été analysées en appliquant deux modèles mathématiques à savoir le modèle de Newton (**Yaldyz et Ertekyn, 2001**) et le modèle polynomial (**Wang et Singh, 1978**), qui sont largement appliqués dans les opérations de séchage des aliments:

$$\text{Modèle de Newton :} \quad MR = \exp(-kt) \quad (1)$$

$$\text{Modèle de Wang et Singh :} \quad MR = 1 + at + bt^2 \quad (2)$$

où  $k$ ,  $a$  et  $b$  sont les paramètres des modèles

### III.3. Préparation de l'extrait aqueux de l'Armoise

L'extraction des substances bioactives présentes dans la plante est effectuée par infusion dans l'eau bouillante, selon la procédure décrite par **Diallo et al. (2004)**. 10 g de la plante d'Armoise broyée ont été mélangés avec 100 ml de d'eau bouillante (100°C). Après une infusion de 30 mn, le produit obtenu a été filtré à l'aide un papier filtre. Le filtrat a été séché au soleil jusqu'à élimination complète de l'eau. Le rendement d'extraction a été calculé et l'extrait sec obtenu a été conservé dans un flacon hermétique en verre jusqu'à utilisation.

### III.4. Caractérisation physicochimique de la datte et de la poudre de datte

#### III.4.1. Détermination de la teneur en eau

Un échantillon de 2g de produit ont été séchés dans une étuve à une température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  jusqu'au poids constant (**Audigie, 1978**).

L'analyse commence par séchage des capsules vides à l'étuve pendant 15 mn à une température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ . Après cette étape, les capsules ont été refroidies dans un dessiccateur. 2 g d'échantillon homogénéisé ont été pesés dans chaque capsule puis l'ensemble capsule + échantillon a été placé dans l'étuve à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant une durée de 3 heures. Après refroidissement de 10 min dans un dessiccateur, les capsules sont pesées à nouveau (précision 0.0001g). Cette opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant (en réduisant le temps de séchage à 30 mn).

La teneur en eau est calculée comme suit :

$$H\%=(M_1- M_2) /p \times 100$$

**H%** : teneur en eau ou humidité.

**M<sub>1</sub>** : la masse initiale en g (avant dessiccation « matière fraîche +capsule »).

**M<sub>2</sub>** : la masse finale en g (après dessiccation « matière sèche + capsule »).

**P** : la masse de la prise d'essai.

#### III.4.2. Détermination de degré brix (AFNOR, 1982)

La détermination du degré brix a été réalisée à l'aide d'un réfractomètre.

#### III.5. Essai de formulation de comprimés de poudre fruits de dattes pure et enrichie

La compression est réalisée au moyen d'une comprimeuse semi alternative de marque FROGERAIS au centre de recherche SAIDAL ; en utilisant un poinçon rond et plat avec un diamètre de 12 mm (Fig 17).



Poinçons

**Figure 17** : Comprimeuse semi alternative (FROGERAIS).

##### III.5.1. Etude de l'hygroscopicité de la poudre de dattes

Pour l'étude de l'hygroscopicité, la variation relative du poids (VRP) de 2g de poudre de dattes exposés à l'air libre (à Bab-Ezzouar, Alger) a été suivie en fonction temps. Des pesées ont été effectuées toutes les 2 heures (précision 0.01g). La température et l'humidité relative de l'air ont été mesurées aussi.

La VRP est calculée comme suit :

$$\text{VRP (\%)} = [ (\text{Pt}-\text{P}_0) / \text{P}_0 ] * 100$$

où :

**Pt** : poids (en g) de la poudre de dattes au temps t.

**P<sub>0</sub>** : poids (en g) de la poudre de dattes initiales (2 g).

### **III.6. Essai d'encapsulation de la poudre de dattes**

#### **III.6.1. Remplissage des gélules**

Le remplissage manuel des gélules (de taille 16 mm, fournies par le laboratoire SAIDAL d'Alger) est une procédure élémentaire qui commence par la préparation des éléments constitutifs. Il s'agit ici d'un mélange de 300 mg du mélange constitué de la poudre de datte additionnée d'extrait sec d'armoïse. La proportion de celui-ci est la même proportion que celle employée pour le sirop A (choisi par le panel de dégustation) (voir la section suivante).

#### **III.6.2. Contrôle pharmaco-technique des gélules**

Ces essais sont réalisés au niveau du laboratoire SAIDAL (Alger) selon la pharmacopée européenne (PH, 2010).

##### **III.6.2.1. Uniformité de masse**

L'essai est réalisé sur 20 gélules. On pèse individuellement les gélules vides et les gélules remplies avec le mélange poudre de datte + extrait d'armoïse. La masse moyenne et l'écart type la poudre enrichie ont été ensuite déterminés.

##### **III.6.2.2. Essai de désagrégation (délitement)**

En ce qui concerne le comportement des matrices en contact avec le milieu environnant, le principal responsable de la vitesse de libération du principe actif (pigments dans notre cas) semble être leur capacité à résister à la désintégration.

Ce test est effectué sur six gélules, qui sont soumises à des oscillations verticales dans un cylindre transparent immergé dans l'eau (Fig 18). La température du milieu est réglée à  $37 \pm 0,5$  °C. Le cylindre est équipé d'une série de tubes fermés aux deux extrémités par des tamis. Le dispositif est ensuite activé et le comportement des gélules est surveillé au fil du temps. Le temps de dégradation est alors déduit.



**Figure 18 :** Test de désagrégation des gélules (ERWEKA)

### III.6.3. Test de dissolution

Le test de dissolution est effectué sur six gélules. Son objectif est de mesurer la capacité d'une forme galénique à libérer les principes actifs qu'elle contient dans un milieu spécifique (les pigments dans notre cas).

Ce test consiste à placer une gélule dans 100 ml du liquide de dissolution (l'eau distillée à  $37^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  et solution HCl à 0,1 N (milieu gastrique)). Les échantillons sont placés sur les plaques chauffantes munies d'un agitateur magnétique (Fig 19).

L'absorbance est mesurée à 450 nm (caroténoïdes) et 670 nm (chlorophylle) chaque 5mn dans les deux milieux de dissolution.



**Figure 19 :** Dissolution des gélules dans l'eau distillée (a) et dans HCl (b).

### III.7. Sirop de dattes pur et enrichi

#### III.7.1. Sirop pur

L'obtention du sirop pur de dattes est réalisée par diffusion à froid selon le diagramme suivant :

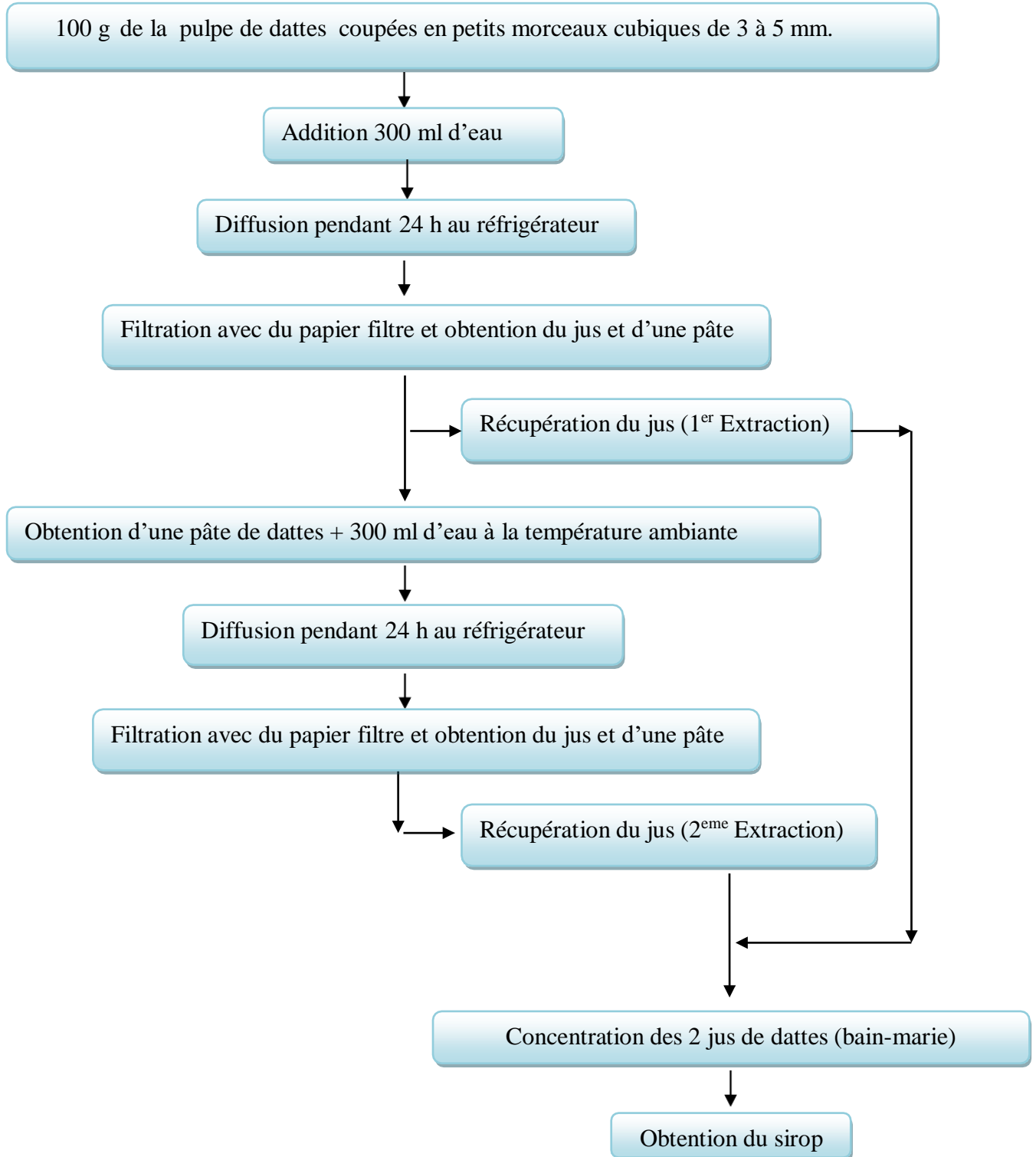


Figure 20 : Méthode d'obtention du sirop de dattes pur

### III.7.2. Sirop enrichi avec extrait sec de l'armoise

Les sirops obtenus sont issus d'un mélange binaire : sirop de datte + extrait sec d'armoise. Trois sirops ont été préparés. Nous raisonnons sur des doses. 2g de sirop pur c'est l'équivalent du poids d'une cuillère à café et 0,162g d'extrait sec d'armoise c'est l'équivalent de 1g de plante sèche dans un verre de 200 ml de volume, dosage préconisé pour les infusions (Tableau V).

