



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de La recherche scientifique



UNIVERSITE AMAR TELIDJI –LAGHOUCAT-

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

## Mémoire de Master

Présenté par : KORICHI Sadek

FERHAT Farouk Taki Elddine

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

## Thème

# Optimisation du processus de formation du chocolat pate a tartine

## Jury de soutenance:

Nom et prénom	Grade	Qualité
M. Adamou Ala-eddine	Professeur	Président
Mme. Amrani Ouarda	MCB	Examinatrice
Mme. Menasra Amina	MCB	Promotrice
M. Asseli Brahim	Docteur	Co-promoteur

Année Universitaire : 2022- 2023.

## *Remerciement*

*Nous exprimons tout d'abord notre gratitude envers Allah, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé le courage, la volonté, l'amour de la connaissance et surtout la patience nécessaire pour accomplir nos réalisations.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements, accompagnés d'un profond respect, à notre encadreur, Mme. Menasra Amina.*

*Nous elle suit reconnaissants d'avoir placée sa confiance en nous et de nous avoir proposé ce sujet, ainsi que d'avoir accepté de nous encadrer. Nous apprécions son suivi attentif, sa patience, ses conseils précieux et son assistance tout au long du processus.*

*Nous tenons à remercier L'ensemble des membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail  
Mes remerciements à Madame Amrani Ouarda pour son encouragement et ses remarques pertinentes. et pour m'avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.*

*Monsieur ADAMOUE Ala-Eddine qui nous fait l'honneur a accepté de présider notre travail.*

*Nous tenons à remercier aussi toute l'équipe du laboratoire agroalimentaire pour leurs aides.*

*Nos remerciements les plus distingués vont à notre chef de département Mr. Ben chettouh.*



# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mes chers parents pour tous ses sacrifices, ses encouragements et à qui ce travail revient en premier.*

*À Mes chères sœurs Kḥadidja , Zahra et Houḍa.*

*À Mon frère Hassen et sa femme Wahiba Saoula.*

*À Nos petits-enfants : Djihane, Islam, Taha, Djoumana, Djaouad, Ryade et Siradj.*

*Aux familles Korichi et Zahouane.*

*À mes chères amies: Farouk, Abd elkader, Abd elrazak, Bobakeur, Lezhari, Zohir, Youcef, Hichame, Mekadame, Abdou et Fouzi*

*Merci à tous.*



**SADEK**

## *Dédicace*

*Je dédie cette modeste œuvre :*

*À mon regretté père, que Dieu ait son âme, qui m'a soutenu, encouragé et lutté pour moi depuis mon enfance, et les mots ne suffisent pas pour exprimer ma gratitude envers.*

*À ma chère mère, la compagne de tous les succès que j'ai réalisés dans ma vie, et qui m'a soutenu tout au long de mon parcours avec les sacrifices qu'elle a faits et ses précieux conseils.*

*Je tiens à remercier mes sœurs Nadine, Sereine et Noor pour leur soutien, leur participation et leur aide dans la fabrication du chocolat.*

*Je remercie surtout mon encadreur Amina Menasra pour son grand soutien dans ce projet.*

*Ainsi que le professeur Boumediene Abdelmadjid et le professeure Ferhat Farida pour leur soutien tout au long de ma période universitaire.*

*Je remercie également mon cousin Azzedine Chettih et tous mes parents, cousins, cousines, oncles et tantes.*

*Je remercie mon collègue de travail Korichi Sadek, et tous mes camarades de classe pendant mon parcours universitaire.*

*A toute la promotion master 2 ACQ.*

*Tous les enseignants qui m'ont guidé tout au long de mon parcours scolaire, de l'école primaire à l'université*

*Farouk Takı Eldine*

## Résumé

### Résumé

Le but de ce travail consiste à optimiser la formulation de chocolat 'pate a tartiner' par l'estimation de l'effet d'addition de poudre de dattes *Mech Degla* et l'influence des températures de cuisson sur leurs propriétés physicochimiques et organoleptiques. Ces propriétés ont été déterminées principalement par le dosage des différents composés (humidité, cendres, sucres totaux, polyphénols ...) avec l'évaluation de quelques propriétés sensorielles (goût, couleur, texture, odeur ...). Dans ce cadre, on a utilisé la méthodologie de surface de réponse 'RSM' en adoptant un plan composite centré 'CCD' pour l'optimisation de la formulation et de la cuisson de chocolat. Le modèle est significatif car les valeurs des  $R^2$  sont proches à 0.90. Il s'est avéré que la poudre de dattes et la température de cuisson ont des effets significatifs sur l'ensemble des composants de la qualité physicochimique et organoleptique de chocolat élaboré. Les proportions optimales pour l'élaboration de chocolat 'pate à tartiner' de bon goût, réduit en sucre, riche en minéraux, en polyphénols avec une grande activité antioxydante sont 25% et 30% pour la poudre de dattes avec une cuisson à une température égale à 45 °C.

**Mots clé :** Formulation, Chocolat, Dattes, Optimisation, Température, Cuisson, Qualité.

### Abstract

The aim of this work is optimize the formulation of chocolate spread by estimating the effect of date '*Mech Degla*' powder addition and the influence of cooking temperatures on their physicochemical and organoleptic properties. These properties were determined mainly by dosage of different compounds (moisture, ash, total sugars, polyphenols, ...) with evaluation of some sensory properties (taste, color, texture, smel....). In this context, we used the methodology of response surface 'RSM' by adopting a centered composite plan 'CCD' for optimization of formulation and the baking of chocolate. The model is significant because the  $R^2$  values are close to 0.90. It turned out that date powder and cooking temperature have significant effects on all components of physicochemical and organoleptic quality of produced chocolate. The optimal proportions for elaboration of chocolate has a good taste, reduced in sugar, rich in minerals and polyphenols with a great antioxidant activity are 25% and 30% for date powder with a cooking at a temperature equal to 45°C.

**Keywords:** Formulation, Chocolate, Date, Optimization, Temperature, Cooking, Quality.

### ملخص

الهدف من هذا العمل هو تحسين تحضير شوكولاتة الطلي من خلال تقدير تأثير إضافة مسحوق التمر 'مش دقلة' وتأثير درجات حرارة الطهي على خصائصها الفيزيائية، الكيميائية والحسية. تم تحديد هذه الخصائص بشكل أساسي من خلال تقدير نسبة المركبات المختلفة (الرطوبة، المعادن، السكريات الكلية، البوليفينول، إلخ) مع تقييم بعض الخصائص الحسية (الطعم، اللون، الملمس، الرائحة، إلخ). في هذا السياق، استخدمنا منهجية سطح الاستجابة من خلال اعتماد خطة مركبة مركزية. اتضح أن مسحوق التمر ودرجة حرارة الطهي لهما تأثير كبير على جميع مكونات الجودة الفيزيوكيميائية والحسية للشوكولاتة المحضرة. النسب المثلى لتحضير شوكولاتة طلي ذات مذاق جيد، مخفضة السكر، غنية بالمعادن و البوليفينول ذات فعالية مضادة للأكسدة كبيرة هي 25% و 30% لمسحوق التمر مع طبخه على درجة حرارة تساوي 45 درجة مئوية

**الكلمات المفتاحية:** تركيبة، شوكولاتة، تمر، تحسين، درجة الحرارة، طبخ، الجودة

## Table des matières

Remerciement	2
Dédicace	3
Dédicace	4
Résumé	5
Table des matières	6
Liste des Tableaux	9
Liste des Figures	10
Introduction	1
Partie I: Synthèse bibliographique	3
1. Généralités sur le chocolat	3
1.1. Définition	3
1.2. Les différentes formes de chocolats	3
1.3. Les différents types de chocolats	3
1.4. Composition du chocolat	4
1.5. Propriétés physique et bactériologiques de chocolat	7
1.5.1. Caractéristiques physiques	7
1.5.2. Caractéristiques bactériologiques	7
1.6. Procédure de fabrication de chocolat	7
1.7. Commercialisation de chocolat	9
1.8. Les biens faits du chocolat sur la santé	11
2. Généralités sur le palmier dattier	11
2.1. Définition	11
2.2. Production de la datte en Algérie	12
2.3. Les différentes classes des dattes	12
2.4. Les principales variétés des dattes en Algérie	12
2.5. Caractéristiques de la variété « <i>Mech- Degla</i> »	13
2.5.1. Cultivar	13
2.5.2. Composition	13
2.6. Intérêt nutritionnel et diététique de la datte	13
2.7. Transformation de la datte	14
3. Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation	15
3.1. Définition de l'optimisation	15