**Tableau V** : composition des doses de sirops (exprimée en g)

Echantillons	Sirop pur	Extrait sec d'armoise
Sirop A	2	0,040
Sirop B	2	0,016
Sirop C	2	0,162

### III.7.3. Evaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle du sirop enrichi avec l'extrait sec de l'armoise est déterminée selon la méthode de l'épreuve de classement rapportée par **Sauvageot (1990)**. Cette dernière a pour finalité d'ordonner les échantillons présentés au sujet selon un arrangement d'intensité croissante ou décroissante. C'est une épreuve très répandue car elle est facile à réaliser et ne nécessite ni un produit de référence ni un jury d'évaluation entraîné.

Trois échantillons du sirop A, B et C ont été classés par 31 personnes âgées entre 18 et 67 ans, selon leur gout (par ordre décroissant de préférence: du meilleur au moins bon). Le questionnaire utilisé est donné dans l'annexe.

Pour le traitement statistique des données, le test de Friedman décrit par **Sauvageot (1990)** a été utilisé. La statistique F de Friedman est calculée comme suit :

$$F = \frac{12}{n \cdot p(p+1)} [R_1^2 + \dots + R_p^2] - \frac{3n(p+1)}{p}$$

Où, n = nombre de sujets, p = nombre de produits,  $R_1$  = somme des rangs affectés au produit 1, et  $R_p$  = somme des rangs affectés au dernier produit.

La valeur trouvée F trouvée est ensuite comparée à la valeur S lue dans la table du  $X^2$  (voir annexe) à p-1 degrés de liberté au niveau 5 %. Ce test est un test unilatéral qui signifie qu'une seule conclusion est possible c'est à dire:

- Si  $F > S$  : les produits sont perçus comme étant significativement différents ;
- Si  $F < S$  : les produits sont perçus comme étant identiques.

Lorsque le test conduit à une différenciation significative des produits on fait appel à une comparaison multiple des sommes de rangs des produits (**Sauvageot, 1990**). Dans le cas du test de Friedman, les effectifs sont les mêmes pour chacun des produits. Chaque différence de moyenne est comparée à la valeur :

$$\delta = z\sqrt{n \cdot p(p+1)/6}$$

où, z est la valeur lue dans la table gaussienne (voir annexe) au niveau  $\frac{2\alpha}{p(p-1)}$

Si  $|R_i - R_j| > \delta$  les produits i et j sont perçue comme significativement différents.

Si  $|R_i - R_j| < \delta$  les produits i et j sont perçue comme identiques.

### III.8. Analyse de l'activité antioxydante

#### III.8.1. Préparation des extraits éthaloniques

La procédure de préparation des extraits est inspirée de celles décrite par **Akroum, (2021)**.

1g d'échantillon est mélangé avec 50 ml de d'éthanol/eau (80 /20) dans un erlenmeyer. Après une agitation de 30 nm, le produit obtenu est filtré. Le filtrat est utilisé pour mesurer l'activité antiradicalaire au radical DPPH°.

#### III.8.2. Activité antiradicalaire au radical DPPH°

L'activité antiradicalaire (AAR) est réalisée selon la méthode décrite par **Sánchez-Moreno, (2002)**. Une aliquote (1 ml) d'échantillon est ajoutée à 1 ml d'une solution éthanoïque du 2-2-diphenyl 1-picrylhdrazyl (DPPH) à 0,2 mmol x L<sup>-1</sup>. Le contrôle est préparé en mélangeant une solution de DPPH (1 ml) et une solution d'éthanol (1 ml) tandis que le blanc comporte 1 ml de d'éthanol. L'absorbance est mesurée à 517 après 30 min d'incubation à l'obscurité. Une faible absorbance indique une activité antiradicalaire plus élevée. L'AAR est calculée comme le pourcentage de décoloration de DPPH (passant de la couleur violette foncée à jaunâtre après réduction) en utilisant l'équation suivante:

$$\text{AAR (\%)} = [(\text{Abs Contrôle} - \text{Abs Echantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

Abs Contrôle : Absorbance du contrôle à 517 nm ;

Abs Echantillon: Absorbance de l'échantillon à 517 nm.

### III.9. Analyse statistique

Les résultats concernant la caractérisation physicochimique sont exprimés sous forme de moyenne ± écart type (n = 3). Le logiciel XLSTAT est utilisé pour l'analyse de la variance (ANOVA) au seuil de signification p = 0,05.

## *Résultats et discussions*

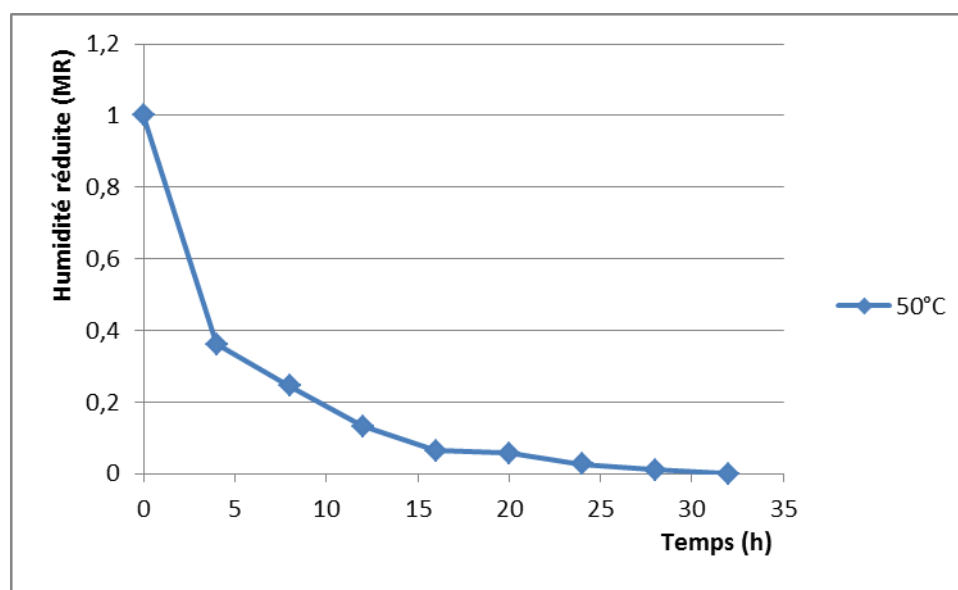
## Résultats et discussion

### IV. Obtention de poudre de dattes à partir de fruits traités par séchage solaire direct

Un nombre limité de travaux ont été déjà consacrés au séchage solaire des fruits de dattes (FD) à des fins de conservation (Manaa et al., 2013. Seerangurayar et al., 2019; Uchoi et al., 2020; Sansaniwal et al., 2022) et de transformation en poudre (El-Sharnouby et al., 2007 ; Elwakeel et al., 2022) et de comprimés de poudre de dattes pure ou enrichie (Benahmed et al. 2011).

#### IV.1. Cinétique de séchage et modélisation

La courbe de séchage  $MR = f(t)$  des morceaux de dattes est montrée à la figure 21. Comme on peut le voir,



**Figure 21** : courbe de séchage des dattes par séchage solaire à une température moyenne de 50°C.

La valeur de MR baisse rapidement aux premiers instants du séchage avant de ralentir pour enfin s'annuler à  $t \approx 32$  h. Il serait peut être utile de rappeler ici que lors du séchage c'est l'eau libre qui est d'abord éliminée du produit (première phase de séchage). Sur la courbe de séchage, cette phase correspond généralement à la vitesse de séchage à vitesse constante illustrée par une droite. Dans un second temps, est éliminée l'eau liée à une vitesse décroissante (deuxième phase de séchage). Dans notre cas, il n'est pas possible de l'observer car il fallait alors mesurer MR à des intervalles de temps plus courts. De toute façon, cette première phase, à supposer qu'elle existe, ne représente à peine 13 % de la durée totale de séchage (32 h). Ceci dit, il a été déjà rapporté qu'en général les produits alimentaires ne présentent pas une véritable période de séchage à vitesse constante (Anonyme 3, s.d). C'est ce qui explique l'usage de MR

Concernant la modélisation de la cinétique, elle est censée répondre à la question de savoir si le processus développé peut être décrit par un modèle connu (Takougnadi et al.,

## Résultats et discussion

2018). En particulier, la modélisation du séchage des matériaux en couches minces permet : i) de comprendre les mécanismes de transfert de matière et de chaleur, et ii) de simuler et optimiser les conditions de fonctionnement du processus de séchage. A cette fin, on recourt souvent à des modèles simples ayant une signification physique acceptable (Inyang et al., 2018) ce qui par ailleurs explique notre choix pour les deux modèles présentement considérés et discutés dans ce qui suit.

Les courbes de variation de  $\ln(MR)$  en fonction du temps sont illustrées par les figures 22 (cas du modèle de Newton) et 23 (cas du modèle polynomial). D'après ces figures, c'est le modèle de Newton qui décrit plus correctement la cinétique de séchage des dattes coupées en morceaux. Cette adéquation pourrait s'expliquer par l'uniformité des conditions de séchage en termes de température de séchage (Figure 24) et d'humidité relative de l'air (Figure 25) ainsi que par le coupage des fruits en petits morceaux (Figure 26) ce qui améliore considérablement le processus d'élimination d'eau.