3.2. Méthodologie de surface de réponse	15
3.2.1. Définition de (RSM)	15
3.2.2. Définition de certains termes	16
3.2.3. Étapes pour l'application RSM	18
<b>Partie II: Matériels et méthodes</b>	<b>19</b>
1. Matière première	19
2. Equipements et réactifs	20
3. Obtention de la poudre des dattes	20
4. Préparation des pâtes à tartines	22
5. Analyse physicochimiques	23
5.1. Détermination de la teneur en eau (AOAC, 1998)	23
5.2. Taux de cendres (AOAC, 1998)	24
5.3. Détermination de degré Brix (CRC, 2006)	25
5.4. Potentiel Hydrogène (pH) : (Méthode OICCC n° 9, 1963)	26
5.5. Détermination de l'acidité : (JORA, 2015).	26
5.7. Détermination de l'indice de peroxyde (AFNOR, 2000)	27
5.8. Dosage des sucres totaux	28
5.9. Détermination de la teneur en polyphénols totaux	28
5.10. Evaluation de l'activité antioxydante	29
6. Analyse sensorielle	31
7. Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation	33
7.1. Plan d'expérience de type composite centré (Central Composite Design CCD) à deux facteurs.	33
7.2. Modélisation de la réponse	34
7.3. Niveaux des variables	34
7.4. Détermination des variables réelles	35
7.4.1. Pourcentage de poudre de datte	35
7.4.2. Température de cuisson	35
8. Analyse statistique	36
<b>Partie III: Résultats et discussions</b>	<b>37</b>
1. Matière première	37
2. Propriétés physico-chimiques des chocolats pâtes à tartiner'	39
2.1. Teneur en eau :	39
2.2. Potentiel Hydrogène (pH)	41

2.3. Taux des cendres	42
2.4. Acidité titrable	44
2.5. Degrés de Brix :	46
2.6. Indice de peroxyde :	47
2.7. Sucres totaux	49
2.8. Teneur en polyphénols:	51
2.9. Activité antioxydante par effet du radical DPPH	53
3. Propriétés organoleptiques des chocolats pâtes à tartiner'	55
3.1. Teste de classement (Agréabilité)	55
3.2. Teste hédonique	57
4. Optimisation par plan d'expériences de la formulation de chocolat	59
4.1. Ajustement du modèle	59
4.2. Chocolats optimaux	60
<b>Conclusion</b>	<b>63</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>65</b>

Liste des Tableaux

Titre	page
<b>Tableau 1:</b> Composition nutritionnelle du chocolat	<b>06</b>
<b>Tableau 2:</b> Caractéristiques de la variété « Mech-Degla »	<b>13</b>
<b>Tableau 3 :</b> Valeur énergétique de quelques fruits en Kcal/100g de pulpe	<b>14</b>
<b>Tableau 4:</b> Matériel utilisé lors du travail	<b>20</b>
<b>Tableau 5 :</b> Formulation des chocolats préparés	<b>23</b>
<b>Tableau6 :</b> Matrice d'expérience du plan composite centré à deux facteurs	<b>34</b>
<b>Tableau 7 :</b> Variables et leurs niveaux pour le plan central composite	<b>35</b>
<b>Tableau 8:</b> Facteurs, niveaux et valeurs fondamentales utilisés dans le modèle composite central (CCD) pour les chocolats enrichis et cuits aux différentes températures.	<b>36</b>
<b>Tableau 9:</b> Caractérisations physicochimiques de la dattes Mech Degla.	<b>37</b>
<b>Tableau 10 :</b> La teneur en eau des chocolats fabriqués.	<b>39</b>
<b>Tableau 11:</b> Les valeurs de pH des chocolats préparés.	<b>41</b>
<b>Tableau 12:</b> Taux des cendres dans la chocolat pâte à tartiner' fabriqués.	<b>43</b>
<b>Tableau 13 :</b> Acidité des chocolats préparés.	<b>45</b>
<b>Tableau 14 :</b> Degrés Brix des chocolats préparés.	<b>46</b>
<b>Tableau 15 :</b> Indice de peroxyde des chocolats analysés.	<b>48</b>
<b>Tableau 16 :</b> Teneur en sucres totaux des chocolats préparés.	<b>50</b>
<b>Tableau 17 :</b> Teneur en polyphénols des chocolats analysés.	<b>51</b>
<b>Tableau 18 :</b> Activité anti-oxydante des extraits des chocolats élaborés.	<b>53</b>
<b>Tableau 19 :</b> Données du test de classement par rang d'acceptation de chocolat témoin et des chocolats enrichis en poudre de dattes.	<b>55</b>
<b>Tableau 20:</b> La différence entre les paires des chocolats préparés.	<b>56</b>
<b>Tableau 21 :</b> Propriétés sensorielles de chocolat témoin et des chocolats enrichis en poudre de dattes.	<b>57</b>
<b>Tableau 22 :</b> Paramètres d'analyse de la variance (ANOVA) du test de traçage pour la formule des surfaces de réponse des chocolats enrichis en différents pourcentages de poudre de dattes et cuits aux différentes températures.	<b>59</b>
<b>Tableau 23 :</b> Optimisation la formulation des chocolats pâte à tartiner' enrichis en dattes.	<b>60</b>
<b>Tableau 24 :</b> Modèles expérimentaux d'optimisation de la formulation.	<b>61</b>

## Liste des Figures

Titre	Page
<b>Figure 1</b> : Composition moyenne des chocolats en tablette pour 100g.	<b>04</b>
<b>Figure 2</b> : Diagramme de fabrication du chocolat	<b>09</b>
<b>Figure 3</b> : Consommation de chocolat dans le monde en 2017	<b>10</b>
<b>Figure 4</b> : Représentation schématique des différents termes du RSM	<b>17</b>
<b>Figure 5</b> : Photographie originale montrant la datte ( <i>Mech Degla</i> ).	<b>19</b>
<b>Figure 6</b> : Diagramme de l'obtention de poudre de la datte ( <i>Mech Degla</i> ).	<b>21</b>
<b>Figure 7</b> : Diagramme de préparation de chocolat 'pâte à tartiner' enrichi en datte	<b>22</b>
<b>Figure 8</b> : Photographie originale montrant le Refractomètre	<b>25</b>
<b>Figure 9</b> : Photographie originale montrant le pH-mètre.	<b>26</b>
<b>Figure 10</b> : Photographie originale montrant le spectrophotomètre	<b>31</b>
<b>Figure 11</b> : Photographie originale montre les échantillons de chocolats préparés lors l'analyse sensorielle	<b>31</b>
<b>Figure 12</b> : Photographie originale montre les étudiantes faisant une analyse sensorielle	<b>32</b>
<b>Figure 13</b> : Échelle faciale à neuf points utilisée pour la catégorisation hédonique des chocolats préparés.	<b>33</b>
<b>Figure 14</b> : Teneur moyenne en eau des chocolats fabriqués	<b>40</b>
<b>Figure 15</b> : Les résultats du pH des chocolats analysés.	<b>41</b>
<b>Figure 16</b> : Taux des cendres des chocolats analysés.	<b>43</b>
<b>Figure 17</b> : Acidité des chocolats analysés	<b>45</b>
<b>Figure 18</b> : Degrés de Brix des chocolats analysés	<b>47</b>
<b>Figure 19</b> : Résultats d'indice de peroxyde des chocolats analysés	<b>48</b>
<b>Figure 20</b> : Teneur en sucres totaux des chocolats préparés	<b>50</b>
<b>Figure 21</b> : Teneur en polyphénols des chocolats analysés.	<b>52</b>
<b>Figure 22</b> : Activité antioxydante des extraits des chocolats préparés.	<b>53</b>
<b>Figure 23</b> : Résultats du test de dégustation des chocolats élaborés.	<b>56</b>
<b>Figure 24</b> : Profils sensoriels de chocolat témoin et des chocolats enrichis en poudre de datte.	<b>58</b>

# **INTRODUCTION**

### Introduction

Le chocolat est l'un des produits alimentaires les plus populaires et les plus consommés à travers le monde. Il est fabriqué en mélangeant de la masse de cacao, du beurre de cacao et du sucre (Fitriani Nur et al. 2020).

Le chocolat 'pâte à tartiner' est une pâte à saveur sucré qui est principalement étalée sur du pain, des beignets, des toasts ; des crêpes et d'autres produits céréaliers similaires (Arif et al., 2019). La pâte à tartiner contient généralement du cacao et de l'huile de palme et parfois aussi de beurre, du lait, du sucre et des arômes supplémentaires. Il y a eu une croissance significative des ventes des tartines au chocolat au cours de ces dernières années et elles sont devenues le deuxième choix le plus populaire pour la tartine ; la pâte à tartiner au chocolat fait partie intégrante de chaque petit-déjeuner. Ainsi, si bien que cet aliment est riche en nutriments essentiels sa consommation doit être modérée et régulée (Mardsukling, 2015).