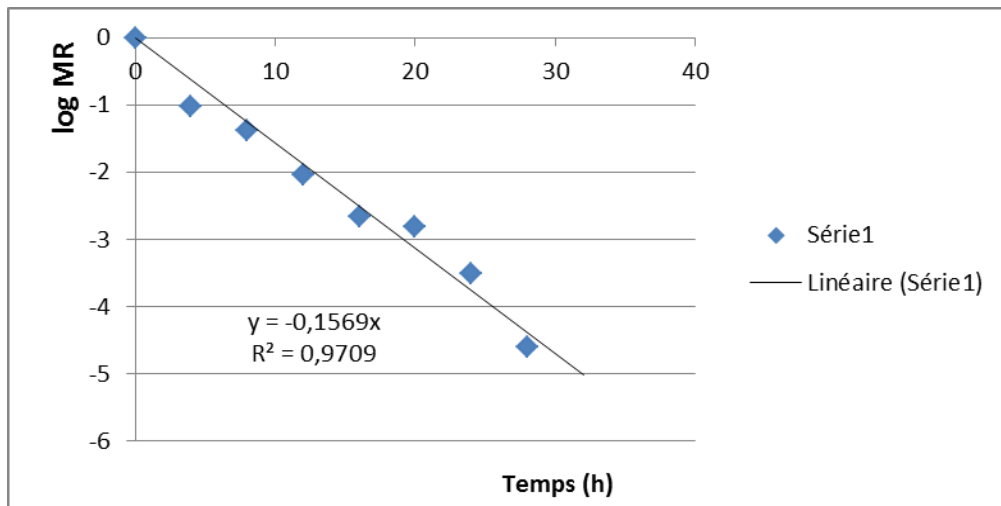


Figure 22 : Droite de régression correspondant au modèle de Newton.

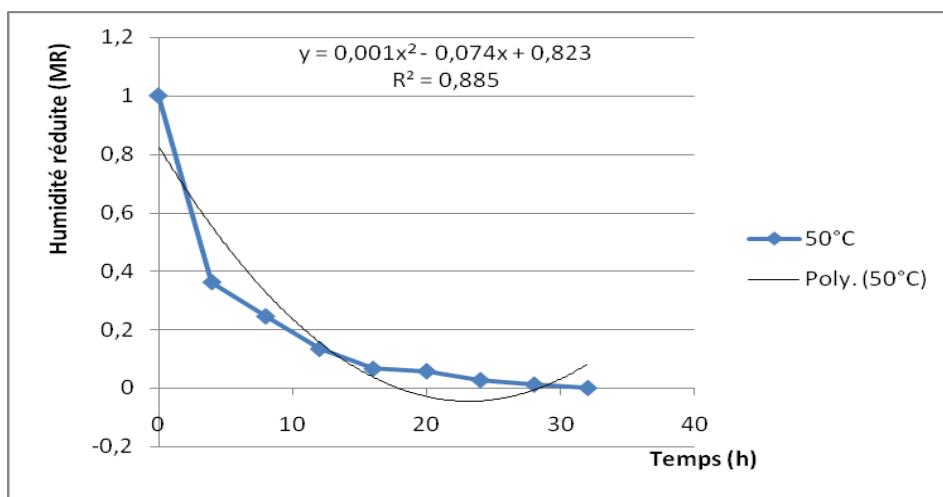
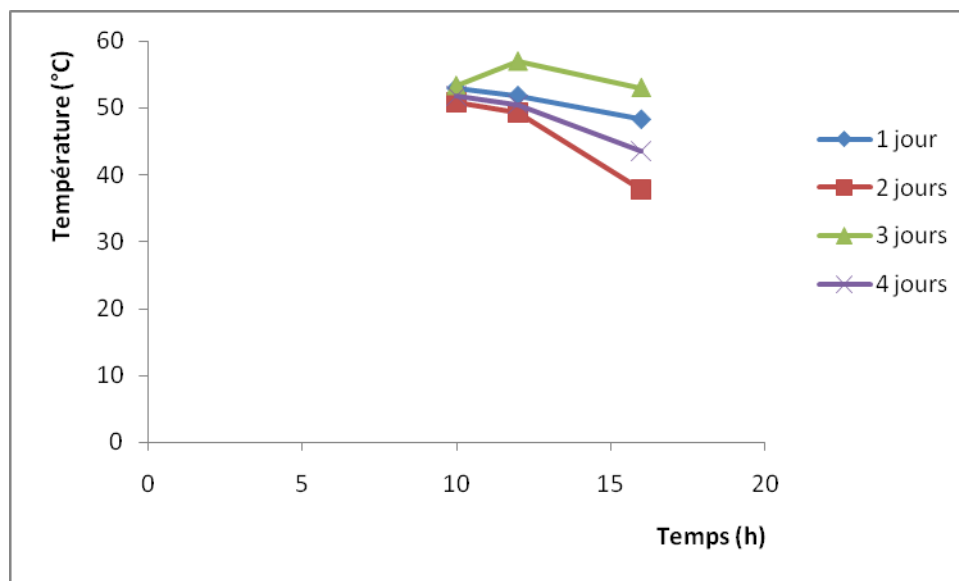
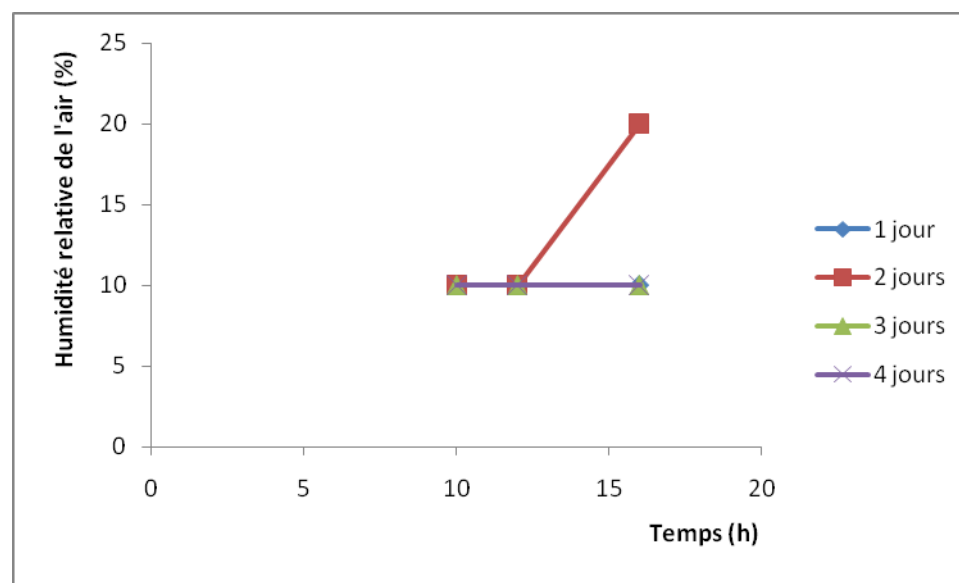


Figure 23 : Courbe de régression correspondant au modèle polynomial.

## Résultats et discussion



**Figure 24 :** Variation de la température exprimée en °C en fonction du temps (heures) des dattes séchées par séchage solaire



**Figure 25 :** Variation de l'humidité relative de l'air exprimée en % en fonction du temps (heures) des dattes séchées par séchage solaire

## Résultats et discussion



**Figure 26** : photographie des morceaux des dattes exposées au soleil (a) et de la poudre de datte obtenue par broyage (b).

### IV.2. Caractérisation physicochimique de la datte et de la poudre de datte

L'aspect de la poudre obtenue et conditionnée dans un récipient en verre est montrée à la figure 26b. C'est un produit de type « Aliment peu transformé » comme le lait en poudre (Menegassi et al., 2020). La demande croissante des consommateurs pour ce genre d'aliments (avec le moins possible d'additifs synthétiques) est un défi majeur pour les spécialistes des sciences alimentaires (Seddiqui et al., 2011). Les valeurs des deux paramètres (teneur en eau et °Brix) déterminés pour les dattes fraîches et la poudre qui en est issue sont données dans le tableau VI. Il s'ensuit que la poudre de dattes obtenue contient environ 3 fois moins d'eau que le fruit initial. Elle contient en outre 1,5 plus de sucres solubles. Comme le sucre est connu pour être hygroscopique, il est nécessaire d'accorder une attention particulière au conditionnement de la poudre.

**Tableau VI** : Paramètres physicochimiques de datte fraîche et de la poudre de datte

Paramètres physicochimiques	Date fraîche	Poudre de datte
Teneur en eau (%)	10,42 ± 0,63	2,83 ± 1,26
° Brix	50,25 ± 0,071	74,33 ± 3,21

### IV.3. Essai de formulation de comprimés de poudre fruits de dattes pure et enrichie

Notre tentative de produire des comprimés de poudre de dattes n'a malheureusement pas abouti en raison de la mauvaise compressibilité de la poudre, avec un taux de rebus considérable. La photo de la figure 27 donne une idée des difficultés rencontrées. Ces dernières pourraient s'expliquer par de nombreux facteurs comme, entre autres, la granulométrie de la poudre, son hygroscopicité, le cycle de la compressibilité. A titre d'exemple, Tita-Goldstein (2023) a montré qu'une hygroscopicité élevée du liant utilisé lors

## Résultats et discussion

---

de la mise en forme de comprimés favorise un mauvais comportement mécanique de ces derniers.

Nous avons relevé lors des essais de compression, la perte de coulabilité de la poudre et son adhésion aux parois de la compresseuse pharmaceutique. Ces phénomènes pourraient être attribués, comme pour le comportement mécanique évoqué précédemment, à hygroscopicité élevée de la poudre de dattes utilisée. De plus, comme le suggère la figure 28, la couleur de la poudre s'altère aussi au cours de l'entreposage ce qui est conforme aux résultats communiqués par **Megdoud et al. (2022)** à propos des comprimés de dattes entreposés à différentes humidités relatives.