À l'heure actuelle, le secteur agroalimentaire cherche de plus en plus à formuler et à élaborer des produits plus sains et biologiques. Les aliments modernes plus sains nécessitent des modifications de ses ingrédients et de sa formulation qui ont un impact sur sa rhéologie, sa structure, sa composition et ses bienfaits surtout (Afoakwa et al., 2009). Dans les études de recherche récentes, une tendance clé concerne les produits de confiserie qui offrent des avantages fonctionnels pour la santé et le bien-être, tels que les bonbons sans sucre et le chocolat fonctionnel (Belscak-Cvitanovic et al., 2012).

L'Algérie, par sa vaste étendue terrestre du nord au sud et de l'est à l'ouest, et par sa variation climatique, possède une flore abondante, riche et variée, une grande partie de cette surface boisée est occupée par la datte (Belouad, 2001).

Les dattes par leurs intérêts technologiques et thérapeutiques sont considérées comme des fruits à haute valeur nutritive. Ainsi, la datte est considérée comme source d'énergie où la teneur en sucres peut atteindre 88% de la matière fraîche chez certains cultivars (Chaira, 2015).

En plus de la consommation directe, la datte peut être utilisée comme matière première dans l'élaboration de nombreux produits facilement commercialisables, à savoir le sucre liquide, les pâtes de dattes, les jus, les sirops, les boissons gazeuses, la confiserie, l'alcool, le vinaigre (Chehma et Longo, 2001).

L'objectif de notre étude est d'incorporer la poudre de la datte '*Mech Degla*' de caractères nutritionnel et thérapeutique bien connus dans un produit innovant, fonctionnel, type chocolat 'pâte à tartiner'. Puis d'estimer les différentes propriétés physico-chimiques et organoleptiques de chocolat préparé avec l'optimisation de sa formulation.

Ce travail est abordé en deux parties :

- Une partie de synthèse bibliographique : renferme des généralités sur le chocolat 'pâte à tartiner' et les dattes ;
- Une deuxième partie de l'étude expérimentale : contient les différentes méthodes effectuées, ainsi que les résultats et les discussions

# **Partie I**

## **Synthèse bibliographique**

## **Partie I: Synthèse bibliographique**

### **1. Généralités sur le chocolat**

#### **1.1.Définition**

La dénomination "chocolat" est réservée aux produits de qualité loyale, saine et marchande, obtenu par le mélange de sucre et de pâte de cacao, ayant ou non fait l'objet d'un dégraissage, partiel, additionné ou non de beurre de cacao et en proportion telle que 100g de produit contiennent, sous réserve des dispositions particulières relatives au chocolat au lait et au chocolat aux noisettes, au minimum 35g de pâte de cacao, renfermant au moins 18g de beurre de cacao (**Henri et al., 1992**).

#### **1.2.Les différentes formes de chocolats**

Il existe différentes formes de chocolat :

##### **✓ Chocolat en tablette**

Ce sont globalement des mélanges de pâte de cacao auquel on ajoute en proportion variable du beurre de cacao, du sucre, du lait, des arômes, des noisettes, des amandes, des raisins secs, etc. (**Nicole, 2014**).

##### **✓ Chocolat en poudre**

Il contient 30 % de cacao et 70 % de sucre (**Nicole, 2014**).

##### **✓ Les pâtes à tartiner**

Elles sont essentiellement composées de sucre, d'huile de noisettes et de cacao. Leurs compositions se rapprochent de celle des chocolats en tablettes avec des teneurs en glucides, en lipides et en protéines plus élevées (**Nicole, 2014**).

#### **1.3.Les différents types de chocolats**

##### **✓ Chocolat blanc :**

C'est le produit obtenu à partir de beurre de cacao, de lait ou de produits laitiers et de sucre selon les pourcentages suivants : Beurre de cacao  $\geq 20\%$ , Extrait sec de lait  $\geq 14\%$  et Graisse de lait  $\geq 3,5\%$  (**Talbot, 2014**).

##### **➤ Le chocolat au lait :**

Il doit renfermer plus de 25% de cacao. Aussi, ce type de chocolat renferme le chocolat au lait nommé très luxueux (renferme plus de 30 % de cacao) et le chocolat de couverture au lait (contient moins de 25% de cacao) (Patrick et Hervé, 2008).

➤ **Le chocolat noir:**

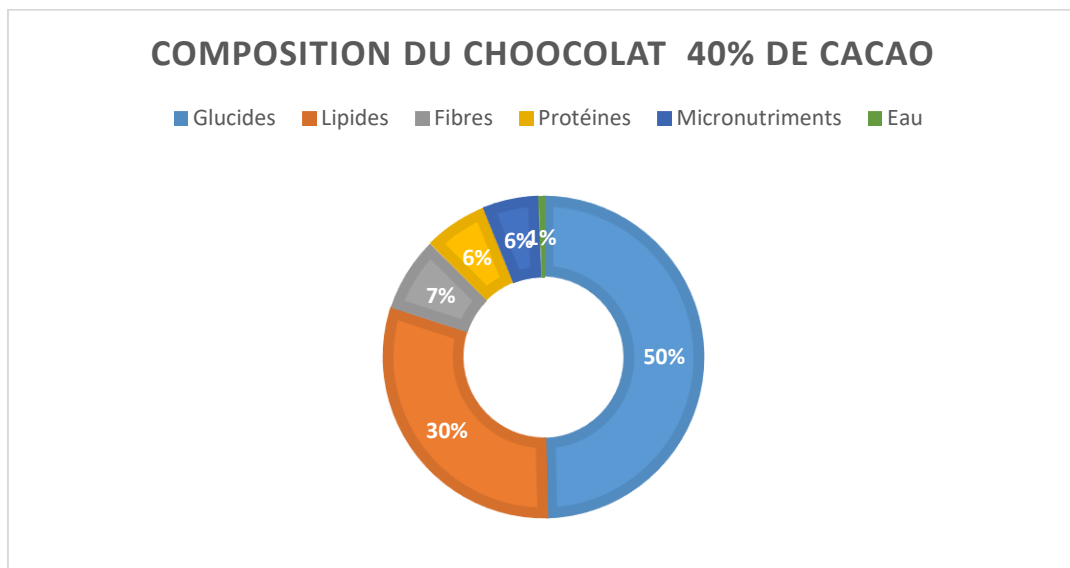
Aussi appelé chocolat fondant ou chocolat amer, c'est le chocolat à proprement parler. Il doit contenir de 35% à 75% de cacao ( Barel,2010).

➤ **Le chocolat aux noisettes**

C'est un mélange de chocolat au lait auquel il est rajouté des noisettes avec un minimum de 10% de lait et entre 20 et 40 g de noisettes (Nicole, 2014).

#### 1.4.Composition du chocolat

Le chocolat contient de 5 à 8% de protéines, 30% de lipides (61% de saturés et 39% d'acides gras insaturés, dont 36% mono-insaturés et de 3% de poly-insaturés) et 55% de glucides. Il est riche en magnésium (100 mg pour 100g), en potassium (400mg pour 100g), et en fer (8,7mg pour 100g) (ANSES, 2013).



**Figure 1 :** Composition moyenne des chocolats en tablette pour 100g. ([www.portail-du-chocolat.fr](http://www.portail-du-chocolat.fr)).

Le chocolat contient des :

✓ **Lipides :**

Les fèves de cacao contiennent environ 50 % de matières grasses. Elle est principalement composée de deux acides gras saturés (acides palmitique et stéarique) et d'un acide mono-insaturé (acide oléique)

#### ✓ **Glucides:**

La fève de cacao contient beaucoup de glucides, mais la majeure partie est constituée d'amidon, de fibres alimentaires solubles et de fibres alimentaires insolubles. Une très faible proportion est constituée de sucres simples. Le sucre est ajouté lors de la fabrication du chocolat.

#### ✓ **Composés antioxydants**

Les fèves de cacao contiennent des polyphénols aux propriétés antioxydantes bénéfiques pour la santé. Ces composés sont appelés flavonoïdes et comprennent les catéchines, les épicatechines et les procyanidines. Les flavonoïdes antioxydants se trouvent dans les parties **Caféine :**

Les fèves de cacao contiennent une très faible quantité de caféine, beaucoup moins que celle que l'on trouve dans le café, le thé et les boissons au cola.

#### - **Phényléthylamine :**

La phényléthylamine est un léger antidépresseur et un stimulant similaire à la dopamine et à l'adrénaline de l'organisme.

#### - **Sérotonine :**

Le cacao et le chocolat peuvent augmenter le niveau de sérotonine dans le cerveau. Le taux de sérotonine est souvent diminué chez les personnes souffrant de dépression.

#### ✓ **Les minéraux essentiels**

Les fèves de cacao sont riches en un certain nombre de minéraux essentiels, notamment le magnésium, le calcium, le fer, le zinc, le cuivre, le potassium et le manganèse.

#### ✓ **Vitamines**

Le chocolat (fève de cacao notamment) contient de plusieurs vitamines A, B1, B2, B3, E et l'acide pantothénique. ([www.portail-du-chocolat.fr](http://www.portail-du-chocolat.fr))

**Tableau 1:** Composition nutritionnelle du chocolat (Ciqual, 2020).

ORIGFDNM	Chocolat blanc, tablette	Chocolat au lait, tablette	Chocolat noir à 40% de cacao minimum	Chocolat noir à 70% cacao minimum
Sodium (mg/100g)	55	50,9	19,1	4,14
Magnésium(mg/100g)	26	77,7	84,2	206
Phosphore (mg/100g)	230	230	168	248
Potassium (mg/100g)	350	565	474	727
Calcium (mg/100g)	262	178	130	60
Manganèse (mg/100g)	traces	0,423	0,629	1,1
Fer* (mg/100g)	0,2	4,24	17,1	10,7
Zinc (mg/100g)	0,9	0,863	1,4	2,85
Protéines (g)	8	7,68	4,9	9,25
Sucres (g)	57,1	50,5	40,4	21,3
Energie (kcal)	551	545	526	572
Fibres (g)	0	1,2	7,3	12,6
Eau (g)	0,568	0,98	< 1,03	0,565
Lipides (g)	32	31,6	30,2	41,9
AG saturés (g/100g)	19,6	18,9	18,1	30,6
AG monoinsaturés (g/100g)	9,88	9,88	9,92	7,25
Vitamine D (mg/100g)	traces	0	< 5	-
Vitamine E (mg/100g)	1,14	0,84	0,55	0,74
Vitamine K1 (mg/100g)	-	5,7	5,6	-
Vitamine K2 (mg/100g)	-	-	1,5	-
Vitamine C (mg/100g)	0	0	< 0,5	-
Vitamine B1 (mg/100g)	0,08	0,1	0,084	0,18
Vitamine B2 (mg/100g)	0,49	0,463	0,14	0,288
Vitamine B3 (mg/100g)	0,2	0,349	0,63	0,87

Vitamine B5 (mg/100g)	0,59	0,581	0,26	0,26
Vitamine B6 (mg/100g)	0,07	0,0487	0,127	0,37
Vitamine B12 (mg/100g)	traces	0,41	0,0467	0,27
Vitamine B9 (mg/100g)	10	10,7	17	35

## 1.5. Propriétés physique et bactériologiques de chocolat

### 1.5.1. Caractéristiques physiques

Le chocolat est une matière hétérogène comportant deux phases solides non miscibles : c'est une dispersion. Les deux phases sont :

- La phase dispersée : constituée de particules solides non grasses (45% de sucre, 20% de cacao). Ces particules doivent avoir une taille  $< 25 \mu\text{m}$  pour ne pas donner de texture sableuse au chocolat.
- La phase continue : formée des graisses solides (beurre de cacao), contenant de nombreuses molécules aromatiques. ([www.wiki.scienceamusante.net](http://www.wiki.scienceamusante.net))

### 1.5.2. Caractéristiques bactériologiques

Contrairement aux autres types de chocolat, chocolat de tablette (barres de chocolat) est un produit de masse, non aéré et pauvre en humidité et donc pratiquement pas de risque d'altération, il n'y a donc pas de condition favorables au développement des microorganismes (**Nebesny et Żyżelewicz, 2006**).

## 1.6. Procédure de fabrication de chocolat

La procédure de fabrication de chocolat est constituée par différentes étapes :

### ✓ Malaxage

La pâte de cacao, maintenue fluide par la chaleur, est mélangée au beurre de cacao et au sucre en poudre (saccharose). Le tout est malaxé dans un mélangeur jusqu'à obtention d'une masse fluide et grasse. On obtient du chocolat noir. Pour fabriquer du chocolat au lait, on ajoute dans le mélangeur du lait en poudre (**Beuzard, 2003**).

### ✓ Broyage

Dans des moulins à cacao, qui donneront à la sortie une pâte assez fluide. Cette fluidité est due à la forte teneur des fèves en matière grasse (environ 50 %) : le beurre de cacao. La pâte de

cacao peut prendre ensuite deux chemins différents, selon sa destination: cacao en poudre ou chocolat. (Maria, 2005).

### ✓ **Conchage**

Le conchage intervient aussitôt après le broyage-affinage et fait du chocolat un produit stable. Cette opération s'effectue dans de grandes cuves, les conches. C'est le chocolatier suisse Rodolphe Urdt qui les inventa en 1879. Le nom conche vient de l'espagnol concha, coquillage, et fait référence à la forme première de l'appareil. En effet le conchage était autrefois effectué dans un récipient en forme de coquille.

Aujourd'hui, il existe deux types de conches:

- les conches longitudinales à l'intérieur desquelles des rouleaux de granite écrasent la pâte suivant un mouvement continu de va-et-vient.

- les conches circulaires, plus fréquentes, dotées de rotors ayant un mouvement circulaire(

**Stéphanie, 2005).**

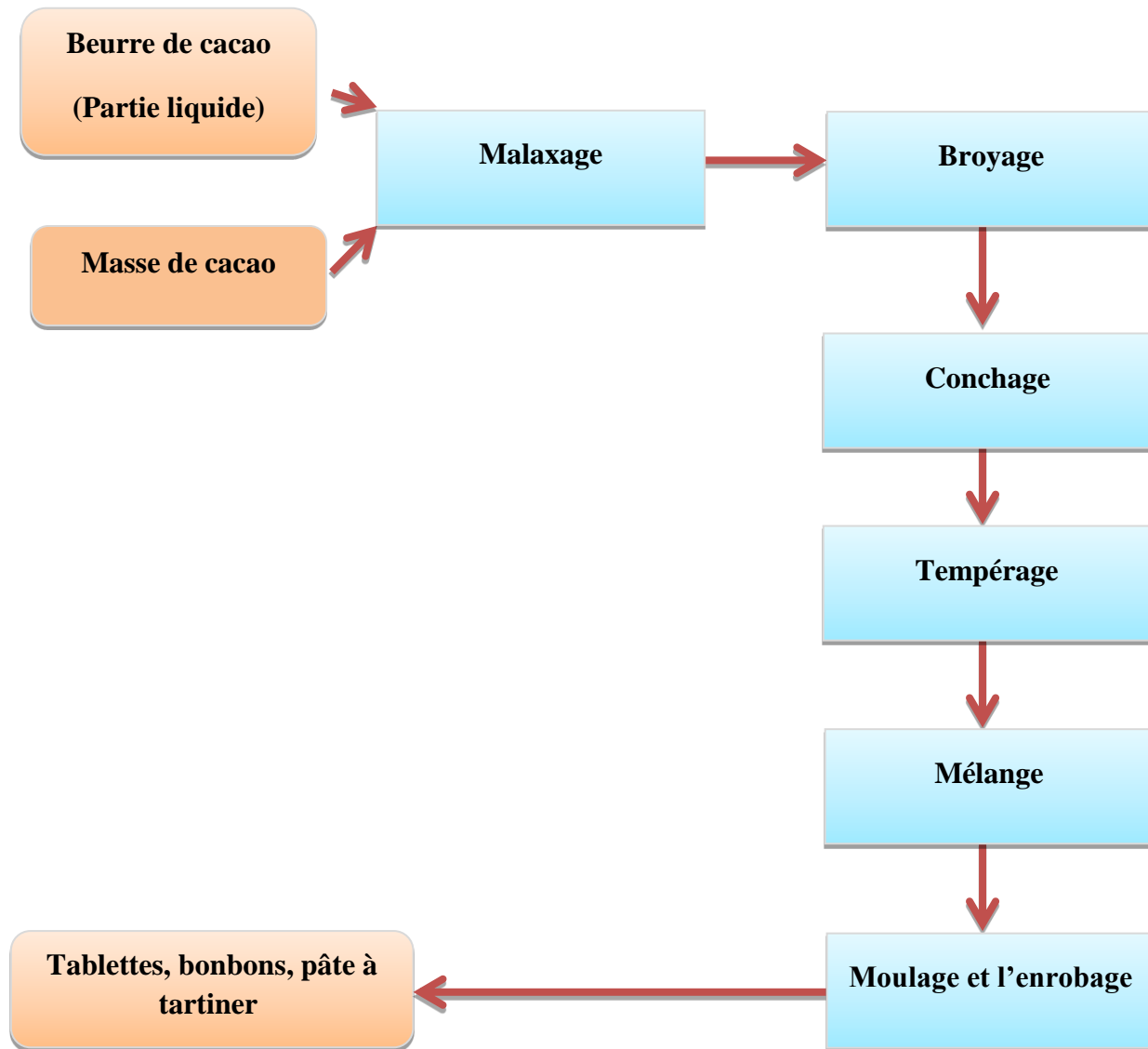
### ✓ **Le tempérage**

Avant de travailler le chocolat, qu'il soit noir ou au lait, le chocolatier doit procéder au tempérage. Cette opération complexe assure au chocolat son aspect brillant, sa « casse », sa bonne conservation, son onctuosité, ainsi que sa facilité de travail (moulage et enrobage)( **Stéphanie, 2005).**

### ✓ **Moulage**

Le tempérage a donné à la pâte de chocolat la fluidité nécessaire au moulage. Ainsi après dosage, elle est déversée dans des moules, qui sont soumis à des trépidations afin de répartir la pâte dans les moules et de chasser les bulles d'air (**Girard, 1984).**

Le schéma de la fabrication du chocolat est donné sur la figure suivante :



**Figure 2:** Diagramme de fabrication du chocolat (Bleuze et al., 2012)

### 1.7. Commercialisation de chocolat

Le marché mondial du chocolat est très dynamique en raison de la présence d'un grand nombre d'acteurs régionaux et mondiaux. Il est extrêmement compétitif, avec différents acteurs proposant des produits à différents prix. À l'heure actuelle, la plupart des principaux fabricants de chocolat sont basés aux États-Unis ou en Europe et développent leurs activités dans les pays émergents tels que l'Afrique et l'APAC (Asie-Pacifique).