Les observations précédentes nous ont amenées à déterminer l'hygroscopicité de la PFD selon la procédure adaptée de celle décrite par **Manickavasagan et al. (2015)** pour la PFD



**Figure 27** : photographie des comprimés de da poudre de dattes obtenue par une compresseuse semi alternative.

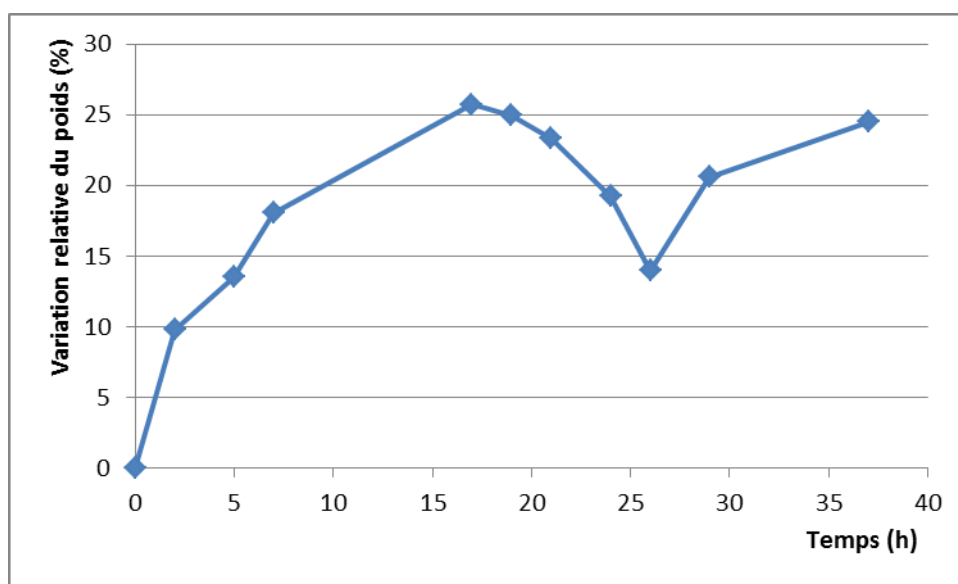


**Figure 28** : Photographie de la poudre de datte avant et après l'exposition à l'air libre.

## Résultats et discussion

obtenue dans un sécheur par pulvérisation. La courbe de la figure 29 rend compte des résultats obtenus dans les conditions environnementales d'Alger. L'hygroscopicité fluctue beaucoup selon l'humidité relative de l'air et la température dans une moindre mesure (Figures 29, 30 et 31). Dans tous les cas la valeur maximale atteinte est proche de celles (~ 20 et 22 %) trouvées par **Hasan et al. (2022)** pour deux poudres de dattes fine et grossière de la même variété soudanaise Barakawi, respectivement. Le système poudre- air ambiant cherche à chaque fois à atteindre un état d'équilibre. En particulier, cet équilibre s'établira par l'égalité entre l'humidité relative de l'air et l'activité de l'eau de la poudre de dattes (elle-même liée à la teneur en eau).

Les résultats de la modélisation des deux premières branches de la courbe sont rassemblés dans le tableau VII. Dans les deux cas, c'est le modèle polynomial qui semble le plus approprié pour décrire les deux sections de la courbe.



**Figure 29** : Variation relative du poids exprimée (%) en fonction du temps (heure) de la poudre de dattes exposée à l'air libre.

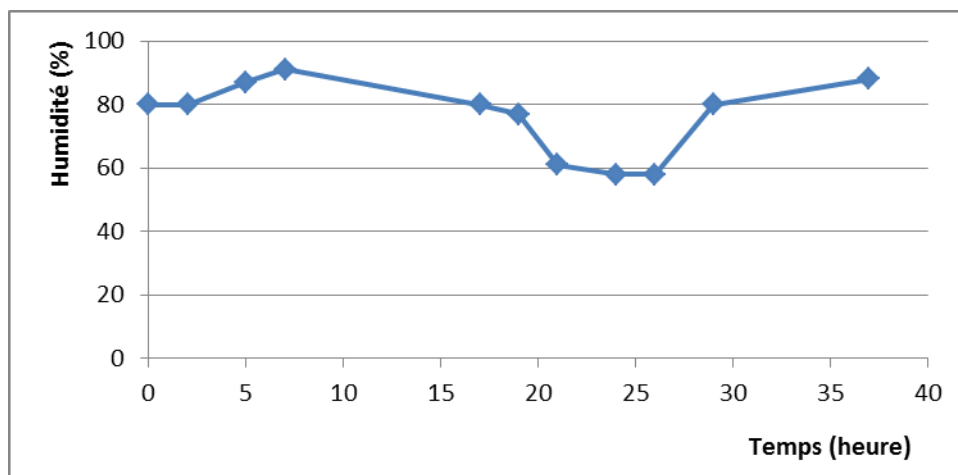
**Tableau VII** : Résultat de la modélisation

Phase	R2
<b>Phase 1</b>	
Modèle linéaire	0,862
Modèle polynomiale	<b>0,974</b>
<b>Phase 2</b>	
Modèle exponentielle	0,876
Modèle linéaire	0,919
Modèle logarithmique	0,885
Modèle polynomiale	<b>0,996</b>

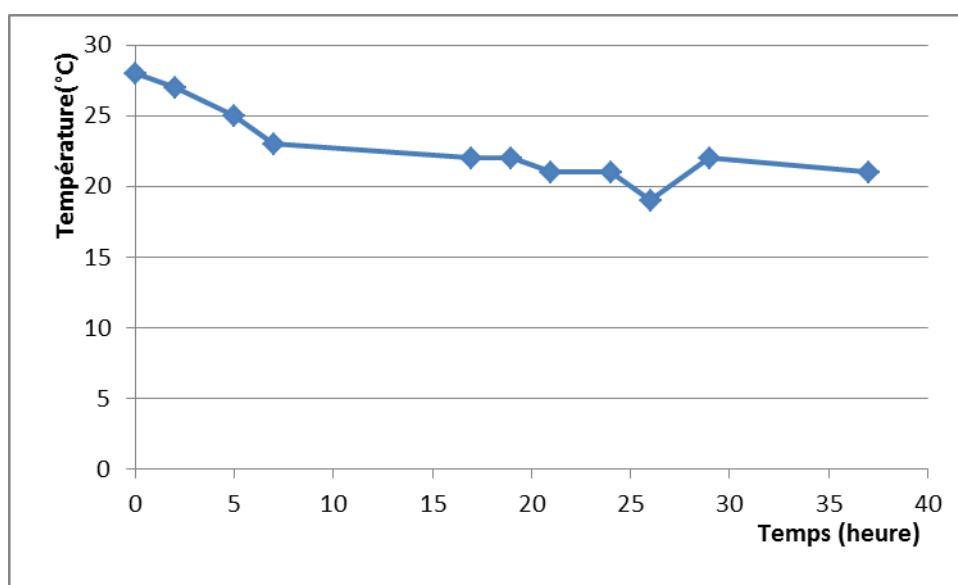
## Résultats et discussion

Modèle puissance

0,836



**Figure 30 :** Variation de l'humidité relative de l'air exprimée en % en fonction du temps (heures) de la poudre des dattes exposées à l'air libre.



**Figure 31 :** Variation de la température exprimée en °C en fonction du temps (heure) de la poudre des dattes exposées à l'air libre.

### IV. 4. Essai d'encapsulation de la poudre de dattes

#### IV. 4.1. Pourquoi l'encapsulation ?

Deux causes majeures expliquent le recours à cette forme galénique :

- l'échec de la mise en forme des comprimés

## Résultats et discussion

- la contrainte liée au dosage de l'extrait d'armoise dans le sirop et qui est lié à l'acceptabilité du produit par les consommateurs (voir section ultérieure).

Par conséquent, l'encapsulation s'impose presque comme une alternative de choix, en plus de l'originalité de cette approche. Ainsi, l'amertume de l'armoise se trouve totalement masquée.

En fait, de nombreux travaux ont été consacrés récemment à l'encapsulation dans le domaine des compléments alimentaires (**Dams et al., 2021 ; Marcillo-Parra et al., 2021 ; Jafari et al., 2023**).

Contrairement aux formes comprimées ou liquides concentrées (sirops), les travaux sur l'encapsulation de la poudre de dattes pure ou améliorée n'a fait l'objet, à notre connaissance, d'aucune publication. En réalité, même sur d'autres types de fruits et légumes, les études ne semblent s'y intéresser que depuis peu. A ce sujet, **Dams et al. (2021)** ont analysé la biodisponibilité des caroténoïdes d'autres vitamines fournis par un concentré de poudre de jus de fruits, de baies et de légumes encapsulés à base d'aliments entiers.

Ce test a été réalisé au niveau du laboratoire SAIDAL (Alger) qui nous a fourni les gélules pour l'encapsulation.

Les gélules sont obtenues à partir de la poudre de datte additionnée d'extrait sec d'armoise avec une la même proportion que celle employée pour le sirop A (voir la partie suivante VI-5) (Figure 32).



**Figure 32:** Photographie des gélules obtenues à partir de la poudre de datte enrichie avec un extrait sec d'armoise.

### IV.4.2. Analyse pharmaco-technique des gélules

Les deux pharmaco-techniques des gélules sont donnés dans le tableau VIII.

**Tableau VIII :** les paramètres pharmaco-technique des gélules

Paramètres	gélules
Uniformité de masse (g)	$0,291 \pm 0,02$
Temps de désintégration (mn)	5

## Résultats et discussion

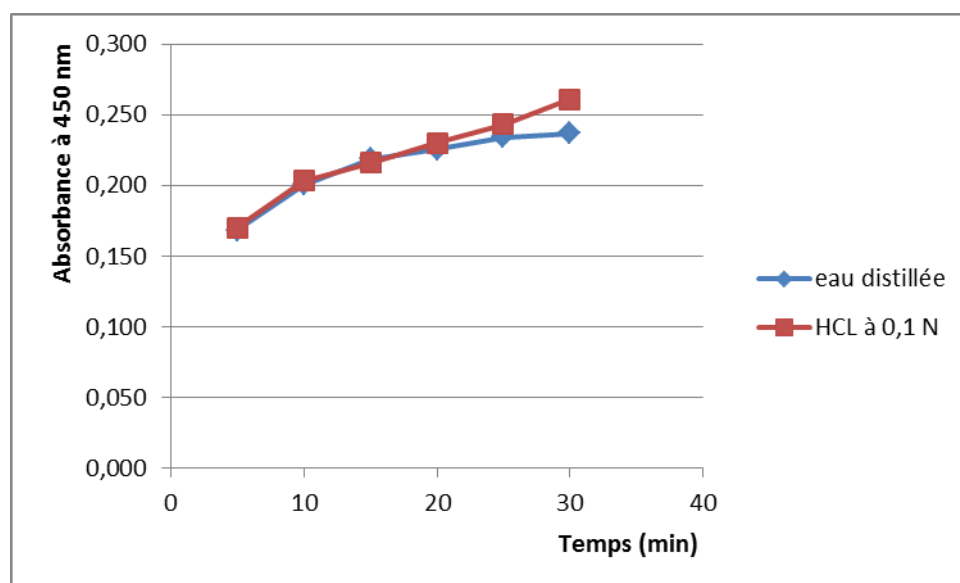
En se basant sur la version simplifiée du test réalisé, les gélules obtenues sont à considérer comme conformes aux normes de la Pharmacopée Chinoise concernant les gélules dures pour lesquelles le temps de désintégration limite est de 30 min (**Document CAPSULCN, 2019**).