La zone EMEA (Europe, Moyen Orient et Afrique) a dominé le marché du chocolat en 2015. En 2016, l'Europe était responsable de l'expédition de 2,55 millions de tonnes de chocolat. Les

supermarchés et les hypermarchés ont été le canal de distribution le plus populaire pour les produits au chocolat en 2015 (ICCO, 2018).

La consommation mondiale de chocolat est en croissance constante depuis plusieurs décennies. Ces dernières années, cette tendance s'est accélérée suite à une forte progression de la demande de produits chocolatés dans de nombreux pays, en particulier émergents. (Christophe, 2016).

Le chocolat au lait est le type de chocolat le plus répandu sur le marché et a occupé la plus grande part du marché mondiale en 2015 (ICCO, 2018). (figure3).

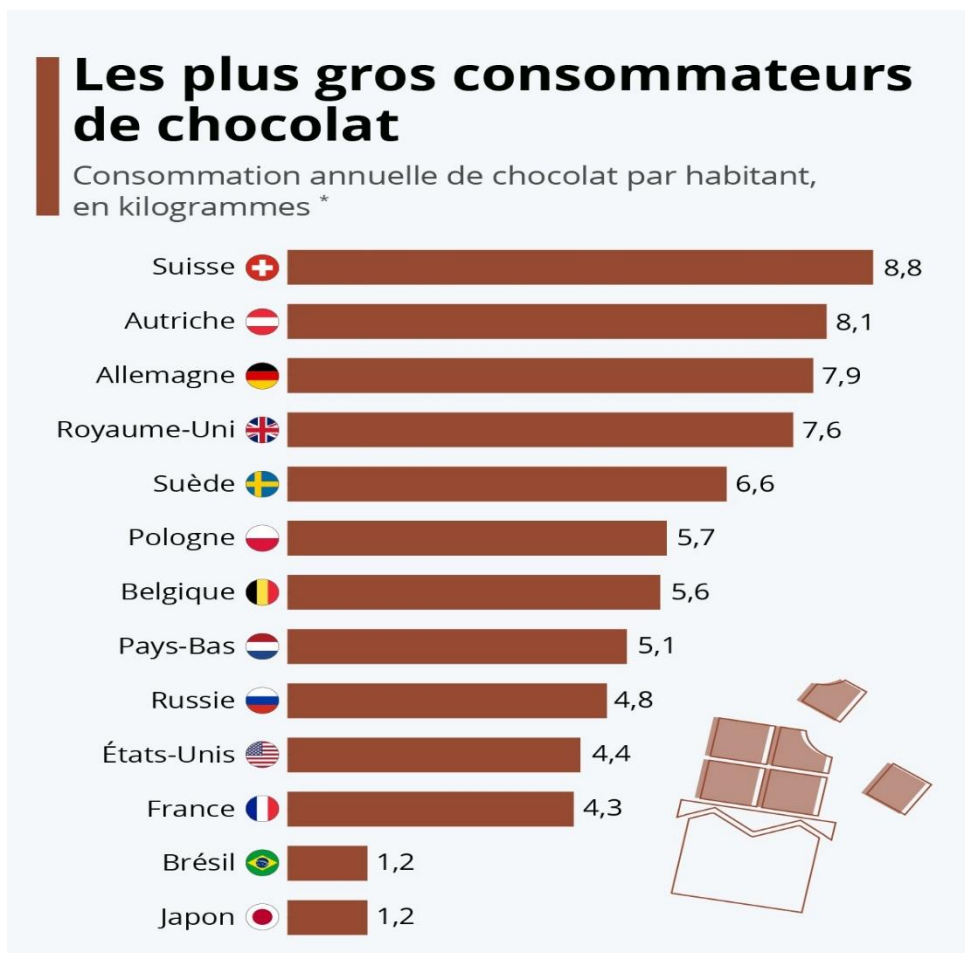


Figure 3 : Consommation de chocolat dans le monde en 2017 (ICCO, 2018).

## 1.8. Les biens faits du chocolat sur la santé

Le chocolat, en particulier le chocolat noir, peut avoir plusieurs bienfaits sur la santé. Voici quelques-uns des avantages potentiels du chocolat sur la santé :

- Amélioration de la santé cardiaque : Les flavonoïdes présents dans le chocolat peuvent aider à réduire la pression artérielle, améliorer la circulation sanguine et réduire le risque de maladies cardiaques ( **Shrime et al., 2011**)
- Amélioration de l'humeur : Le chocolat contient des substances qui peuvent aider à stimuler la production de sérotonine, un neurotransmetteur qui régule l'humeur (**Katz et al., 2011**)
- Réduction de l'inflammation : Le chocolat peut aider à réduire l'inflammation dans le corps grâce à sa teneur en flavonoïdes et en antioxydants (**Al-Khayri et al., 2022**)
- Protection de la peau : Les flavonoïdes présents dans le chocolat peuvent aider à protéger la peau contre les dommages causés par les rayons UV et améliorer l'hydratation et la densité de la peau. (**Katz et al 2011**)
- Amélioration de la fonction cérébrale : Les flavonoïdes présents dans le chocolat peuvent aider à améliorer la circulation sanguine dans le cerveau et à améliorer la fonction cognitive.(**Nehlig, 2013**)

## 2. Généralités sur le palmier dattier

### 2.1.Définition

Le palmier dattier : *Phoenix dactylifera L.* provient du mot « Phœnix » qui signifie dattier chez les phéniciens et dactylifera dérive du terme grec « dactylos » signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit.

C'est une espèce dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des Arecaceae qui compte environ 235 genres et 4000 espèces. Le palmier est une composante essentielle de l'écosystème oasien), Comme toutes les espèces du genre *Phoenix*, il existe des arbres mâles appelés communément dokkars ou pollinisateurs et des arbres femelles Nakhla.

Le palmier dattier est une espèce arborescente connue pour son adaptation aux conditions climatiques trop sévères des régions chaudes et sèches En général, les palmeraies algériennes sont localisées au Nord-Est du Sahara au niveau des oasis où les conditions hydriques et thermiques sont favorables (**Ben Mbarek et Deboub, 2015**).

## 2.2. Production de la datte en Algérie

L'Algérie est l'un des plus importants pays producteurs de dattes. La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (*Deglet-Nour*) est très apprécié par les consommateurs, 164.453 tonnes (33 %) des dattes sèches (*Degla Beida* et analogues) et 83.128 tonnes soit 17 % des dattes molles (*Ghars* et analogues). Actuellement, la palmeraie algérienne est constituée de plus de 11 millions de palmiers répartis à travers 09 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. Près de 58.14% de la production nationale de dattes est réalisée par les deux wilayas suivantes : El-Oued (29.54%) et Biskra (28.6%). (Ben Mbarek et Debou, 2015)

## 2.3. Les différentes classes des dattes

D'après Espiard (2002), les dattes peuvent être classées selon leur consistance en trois catégories

- 2.3.1. **Dattes molles** : caractérisées par sa grande consistance, exemples : Ahmar (Mauritanie), Kashram et Miskani (Egypte, Arabie-saoudite) ;
- 2.3.2. **Dattes demi-molles** : ont une consistance moyenne ; Deglet-Nour (Tunisie, Algérie), Mehjoul (Mauritanie), Sifri et Zahidi (Arabie-saoudite) ;
- 2.3.3. **Dattes sèches de consistance dure** : Degla-Beida et Mech-Degla (Tunisie et Algérie) Amersi (Mauritanie) (Kortebi et Iaiche, 2013).