### IV.4.3. Test de dissolution

Le test de dissolution est adapté des tests classiques appliqués en pharmacologie et qui consistent à suivre et à modéliser la cinétique de libération d'un principe actif dans un milieu donné. Pour cela, nous avons opté pour le suivi de la variation des absorbances à 450 nm (caroténoïdes) et 670 nm (chlorophylle) du milieu liquide en fonction du temps. Il convient de noter que le FD est riche en caroténoïdes (**Al-Okbi et al., 2022**) mais pas en chlorophylle qui n'est présente qu'aux premiers stades de maturité (**Steingass et al., 2020**) tandis que l'armoise est riche aussi bien en caroténoïdes qu'en chlorophylle (**Fatmi et al., 2022**).

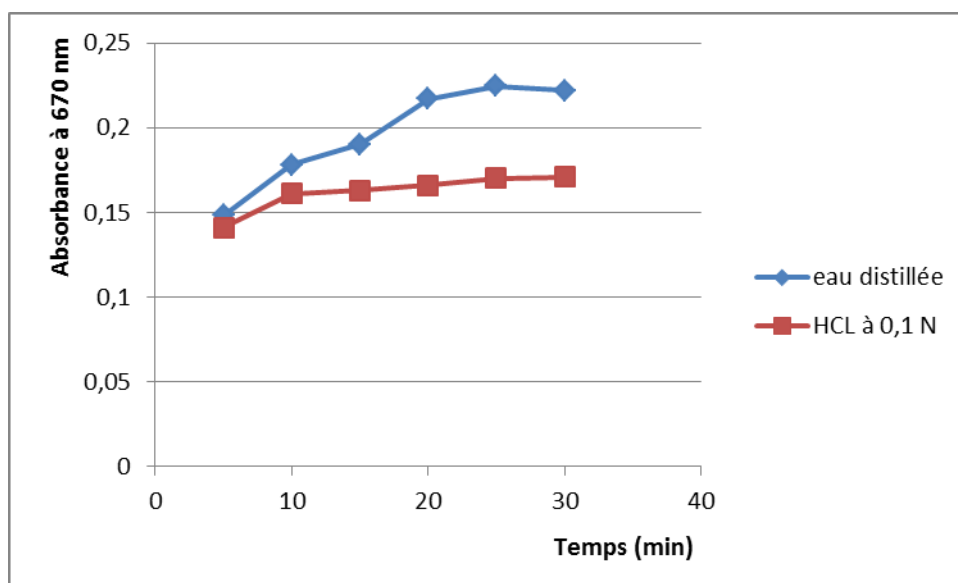
Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 33 et 34, respectivement.

D'après ces figures la libération des caroténoïdes est relativement peu influencée par le pH du milieu (Figure 33), contrairement à la chlorophylle (Figure 34). Mais, comme il fallait s'y attendre, les deux pigments ne diffusent que très peu dans le milieu liquide. En effet, les caroténoïdes sont hydrophobes, la chlorophylle présente un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe tandis que l'artémisinine est peu soluble dans l'eau. A cela s'ajoutent les interactions possibles entre ces molécules ce qui ajoute des difficultés à tirer des conclusions fondées.



**Figure 33** : absorbance à 450 nm en fonction du temps.

## Résultats et discussion



**Figure 34** : absorbance à 670 nm en fonction du temps.

### IV.5. Sirop de dattes pur et enrichi

#### IV.5.1. Sirop pur

Les photos des différents échantillons de jus et de sirop de dattes sont montrées à la Figure 35. L'aspect visuel indique que les échantillons sont conformes aux produits de leurs types.

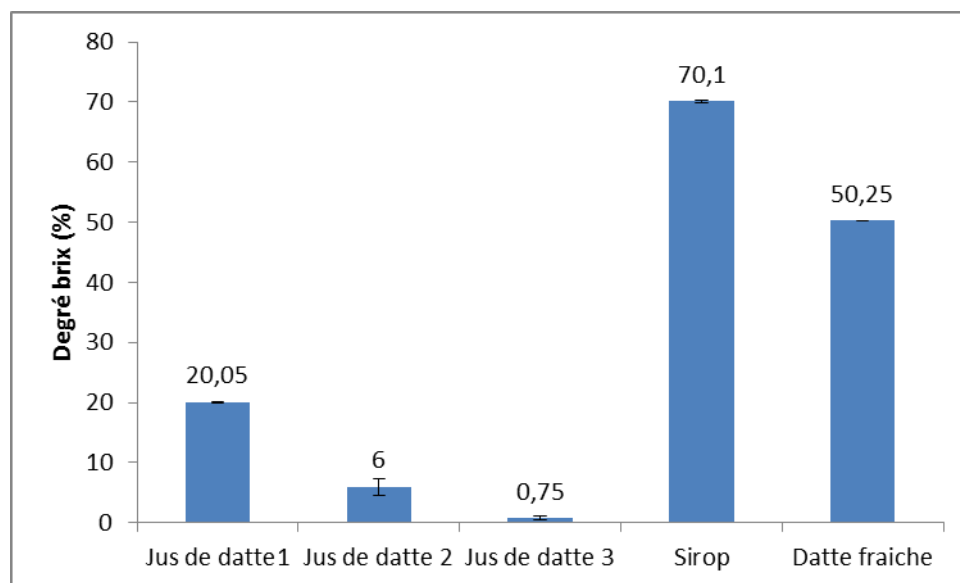


**Figure 35** : photographies des morceaux de dattes immergés dans l'eau (a), du jus de dattes obtenu à partir de la 1<sup>ère</sup> extraction (b), du jus de dattes issu de la 2<sup>ème</sup> extraction (c) et du sirop de dattes obtenu par concentration (d).

Les données de la Figure 36 met en évidence l'intérêt d'une extraction répétée et l'inutilité d'aller au-delà de la deuxième extraction pour produire un sirop. De plus, un traitement doux, qui renvoie au concept des produits alimentaires peu transformés évoqué plus haut, permet d'aboutir à un produit fini (sirop naturel) intéressant sur le double plan

## Résultats et discussion

économique et nutritionnel. Sur le plan du °Brix, le sirop obtenu répond aux valeurs recommandées (70° minimum) pour le sirop de dattes (**Farahnaky et al., 2016**).



**Figure 36 :** Degré brix des jus de dattes 1, 2, et 3 (obtenus par 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> extraction respectivement), du sirop et des dattes fraîches (exprimé en %).

### IV.5.2. Sirop enrichi avec extrait sec de l'armoise

Les sirops obtenus sont issus d'un mélange binaire : sirop de dattes + extrait sec d'armoise. Trois sirops ont été préparés comme suit :

- Sirop C: obtenu en mélangeant 2g de sirop pur (le poids d'une cuillère à café) et 0,162g d'extrait sec d'armoise (équivalent de 1g de plante sèche dans un verre de 200 ml de volume, dosage préconisé pour les infusions) sachant que le rendement d'extraction pour la plante étudiée est de 16,29%.
- Sirop B: obtenu en mélangeant 2g de sirop pur et 0,016 g d'extrait sec d'armoise ce qui représente 1/10 de la quantité l'extrait sec d'armoise présente dans le sirop C.
- Sirop A : obtenu en mélangeant 2g de sirop pur et 0,040g d'extrait sec d'armoise ce qui représente 1/20 de la quantité l'extrait sec d'armoise présente dans le sirop C.

La figure 37 montre la photographie des différents sirops.

## Résultats et discussion



**Figure 37** : Photographie des sirops A (a), B (b) et C (c).

Une évaluation sensorielle permet de sélectionner la meilleure formule. Pour cela, les trois sirops ont été classés par 31 sujets selon leur gout du meilleur au moins bon (par ordre décroissant de préférence). Les classements obtenus sont donnés dans le tableau IX.

**Tableau IX** : résultats de classement des trois produits de sirop.

Sujets	Produits		
	A	B	C
1	1	2	3
2	1	2	3
3	1	2	3
4	1	2	3
5	1	2	3
6	1	2	3
7	1	2	3
8	1	2	3
9	1	2	3
10	2	1	3
11	1	2	3
12	1	2	3
13	1	2	3
14	1	2	3
15	1	2	3
16	1	2	3
17	2	1	3
18	2	1	3
19	1	2	3
20	1	2	3
21	1	2	3
22	1	2	3
23	1	2	3
24	1	2	3
25	1	2	3

## Résultats et discussion

26	2	1	3
27	3	2	1
28	1	2	3
29	1	2	3
30	1	2	3
31	1	2	3
Somme des rangs	37	58	91

Les sommes des rangs sont respectivement :  $R_1 = 37$ ,  $R_2 = 58$ ,  $R_3 = 91$ .

Le F de Friedman calculé est :  $F = 9,49$

La valeur lue dans la table du  $X^2$  (annexe) à  $(P-1)$  degrés de liberté pour un risque de 5% est :  $S = 5,99$ .

$F > S$  ; donc il existe entre les 3 échantillons de sirop des différences significatives (à 5%) sur le plan du goût. Pour obtenir un classement statistique des produits, il faut calculer la plus petite différence significative :

$$\delta = 2,4 \sqrt{31 * 3(3 + 1)/6} = 18,89$$

La valeur 2,4 utilisée dans la formule est la valeur lue dans la table de la loi gaussienne (annexe) en prenant un risque bilatéral de :

$$\frac{2 * 5\%}{3(3 - 1)} = 1,66\%$$

on a :

$|R_1 - R_2| > \delta$  donc les sirops A et B sont perçus comme significativement différents,

$|R_1 - R_3| > \delta$  donc les sirops A et C sont perçus comme significativement différents,

$|R_2 - R_3| > \delta$  donc les sirops B et C sont perçus comme significativement différents.

On obtient ainsi le classement suivant :

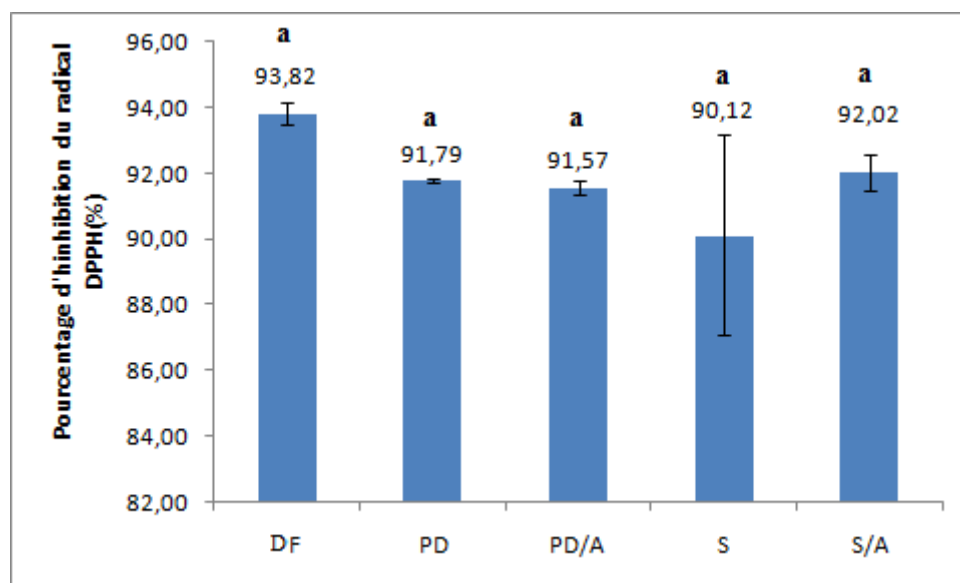
Sirop A	Sirop B	Sirop C
37	58	91

On peut conclure que le sirop A est préféré des deux autres sirops B et C et que le sirop C est moins préféré sur le plan du goût.

## Résultats et discussion

### IV.6. Analyse de l'activité antiradicalaire des extraits éthaloniques contre le radical DPPH°

Les résultats de l'analyse de l'activité antiradicalaire des extraits éthanoliques des dattes fraîches (DF), de la poudre du fruit de dattes (PFD), du mélange PFD + extrait d'armoise (A), du sirop pur (S) et du mélange sirop + extrait d'armoise (S/A) sont donnés dans la figure 38.



**Figure 38 :** activité antiradicalaire des extraits éthaloniques contre le radical DPPH° (exprimée en %d'inhibition du radical DPPH°)

Cette figure indique l'absence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre tous les échantillons testés en termes d'activité antiradicalaire. Ceci pourrait s'expliquer par la proportion négligeable d'extrait d'armoise dans les deux matrices étudiées. A des fins de confirmation et de comparaison, il serait intéressant à l'avenir de recourir à d'autres méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante.

# *Conclusion*

## Conclusion

---

La présente étude met en évidence la possibilité : i) d'appliquer le séchage solaire direct sur les dattes *Degla-Beida* pour un traitement complémentaire à des fins d'obtention d'une PFD, ii) d'obtenir à partir de cette dernière des compléments alimentaires sous forme de gélules enrichies avec un extrait sec d'armoise, iii) d'obtenir un sirop enrichi aussi ce même extrait.

La PFD n'a pas montré par contre une bonne aptitude à la compression.

Tenant compte de l'intérêt socio-économique de la thématique abordée, nous espérons voir cette étude approfondie du point de vue de: i) l'optimisation du processus de compression de la PFD, et ii) l'activité biologique des compléments considérés.

*Références  
bibliographiques*

- **Abdelfetah, K. (1988).** Quelques aspects de l'économie dattière en Tunisie.
- **Adiba, BD, Salem, B., Nabil, S. et Abdelhakim, M. (2011).** Caractérisation préliminaire de comprimés alimentaires à partir de poudres de datte (*Phoenix dactylifera* L.) et de spiruline (*Spirulina* sp.). *Technologie des poudres*, 208 (3), 725-730.
- **AFNOR** (Association Française de Normalisation) (1982). Recueil des normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes. Jus de fruits, Paris, 327 p.
- **Ait Ameer, L. (2001).** Analyse du processus de diffusion des sucres, des acides organiques et de l'acide ascorbique dans le système : Mech-Degla/Jus de citron. *Mémoire de magister. Département de technologie alimentaire. Boumerdes.*
- **Akroum, S. (2021, January).** Activité antimicrobienne des extraits de *Rosmarinus officinalis* et *Zingiber officinale* sur les espèces du genre *Candida* et sur *Streptococcus pneumoniae*. In *Annales Pharmaceutiques Françaises* (Vol. 79, No. 1, pp. 62-69). Elsevier Masson.
- **Alberet, L. (1998).** La santé par les fruits. Ed. VEECHI, pp 44-74.
- **Al-Okbi, S. Y. (2022).** Date palm as source of nutraceuticals for health promotion: a review. *Current Nutrition Reports*, 11(4), 574-591.
- **Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2002).** Dietary fibre content of dates from 13 varieties of date palm *Phoenix dactylifera* L. *International journal of food science & technology*, 37(6), 719-721.
- **Alvi, T., Khan, M. K. I., Maan, A. A., & Razzaq, Z. U. (2022).** Date fruit as a promising source of functional carbohydrates and bioactive compounds: A review on its nutraceutical potential. *Journal of Food Biochemistry*, 46(9), e14325.
- **Amroune S.(2018).** Phytothérapie et plantes médicinales. Université des Frères Mentouri Constantine .Algerie .
- **Anonyme 1. Pharmashopi.** « image du sirop ». <http://www.pharmashopi.com> consulté le 14 septembre 2023.
- **Anonyme 2. Digitalnativgroupe.** « Image des gummies ». <http://www.Digitalnativegroup.com> consulté le 14 septembre 2023
- **Anonyme 3. s.d.** Chapter7, Drying. <https://nzifst.org.nz/resources/unitoperations/documents/UnitopsCh7.pdf>
- **Atriche, R., & Bourekoua, S. (2019).** *Valorisation des dattes sèche par la fabrication d'un sirop et leur caractérisation physico-chimiques et microbiologiques* (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- **Athmani, S., et Baba D., (2017)** Les compléments alimentaires consommés par les sportifs de la région de Tlemcen : composition et effets sur les paramètres biochimiques sanguins. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de docteur en pharmacie.
- **Audigie, C. L. (1978).** Manipulations d'analyse biochimique, Ed, Doin Paris, PP : 27-74.

- **BELAROUSSI, M. E. (2019).** *Etude de la production du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) variété Deglet Nour: cas des régions de Oued Mya et Oued Righ* (Doctoral dissertation, 2019).
- **BELKACEMI, D., & RAHMANI, S. (2019).** Essai d'Incorporation de la Poudre de Datte Obtenue par Séchage dans une Formulation Alimentaire (Madeleine).
- **Belguedj, M. (2002).** Les ressources génétiques du palmier dattier, caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. *Institut national de la recherche agronomique d'Algérie, 1*, 289.
- **Benamara, S., Chibane, H., & Boukhelifa, M. (2004).** Actualites techniques et industrielles-Essai de formulation d'un yaourt naturel aux dattes. *Industries Alimentaires et Agricoles, 121*(1-2), 11-14.
- **Benchabane, A. (1996).** Rapport de synthèse de l'atelier «Technologie et qualité de la datte». *Options méditerranéennes, série A, 28*, 205-210.
- **Benghanou, M. (2012).** La phytothérapie entre la confiance et méfiance. *Memoire professionnel infirmier de la sante publique, institut de formation paramédical CHETTIA (Alger)*, 56.
- **Booij, I., Piombo, G., Risterucci, A. M., Coupe, M., Thomas, D., & Ferry, M. (1992).** Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*).
- **BOUACHERINE, B., & Razika, H. (2017).** *Biodiversité et valeur des plantes médicinales dans la phytothérapie : Cas de la région de Ben Srou (M'sila)* (Doctoral dissertation, Université de m'sila).
- **Boughnou, N. (1988).** Essai de production de vinaigre à partir de déchets de dattes
- **Chehma, A., & Longo, H. F. (2001).** Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail. *Rev. Energ. Ren.: Production et Valorisation-Biomasse*, 59-64.
- **Chibane, H., Benamara, S., Noui, Y., & Djouab, A. (2007).** Some physicochemical and morphological characterizations of three varieties of Algerian common dates. *European journal of scientific research, 18*(1), 134-140.
- **Compléments alimentaires, 2022.** <http://www.ameli.fr> consulté le 14 septembre 2023.
- **Cook, JA, & Furr, JR (1952).** Sucres dans les fruits des variétés commerciales de dattes molles, semi-sèches et sèches. *Sucres dans les fruits des variétés commerciales de dattes molles, semi-sèches et sèches*.
- **Dams, S., Holasek, S., Tsiountsioura, M., Malliga, D. E., Meier-Allard, N., Poncza, B. ... & Lamprecht, M. (2019).** An encapsulated fruit, vegetable and berry juice powder concentrate increases plasma values of specific carotenoids and vitamins. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*.