## 2.4. Les principales variétés des dattes en Algérie

Les variétés de dattes sont très nombreuses; seulement quelques-unes ont une importance commerciale. Elles se différencient par la saveur, la consistance, la forme, la couleur, le poids et les dimensions. En Algérie, il existe plus de 940 cultivars de dattes (Kortebi et Iaiche, 2013).

Les principales variétés cultivées sont :

- ❖ **La Deglet-Nour**: Variété commerciale par excellence. C'est une datte demi- molle, considérée comme étant la meilleure variété de datte du fait de son aspect. son onctuosité et sa saveur. A maturité, la datte est d'une couleur brune ambrée avec un épicarpe lisse légèrement plissé et brillant. Le mésocarpe présente une texture fine légèrement fibreuse
- ❖ **Les variétés communes** : ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à Deglet-Nour. Les variétés les plus répandues sont : Ghars, Degla-Beida et Mech-Degla (Belguedj, 2002).

## 2.5. Caractéristiques de la variété « *Mech- Degla* »

La variété « *Mech-Degla* » est la plus populaire des dattes sèches compte tenu de ses qualités gustative, sa facilité de conservation et ses multiples utilisations.

### 2.5.1. Cultivar

- Nom vernaculaire : *Mech Degla*
- Sens du nom : Datte qui n'est pas Deglet-Nour
- Importance et répartition : Abondant
- Date de maturité : Octobre
- Date de récolte : Octobre-novembre
- Utilisation de la datte : Fraîche et conservée
- Mode de conservation : En sacs ou régimes
- Appréciation : Datteexcellente, très digestible
- Commercialisation : Très importante surtout au Nord du pays (**Belguedj, 2002**).

### 2.5.2. Composition

**Tableau 2:** Caractéristiques de la variété « *Mech-Degla* ». (Noui, 2007 ; Chibane et *al.*, 2007).

Poids de la datte (g)	Poids de la pulpe (g)	Teneur en eau (%)	pH	Protéines (%)	Lipides (%)	Pectines (%)	Sucres totaux(%)	Cendres (%)
6.10	5.10	14.71	6.14	0.18	0.5	1.8	63.8	2

## 2.6. Intérêt nutritionnel et diététique de la datte

Les dattes constituent un excellent aliment, de grande valeur nutritive et énergétique (**Kortebi et Iaiche, 2013**).

La forte teneur en sucres confère à ces fruits une grande valeur énergétique ;

- Une teneur intéressante en sucres réducteurs facilement assimilables par l'organisme ;
- Les protéines de la datte sont équilibrées qualitativement, mais en faible quantité ;
- Un apport important en éléments minéraux. Les dattes sont riches en minéraux plastiques : Ca, Mg, P, S et en minéraux catalytiques : Fe, Mn. Elles sont reminéralisantes et renforcent notablement le système immunitaire ;

- Le profil vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables en vitamines du groupe B. Ce complexe vitaminique participe au métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (**Ben Mbarek et Debou,2015**)

**Tableau 3** : Valeur énergétique de quelques fruits en Kcal/100g de pulpe. (**Gilles, 2000**)

<b>Fruits</b>	<b>Valeur énergétique (Kcal)</b>
<b>Datte</b>	300
<b>Banane</b>	100
<b>Raisin</b>	
<b>Figue Cerise</b>	80
<b>Orange</b>	60
<b>Citron</b>	
<b>Tomate</b>	20

## **2.7. Transformation de la datte**

Les dattes peuvent être transformées en différents produits :

### **✓ Pâte de datte**

Les dattes molles ou ramollies par humidification donnent lieu à la production de pâte de datte. La fabrication est faite mécaniquement. Lorsque le produit est trop humide il est possible d'ajouter la pulpe de noix de coco ou la farine d'amande douce. La pâte de datte est utilisée en biscuiterie et en pâtisserie (**Espiard, 2002**).

### **✓ Farine (farine) de dattes**

Elle est préparée à partir de dattes sèches ou susceptibles de le devenir après dessiccation. Riche en sucre, cette farine est utilisée en biscuiterie, pâtisserie, aliments pour enfants (**Espiard, 2002**).

### **✓ Sirop, crèmes et confitures de datte**

Ces produits sont également fabriqués à base des dattes saines car il est important d'éviter tout arrière-goût de fermentation.

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

### **3. Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation**

#### **3.1. Définition de l'optimisation**

Selon **Goupy et Creighton (2006)**, les plans d'expériences d'optimisations par la méthodologie des surfaces de réponse (**RSM**) permettent, grâce à des modèles mathématiques empiriques, de déterminer une relation d'approximation entre les réponses de sortie et les variables d'entrée pour optimiser les paramètres d'un système, afin d'atteindre des réponses souhaitables.

L'optimisation fait référence à l'amélioration des performances d'un système, d'un processus ou d'un produit afin d'obtenir en tirer le maximum d'avantages.

Dans le passé, l'optimisation était fréquemment utilisée en chimie analytique plus que d'autres domaines. Plus tard, le processus d'optimisation s'est étendu à d'autres domaines scientifiques comme la biologie et la chimie organique. Ce processus vise à découvrir les conditions dans lesquelles appliquer une procédure qui produit la meilleure réponse possible (**Goupy, 2006 ; Bourekoua et al., 2016**).

#### **3.2. Méthodologie de surface de réponse**

##### **3.2.1. Définition de (RSM)**

Une modélisation mathématique basée sur un protocole expérimental statistique permet de s'affranchir de conception à la fois appelée méthodologie de surface de réponse (**RSM**).

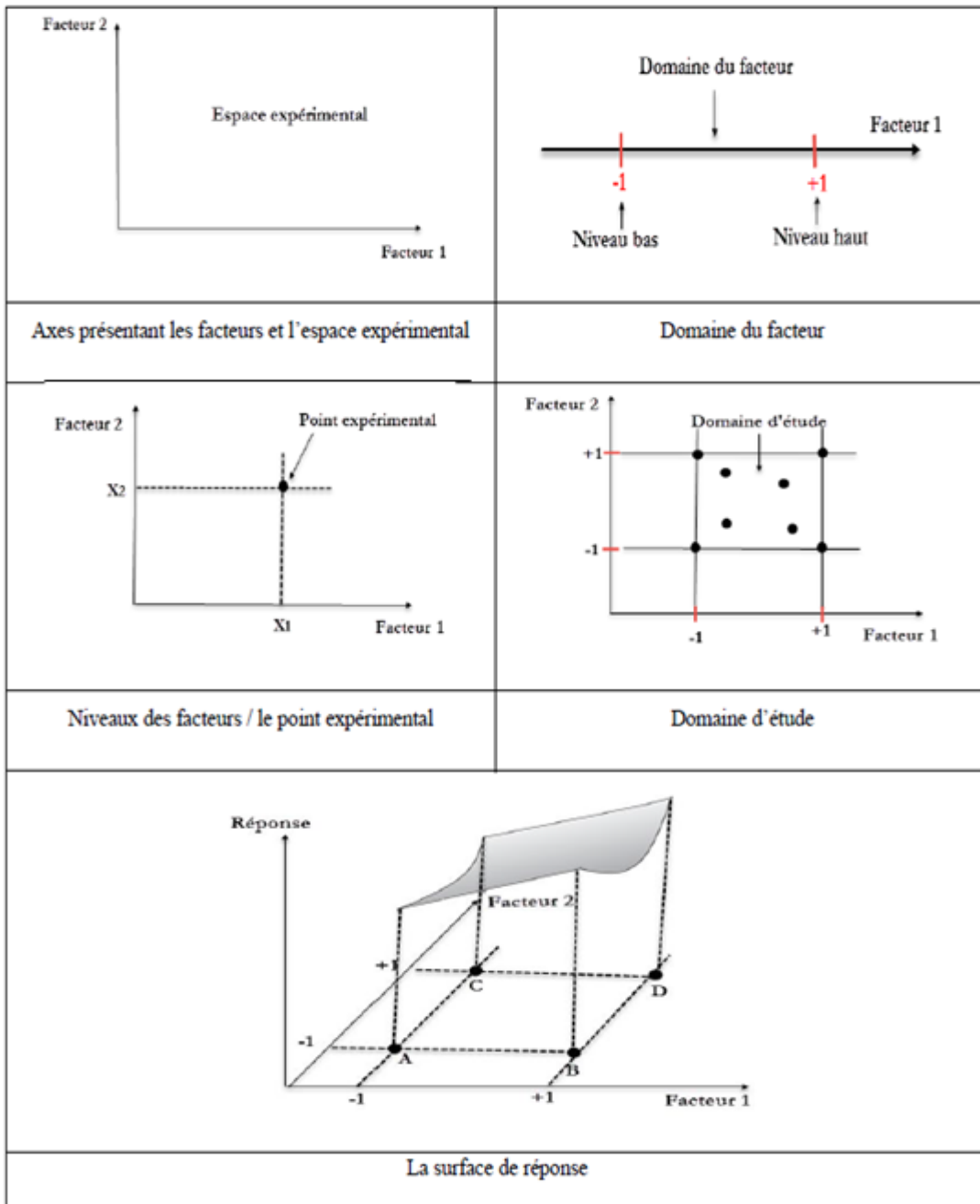
La méthodologie de surface de réponse (**RSM**) est un outil utilisé par nombreux chercheurs pour maximiser ou minimiser diverses variables indépendantes afin de prédire la condition optimale et d'atteindre les meilleures performances du système.