- **DEBAISIEUX, F., & POLESE, J. (2009).** Plantes médicinales. *Debaisieux. France. P*, 4-5.
- **Decaux, I. (2002).** Phytothérapie : mode d'emploi. *Le Bien Public*, 6-7.
- **Diallo, D., Sanogo, R., Yasambou, H., Traoré, A., Coulibaly, K., & Maïga, A. (2004).** Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10-11), 1073-1080.
- **Djerbi, M. (1994).** Précis de phoeniciculture. *Ed. FAO, Rome*, 24(4).
- **Document CAPSULCN. 2019.** Capsule disintegration time limit. <https://www.capsulcn.com/capsule-disintegration-time-limit> consulté le 24 septembre 2023.
- **El Hadj, M. O., Sebihi, A. H., & Siboukeur, O. (2001).** Qualité Hygiénique et Caractéristiques Physico-Chimiques du Vinaigre Traditionnel de Quelques Variétés de Dattes de la Cuvette de Ourgla. *Rev Energ Ren Prod Valoris-Biomasse*, 6, 87-92.
- **Elqaj, M., Ahami, A., & Belghyti, D. (2007).** La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. *Journée scientifique "ressources naturelles et antibiotiques"*. Maroc.
- **El-Sharnouby, GA, Al-wesali, MS et Al-Shathri, AA (mai 2007).** Effet de certaines méthodes de séchage sur la qualité de la poudre de fruits de palmier dattier. Dans *le quatrième symposium sur le palmier dattier en Arabie saoudite, Université King Faisal, Alahsa*
- **Elwakeel, AE, Tantawy, AA, Alsebiey, MM et Elliby, AK (2022).** Les systèmes de séchage des dattes : un examen critique. *Journal Al-Azhar de génie agricole*, 2 (2), 26-36.
- **Espiard, E. (2002).** *Introduction à la transformation industrielle des fruits [Texte imprimé]*. Éd. Tec & Doc.
- **Estanove, P. (1990).** Note technique : Valorisation de la datte. CIHEAM-IAMM.
- **Fadlaoui, S. (2017).** *Application de la technique de modélisation de l'architecture du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) pour la caractérisation des cultivars* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- **Farahnaky, A., Mardani, M., Mesbahi, G., Majzoobi, M., & Golmakani, M. T. (2018).** Some Physicochemical Properties of Date Syrup, Conc entrate, and Liquid Sugar in Comparison with Sucrose Solutions.
- **Fatmi w, yuva Bellik, nasredine mekhokh, yasmina souagui, taqiyedine bensouilah, hassina gargour. (2022).** Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of *Artemisia Herba-Alba* and *Olea Europaea* L. Leaf Extracts Growing in the Northeast of Algeria. *Indian Journal of Novel Drug Delivery*, 14(3), 149-158.
- **Fouché, J. G., Marquet, A., & Hambuckers, A. (2000).** Les plantes médicinales de la plante au médicament ; Observatoire du Monde des Plantes ; Sart-Tilman, B77. B-4000 Liège.
- **Gharabi Z Sand RL (2008).** *Artemisia herba alba* Asso. *A Guide to Medicinal Plants in North Africa*: 49 - 49.

- **Gualtieri, M., & Rapaccini, S. (1990).** Date stones in broiler is feeding. *Tropicultura*, 8(4), 165-168
- **Hasan, F., Nazir, A., Sobti, B., Tariq, H., Karim, R., Al-Marzouqi, A. H., & Kamal-Eldin, A. (2022).** Dehydration of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) for the production of natural sweet powder. *NFS Journal*, 27, 13-20.
- **Inyang, UE, Oboh, IO et Etuk, BR (2018).** Modèles cinétiques pour les techniques de séchage – matériaux alimentaires. *Avancées en génie chimique et en science*, 8 (02), 27.
- **Jafari, S., Jafari, SM, Ebrahimi, M., Kijpatanasilp, I. et Assatarakul, K. (2023).** Aperçu d'une décennie et perspectives de l'encapsulation par séchage par pulvérisation de bioactifs issus de produits à base de fruits : caractérisation, application alimentaire et digestion gastro-intestinale in vitro. *Hydrocolloïdes alimentaires*, 134, 108068.
- **Jeretiens, 2020.** « Image des gélules est capsules ». <http://www.jeretiens.net> consulté le 14 septembre 2023.
- **Khenfar, B. (2004).** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologiques de quatre cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de droh (Wilaya de Biskra). *Mémoire d'Ingénieur. Département d'agronomie. Batna.*
- **Kendri, S. (1999).** Caractéristiques biochimiques de la biomasse". *Saccharomyces cerevisiae*.
- **Lee, E., Jung, H. S., & Jang, J. A. (2023).** Consumers' perceptions of dietary supplements before and after the COVID-19 pandemic based on big data. *Journal of Nutrition and Health*, 56(3), 330-347.
- **Manaa, S., Younsi, M. et Moumami, N. (2013).** Etude des méthodes de séchage des dattes ; passer en revue les méthodes traditionnelles de séchage dans la région de Touat Wilaya d'Adrar-Algérie. *Procedia énergétique*
- **Manickavasagan, A., Thangavel, K., Dev, SR, Delfiya, DA, Nambi, E., Orsat, V. et Raghavan, GSV (2015).** Caractéristiques physicochimiques de la poudre de dattes produite dans un séchoir par pulvérisation à l'échelle pilote. *Technologie de séchage*, 33 (9), 1114-1123.
- **Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, DS, González, Z. et Ruales, J. (2021).** Encapsulation de composés bioactifs à partir de sous-produits de fruits et légumes pour application alimentaire – Une revue. *Tendances en science et technologie alimentaires*, 116, 11-23.
- **Matallah, M. A. A. (2004).** Contribution à l'étude de la conservation des dattes de la variété Deglet-Nour: Isotherme d'adsorption et de désorption. *Mémoire. Ing. Agro, INA El Harrach. Alger.*
- **Megdoud, D., Galouz, MS, Rahal, S. et Benamara, S. (2022).** Évaluation préliminaire de la stabilité de la couleur des comprimés de dattes. *Systèmes alimentaires*, 5 (1), 10-13.
- **Menegassi, B., Scagliusi, F. B., Nardocci, M., & Moubarac, J. C. (2020).** El estado de conocimiento d'adultos brasileños con respecto a la clasificación NOVA de alimentos. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 950-959.

- **Moulay, H. (2003).** Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc. *INRA Editions. p, 160.*
- **Mousavi, T., Rafiei, A., & Yoosefpour, M. (2014).** Nutritional value and health benefits of dates according to islamic recourses and traditional medicine. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 24(117), 247-265.*
- **Munier, P. (1973).**Le palmier dattier-technique agricole et production tropicales. France maisonneuve et larousse.
- **Nabli, M. A. (1989).** *Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes.* Faculté des Sciences de Tunis.
- **Noui, Y. (2007).** *Caractérisation physico-chimique comparative des deux principaux tissus constitutifs de la pulpe de datte Mech-Degla* (Doctoral dissertation, Boumerdes, Université M'hamed Bougara. Faculté des sciences de l'ingénieur).
- **Nutriperfs, 2016.** « Image des compléments alimentaires sous forme de poudre ». <http://www.nutriperfs.fr> consulté le 14 septembre 2023.
- **Orege, J. I., Adeyemi, S. B., Tihamiyu, B. B., Akinyemi, T. O., Ibrahim, Y. A., & Orege, O. B. (2023).** Artemisia and Artemisia-based products for COVID-19 management: current state and future perspective. *Advances in Traditional Medicine, 23(1), 85-96.*
- **Oualikene, S. (2009).** Les fondements explicatifs du mode d'organisation de l'économie nationale Algérienne a la veille de l'indépendance. *Revue CAMPUS, (14), 12-33.*
- **Pelt, J. M. (1980).** Les drogues, leur histoire, et leurs effets, Edition Doin. *Paris, 221p.*
- **Peyron, G. (2000).** Cultiver le palmier-dattier. *Cultiver le palmier-dattier, 1-112.*
- **Pottier-Alapetite, G. (1981).** Flore de la Tunisie. Angiospermes-dicotyledones [...] Gamopétales.
- **porksh Proksch P ;Hansel, R. Keller, K. Rimpler, H. Schneider, G. and Hrsg (Eds.), (1992):** Artemisia. In Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis. Springer-Verlag, Berlin, pp. 357-377.
- **Razi, M. (1993).** Contribution à l'étude de la valeur nutritive du jus de datte de quatre variétés molles (Ghars, Itma, Tanslit et Takermoust) en comparaison avec le miel d'abeille. *Mémoire d'Ingénieur, ITAS, Ouargla.*
- **Reis, F. S., Barros, L., Sousa, M. J., Martins, A., & Ferreira, I. C. (2014).** Analytical methods applied to the chemical characterization and antioxidant properties of three wild edible mushroom species from Northeastern Portugal. *Food analytical methods, 7, 645-652.*
- **REKIS, A. (2021).** *Conservation des ressources phytogénétiques en Algérie. Cas des palmiers dattiers cultivés et sub-spontanés (Phoenix dactylifera L.)* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider de Biskra).
- **Saleh N A M, El- Negoumy S I, Abd-Alla, M F, Abou- Zaid M M, Dellamonica G, Chopin J (1985).** Flavonoid glycosides of *Artemisia monosperma* and *A. herba alba*. *Phytochemistry, 24: 201 - 203.*

- **Salhi, S., Fadli, M., Zidane, L., & Douira, A. (2010).** Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Mediterranean Botany*, 31, 133.
- **Sánchez-Moreno, C. (2002).** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.
- **Sansaniwal, S. K., Kumar, M., Sahdev, R. K., Bhutani, V., & Manchanda, H. (2022).** Toward natural convection solar drying of date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.): an experimental study. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 41(6), e13862.
- **Santé le figaro, 2019.** « Image des ampoules ». <http://www.sante.lefigaro.fr> consulté le 14 septembre 2023.
- **Sanz, J. F., & Marco, J. A. (1991).** New eudesmanolides related to torrentin from *Artemisia herba-alba* subsp. *valentina*. *Planta medica*, 57(01), 74-76.
- **Sauvageot, F., Barthélémy, J., Clément, J.F Danzart, M., Issanchou, S., Koster, E.P., Mac Leod, P., Nicod, H., Strigler, F., Touraille, C. (1990).** Evaluation sensorielle Manuel méthodologie. Collection sciences et techniques Agroalimentaire 2<sup>e</sup> édition, 1-345.
- **Seerangurayar, T., Al-Ismaili, AM, Jeewantha, LJ et Al-Habsi, NA (2019).** Effet des méthodes de séchage solaire sur la cinétique de couleur et la texture des dattes. *Transformation des aliments et des bioproduits*, 116, 227-239.
- **Siboukeur, O. (1997).** Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. *Mémoire de Magister, INA, El Harrach, Alger*.
- **Siddiqui, M. W., Chakraborty, I., Ayala-Zavala, J. F., & Dhua, R. S. (2011).** Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review.
- **Steingass, CB, Vollmer, K., Metwali, EM, Kadasa, NM, Almaghrabi, OA, Schweiggert, R. et Carle, R. (2020).** Modèles de chlorophylle et de caroténoïdes des fruits de dattes du Moyen-Orient (*Phoenix dactylifera*) à différents stades de maturité. *Int. J. Agric. Biol*, 23, 845-850.
- **Synonyme u mot.** « Quels sont les bienfaits du sirop de datte ? ». <http://www.synonyme-du-mot.com> consulté le 16 septembre 2023.
- **Takounadi, E., Boroze, T. E. T., & Azouma, O. Y. (2018).** Development of an intermittent drying process of onion. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1422225.
- **Tita-Goldstein, A. (2013).** *Mise en forme des poudres par compression : influence du procédé et de la formulation pour la maîtrise des propriétés d'usage* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- **TourerN, G. (1967).** Le palmier dattier culture et production. *Al awamia*.
- **Uchoi, J., Nikhumbhe, P. H., Kumar, A., Patidar, A., & Harish, G. D. (2020).** Impact of inclined solar drier for dehydration quality in khadrawy dates during doka maturity stage at northwestern arid India.

## Références Bibliographiques

---

- **Valette, J. (1988).** *Les compléments alimentaires (définition, aspects réglementaires, cas pratique : un médicament qui évolue en complément alimentaire)* (Doctoral dissertation, UNIVERSITÉ DE LIMOGES).
- **Valnet, J. (1983).** Traitement des maladies par les plantes. *Maloine SA, Paris*, vol 1, 942p.
- **VIDAL, 2011.** « Les compléments alimentaires sont-ils des médicaments ? ». <http://www.vidal.fr> consulté le 14 septembre 2023.
- **WALLARD, M. (2021).** A., membre de Jury, T., & ADAWI, M. R. Mémoire de fin d'étude.
- **Wang, C. Y., & Singh, R. P. (1978).** Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 11(6), 668-672.
- **Yaldyz, O., & Ertekyn, C. (2001).** Thin layer solar drying of some vegetables. *Drying Technology*, 19(3-4), 583-597.

# *Annexes*

## Annexe 1 : Fiche de dégustation pour l'évaluation sensorielle

Questionnaire

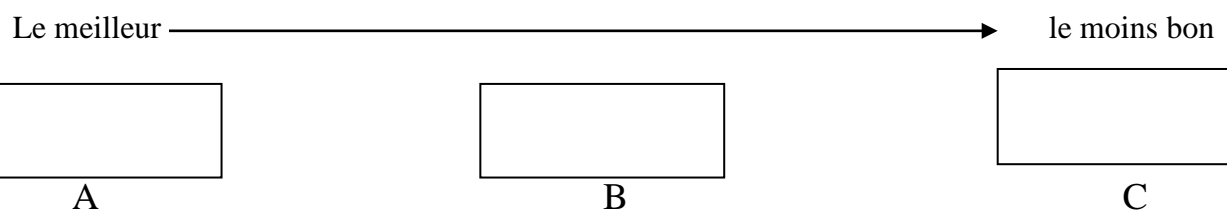
Date :

Nom :

Prénom :

Age :

Classer les trois produits suivants par ordre décroissant de préférence du meilleur au moins bon du point de vue goût



Annexe 2 : Table du  $\chi^2$

STATIS

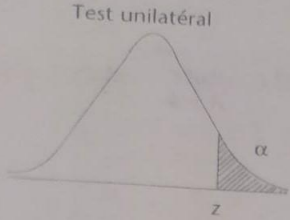
T A B L E 5

TABLE DU  $\chi^2$

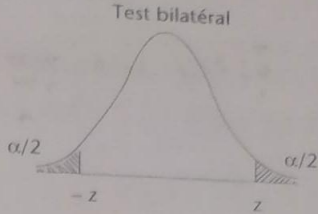
DDL $\alpha$	10 %	5 %	2,5 %	1 %	1 ‰
1	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	9,24	11,07	12,83	15,09	20,52
6	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	12,02	14,07	16,01	18,47	24,32
8	13,36	15,51	17,53	20,09	26,13
9	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	17,27	19,67	21,92	24,72	31,26
12	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	23,54	26,30	28,84	32,00	39,25
17	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	25,99	28,87	31,53	34,80	42,31
19	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	28,41	31,41	34,17	37,57	45,32
21	29,61	32,67	35,48	38,93	46,80
22	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	33,20	36,41	39,37	42,98	51,18
25	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26	35,56	38,88	41,92	45,64	54,05
27	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

### Annexe 3 : la table gaussienne

TABLE 4  
TABLES DE LA LOI NORMALE N(0,1)



Test unilatéral



Test bilatéral

Test unilatéral			Test bilatéral		
$z$	$\alpha$	$z$	$\alpha$	$z$	$\alpha$
0,00	0,5000	1,00	0,1587	2,00	0,0228
0,02	0,4920	1,02	0,1539	2,02	0,0217
0,04	0,4840	1,04	0,1492	2,04	0,0207
0,06	0,4761	1,06	0,1446	2,06	0,0197
0,08	0,4681	1,08	0,1401	2,08	0,0188
0,10	0,4602	1,10	0,1357	2,10	0,0179
0,12	0,4522	1,12	0,1314	2,12	0,0170
0,14	0,4443	1,14	0,1271	2,14	0,0162
0,16	0,4364	1,16	0,1230	2,16	0,0154
0,18	0,4286	1,18	0,1190	2,18	0,0146
0,20	0,4207	1,20	0,1151	2,20	0,0139
0,22	0,4129	1,22	0,1112	2,22	0,0132
0,24	0,4052	1,24	0,1075	2,24	0,0125
0,26	0,3974	1,26	0,1038	2,26	0,0119
0,28	0,3897	1,28	0,1003	2,28	0,0113
0,30	0,3821	1,30	0,0968	2,30	0,0107
0,32	0,3745	1,32	0,0934	2,32	0,0102
0,34	0,3669	1,34	0,0901	2,34	0,0096
0,36	0,3594	1,36	0,0869	2,36	0,0091
0,38	0,3520	1,38	0,0838	2,38	0,0087
0,40	0,3446	1,40	0,0808	2,40	0,0082
0,42	0,3372	1,42	0,0778	2,42	0,0078
0,44	0,3300	1,44	0,0749	2,44	0,0073
0,46	0,3228	1,46	0,0721	2,46	0,0069
0,48	0,3156	1,48	0,0694	2,48	0,0066
0,50	0,3085	1,50	0,0668	2,50	0,0062
0,52	0,3015	1,52	0,0643	2,52	0,0059
0,54	0,2946	1,54	0,0618	2,54	0,0055
0,56	0,2877	1,56	0,0594	2,56	0,0052
0,58	0,2810	1,58	0,0571	2,58	0,0049
0,60	0,2743	1,60	0,0548	2,60	0,0047
0,62	0,2676	1,62	0,0526	2,62	0,0044
0,64	0,2611	1,64	0,0505	2,64	0,0041
0,66	0,2546	1,66	0,0485	2,66	0,0039
0,68	0,2483	1,68	0,0465	2,68	0,0037
0,70	0,2420	1,70	0,0446	2,70	0,0035
0,72	0,2358	1,72	0,0427	2,72	0,0033
0,74	0,2296	1,74	0,0409	2,74	0,0031
0,76	0,2236	1,76	0,0392	2,76	0,0029
0,78	0,2177	1,78	0,0375	2,78	0,0027
0,80	0,2119	1,80	0,0359	2,80	0,0026
0,82	0,2061	1,82	0,0344	2,82	0,0024
0,84	0,2005	1,84	0,0329	2,84	0,0023
0,86	0,1949	1,86	0,0314	2,86	0,0021
0,88	0,1894	1,88	0,0301	2,88	0,0020
0,90	0,1841	1,90	0,0287	2,90	0,0019
0,92	0,1788	1,92	0,0274	2,92	0,0018
0,94	0,1736	1,94	0,0262	2,94	0,0016
0,96	0,1685	1,96	0,0250	2,96	0,0015
0,98	0,1635	1,98	0,0239	2,98	0,0014

## Résumé

Le but du présent est un essai d'obtention, pour la première fois à notre connaissance : i) de comprimés et de gélules alimentaires à partir de la poudre du fruit de dattes *Degla-Beida* (PFD) traités par séchage solaire direct et additionnée d'un extrait sec d'armoise (*Herba alba*), et ii) d'un sirop de dattes obtenu par diffusion à froid suivie d'une concentration au bain-marie, le produit fini étant aussi envisagé comme support du même extrait sec d'armoise utilisé dans les deux formulations précédentes. Les résultats obtenus montrent que la cinétique de séchage solaire est correctement décrite par le modèle de Newton ( $R^2= 0,970$ ). De plus, les deux parties principales de la courbe de variation de l'hygroscopicité de la PFD en fonction du temps sont convenablement décrites par un modèle polynomial ( $R^2=0,974$  pour la 1<sup>er</sup> partie et  $R^2=0,996$  pour la 2<sup>ème</sup> partie). L'étude révèle aussi que l'encapsulation de la PFD enrichie avec un extrait sec d'armoise est possible et peut représenter, dans certaines circonstances, une alternative intéressante aux comprimés et au sirop lorsque le masquage de l'amertume de l'extrait d'armoise s'impose. Tenant compte de l'intérêt socio-économique de la thématique abordée, nous espérons voir cette étude approfondie du point de vue de: i) l'optimisation du processus de compression de la PFD qui n'a, présentement, pas réussi, et ii) l'activité biologique des compléments considérés.

**Mots clés :** Armoise, complément alimentaire, comprimé, Fruit de datte, gélule, poudre, séchage solaire, sirop.

## Abstract

The purpose of this study is an attempt to obtain, for the first time to our knowledge: i) food tablets and capsules from the powder of Degla-Beida date fruit (PFD) treated by direct solar drying and supplemented with a dry extract of wormwood (*Herba alba*), and ii) date syrup obtained through cold diffusion followed by a stovetop concentration, with the finished product also being considered as a carrier for the same dry wormwood extract used in the two previous formulations. The results obtained indicate that the kinetics of solar drying are accurately described by the Newton model ( $R^2= 0.970$ ). Furthermore, the two main parts of the variation curve of PFD's hygroscopicity over time are adequately described by a polynomial model ( $R^2=0.974$  for the first part and  $R^2=0.996$  for the second part). The study also reveals that encapsulating PFD enriched with a dry wormwood extract is possible and may, in certain circumstances, offer an interesting alternative to tablets and syrup when masking the bitterness of the wormwood extract is necessary. Considering the socio-economic relevance of the topic addressed, we hope to see this study further explored from the perspectives of: i) optimizing the PFD compression process, which has not succeeded at present, and ii) the biological activity of the considered supplements.

**Keywords:** Wormwood, dietary supplement , tablet , date fruit, capsule, powder, solar drying, syrup.