Un plan expérimental doit être choisi avant d'appliquer la méthodologie **RSM**. Ces dessins sont générés à l'aide de différentes matrices expérimentales. Habituellement, toutes les données qui peuvent être décrites à l'aide des fonctions peuvent être expliquées à l'aide de plans expérimentaux pour des modèles de premier ordre (par exemple, plans factoriels) (**Bourekoua et al., 2016**).

Il existe différentes conceptions expérimentales pour les surfaces de réponse quadratiques, les plus connues sont plans factoriels à trois niveaux, de *Box-Behnken*, *composite central* et *Doehlert* (**Bezerra et al., 2008**).

### 3.2.2. Définition de certains termes

- ✓ **Facteurs** sont des grandeurs supposées influencer sur les variations des réponses.
- ✓ **Réponse** est généralement notée  $Y$ . C'est une manifestation mesurable que l'on observe lorsqu'on fait varier les facteurs étudiés.
- ✓ **Espace expérimental** est définie par un repère cartésien à deux ou plusieurs dimensions, cet espace comprend tous les points du plan (facteur 1 x facteur 2). S'il y a un troisième facteur, il est représenté aussi par un axe orienté et gradué, et positionné perpendiculairement aux deux premiers.
- ✓ **Domaine du facteur** appelé aussi le domaine de variation du facteur est constitué de toutes les valeurs comprises entre le niveau bas et le niveau haut.
- ✓ **Point expérimental** est obtenu par l'intersection de deux niveaux ( $X_1, X_2$ ) dans un espace expérimental.
- ✓ **Domaine d'étude** est défini comme étant l'espace où tous les points expérimentaux se regroupent, ce domaine d'étude est délimité par les niveaux bas et haut de chaque facteur (Goupy, 2006).



**Figure 4** : Représentation schématique des différents termes du RSM (Ben Tahar et Serrayh, 2021).

### 3.2.3. Étapes pour l'application RSM

La méthodologie de surface de réponse a été développée par *Box* et ses collaborateurs dans les années 50. L'objectif de RSM basé sur l'adéquation des modèles empiriques avec les données expérimentales obtenues en relation à la conception expérimentale. Par conséquent, des fonctions polynomiales linéaires ou quadratiques sont utilisées pour décrire le système étudié et par conséquent, d'explorer les conditions expérimentales jusqu'à son optimisation. Cette peut se faire à travers six étapes importantes dans l'application du **RSM (Goupy et Creighton, 2006)**.

- **Étape 1** : grâce à des études de dépistage, des variables indépendantes des effets majeurs tels que la température et le pourcentage de farine de la datte sont choisis et la délimitation de la région expérimentale, selon l'objectif de l'étude et l'expérience sont fixés.
- **Étape 2** : une matrice expérimentale doit être choisie et les expériences sont menées en fonction de la matrice sélectionnée.
- **Étape 3** : le traitement mathématico-statistique des données expérimentales obtenues à travers le fit d'une fonction polynomiale. Cela pourrait être fait en utilisant différentes méthodes et équations statistiques.
- **Étape 4** : l'évaluation de l'aptitude du modèle. En comparant différents paramètres tels que les valeurs de pure erreur (**P**) et les valeurs de variance de Fisher (**F**).
- **Étape 5** : la vérification de la nécessité et la possibilité d'effectuer un déplacement dans direction de la région optimale. Cela pourrait se faire en analysant la surface résultante.
- **Étape 6** : l'obtention des valeurs optimales pour chaque variable étudiée. Pour les modèles du second degré, le point critique peut être caractérisé comme maximum, minimum, ou central. Le point critique est calculé par la résolution de la première dérivée de la fonction mathématique qui décrit la surface de réponse et elle équivaut à zéro (**Goupy et Creighton, 2006; Simurina et al., 2012**).

# **Partie II**

## **Matériels et méthode**

### Matériels et méthode

#### Objectif

Notre travail vise à intégrer les caractéristiques nutritionnelles et thérapeutiques bien connues de la farine de la datte 'Mech Degla' dans un produit innovant et fonctionnel, type pâte à tartiner au chocolat. Ensuite, nous chercherons à évaluer les différentes propriétés physico-chimiques et sensorielles de cette pâte à tartiner chocolatée, en optimisant sa formulation.

#### 1. Matière première

Les ingrédients utilisés dans la préparation des chocolats sont : cacao, lait, beurre de cacao, sucre, datte et vanille (tableau 4).

Dans ce travail on a utilisé une variété sèche « *Mech\_ Dégela* » (figure 5) Cette variété a été achetée chez un marchand de dattes à la wilaya de Laghouat.



**Figure 5 :** Photographie originale montrant la datte (*Mech Degla*).

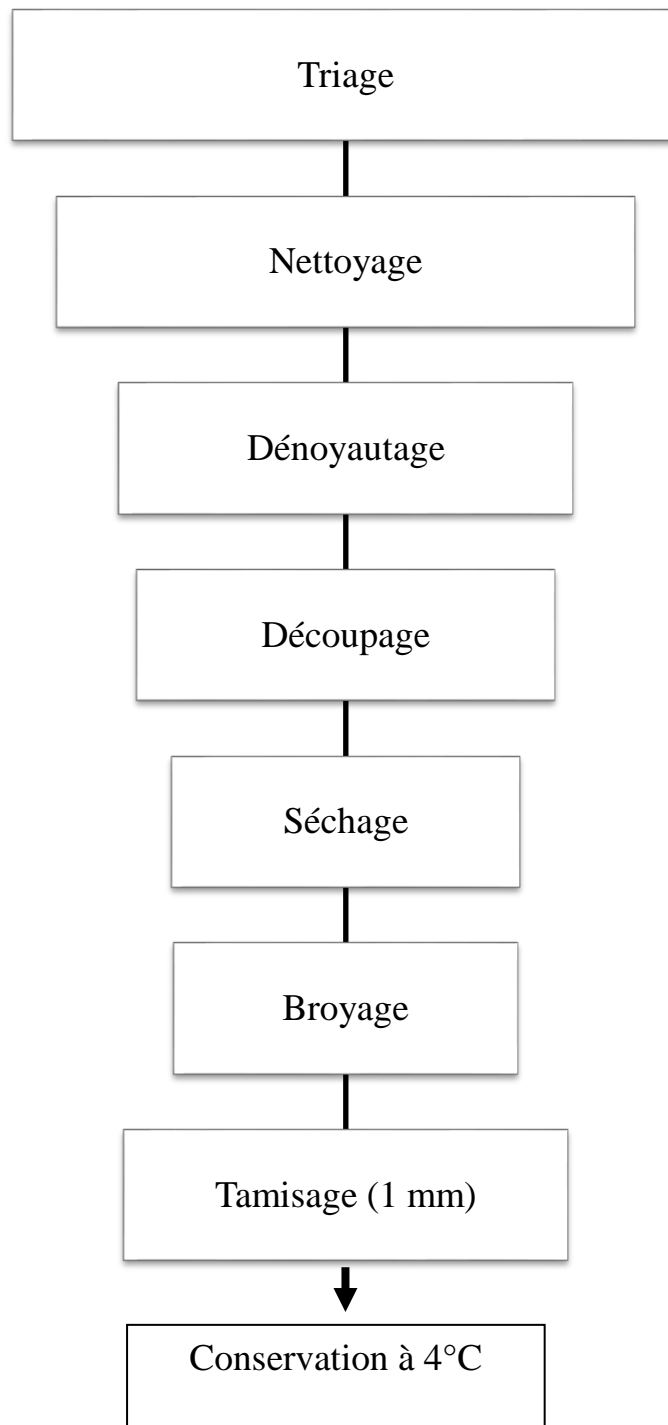
## 2. Equipements et réactifs

Tableau 4: Matériel utilisé lors du travail.

Matériel	Produits chimiques et réactifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrophotomètre UV-visible ( Shimatzu 1601)</li> <li>• Bain marie</li> <li>• Etuve</li> <li>• pH mètre</li> <li>• Balance de precision</li> <li>• Balance</li> <li>• Vortex</li> <li>• Agitateur magnétique</li> <li>• Réfrigérateurs</li> <li>• Réfractomètre</li> <li>• Four à moufle</li> <li>• Plaque chauffante</li> <li>• Bra mixeur</li> <li>• Dessiccateur</li> <li>• Creuset</li> <li>• Bécher gradué</li> <li>• Burette</li> <li>• Erlenmeyer</li> <li>• Pipettes</li> <li>• Eprouvettes (capacité 10 a 100ml)</li> <li>• Micropipette (capacité 100 à 1000 µl)</li> <li>• Les tubes</li> <li>• Papier filter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acid sulfurique</li> <li>• Méthanol</li> <li>• Ethanol</li> <li>• Hexane</li> <li>• Acétone</li> <li>• Empois d'amidon</li> <li>• Phénolphtalein</li> <li>• DPPH</li> <li>• Phénol</li> <li>• Glucose</li> <li>• Acide gallique</li> <li>• Thiosulfate de sodium (0.01 N)</li> <li>• NaOH</li> <li>• KaOH</li> <li>• Chloroform</li> <li>• Réactif Folin-ceocalteu's</li> <li>• BHT (Butyl hydroxy toluene)</li> <li>• Carbonate de sodium (<math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>)</li> </ul>

## 3. Obtention de la farine des dattes

Avant l'utilisation, les dattes « *Mech\_ Dégela* » sont triées et nettoyées, dénoyautées et coupées. Puis la datte a été séchée dans une étuve ventilée à 45 ° C. Après le broyage (à l'aide d'un broyeur électrique.) et le tamisage (tamis de 1mm), la farine de datte a été utilisée pour enrichir le chocolat 'pâte à tartiner' (figure ci-dessous).



**Figure 6 :** Diagramme de l'obtention de farine de la datte (Mech Degla).

#### 4. Préparation des pâtes a tartines

L'ensemble des ingrédients (lait, beurre de cacao, cacao, sucre, farine de datte et vanille) ont été mélangés à des proportions bien précises jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène. Après plusieurs essais, nous avons sélectionné les pourcentages d'addition de farine de datte aux chocolats sur la base de leurs caractéristiques rhéologiques et organoleptiques. Les chocolats préparés ont été conditionnés dans des boites en verre préalablement stérilisées.

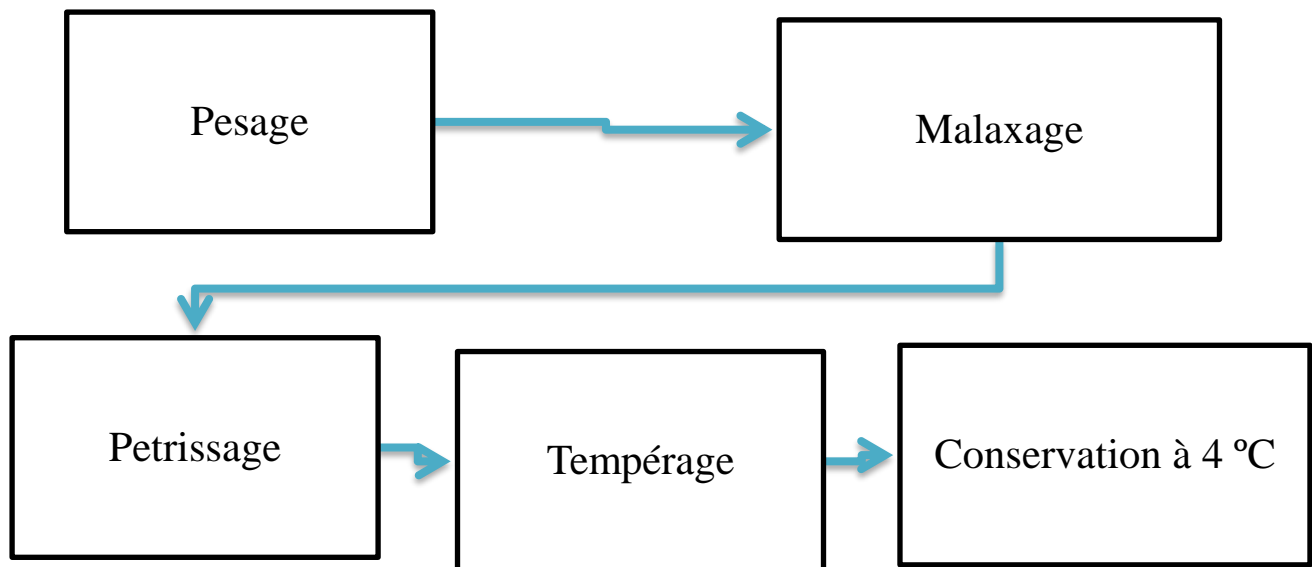


Figure 7 : Diagramme de préparation de chocolat 'pâte à tartiner' enrichi en datte

Le chocolat a été préparé selon les normes mentionnées dans le Journal Officiel de République Algérienne et le Journal Officiel des Communautés Européennes (JOCE, 2000 ; JORADP, 2005) avec légères modifications.

Tableau 5 : Formulation des chocolats préparés.

	Code	Composition	Sucre (%)	Cacao (%)	Datte (%)	Température (°C)
<b>Chocolat pate a tartine</b>	TEMOIN (150)		100 %	100 %	00 %	Cuisson traditionnelle
	R1 (154)	- Sucre	95%	85 %	15 %	45C°
	R2 (155)					55 C°
	R3 (156)					65 C°
	R4 (254)	- Lait - Beurre - Vanille - Datte	91 %	75 %	25%	45C°
	R5 (255)					55 C°
	R6 (256)					65 C°
	R7 (304)					45C°
	R8 (305)	83 %	70 %	30 %	30 %	55 C°
	R9 (306)					65 C°

## 5. Analyse physicochimiques

### 5.1. Détermination de la teneur en eau (AOAC, 1998)

#### ✓ Principe

La teneur en eau est un paramètre important pour la conservation des aliments. En effet, la teneur en eau dans un aliment est fortement liée à son activité de l'eau. Ce paramètre détermine l'intensité des réactions chimiques et enzymatique ainsi que la vitesse de développement des micro-organismes.

#### ✓ Mode opératoire

- Sécher les capsules vides dans l'étuve pendant 15 minutes ;
- Laisser refroidir au dessiccateur ;

- Peser une capsule vide, éviter dans toute la mesure du possible d'exposé à l'aire afin de réduire au minimum la modification de sa teneur en eau ;
- Remplir la capsule avec 5g d'échantillon
- Placer la capsule dans un étuve à la température 105 °C pendant 3h ;
- Apes l'étuvage, laisser la capsule refroidir dans un dessiccateur pendant 8 à 10 min puis peser ;
- La teneur en eau est exprimée en pourcentage en masse de produit (AOAC, 1998 ; Ouadfel et Dahoumane, 2018).

### ✓ Expression des résultats

La teneur en eau a été déterminée par la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} \times 100$$

- **H (%)** : teneur en eau exprimé en pourcentage ;
- **M0**: masse en (g) de la capsule vide ;
- **M1**: masse en (g) de la capsule vide + prise d'essai avant chauffage ;
- **M2**: masse en (g) de la capsule vide + prise d'essai après chauffage.

### 5.2. Taux de cendres (AOAC, 1998)

#### ✓ Principe :

Le principe repose sur l'incinération du produit à une température de 550°C jusqu'à la combustion complète la matière organique.

#### ✓ Mode opératoire

- Peser un creuset vide à l'aide d'une balance de précision ;
- Peser 5g d'échantillon dans un creuset ;
- Mettre les échantillons dans le four à moufle a température de 550 °C pendant 4 heures jusqu'à ce qu'il brûle ;
- Transférer les creusets contenant les cendres dans un dessiccateur puis les peser avec la balance (AOAC, 1998 ; Ouadfel et Dahoumane, 2018).

### ✓ Expression des résultats

Les résultats sont est rapportés à la matière sèche et exprimés somme suite :

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} \times 100$$

- **P0**: poids du creuset vide ;
- **P1**: poids du creuset + prise d'essai ;
- **P2**: poids du creuset + résidu calciné.

### 5.3. Détermination de degré Brix (CRC, 2006 )

#### ✓ Principe :

Le principe est basé sur la réfraction de la lumière. Le réfractomètre donne par simple lecture, l'extrait sec du liquide sucré à 20°C (CRC, 2006 ; Rahmani et al., 2021)

#### ✓ Mode opératoire :

- Placer à l'aide d'une pipette une goutte d'eau distillée ;
- Vérifier que la température de l'échantillon est à 20-25 °C ;
- Placer à l'aide d'une pipette une goutte de l'échantillon sur la surface du prisme ;
- Lecture du réfractomètre

#### ✓ Expression des résultats

Lire le taux directement lu sur l'écran du réfractomètre.



**Figure 8:** Photographie originale montrant le Refractomètre.

### 5.4. Potentiel Hydrogène (pH) : (Méthode OICCC n° 9, 1963)

#### ✓ Principe

C'est la concentration en ion d'hydrogène ( $H^+$ ) d'une solution ionisée.

#### ✓ Mode opératoire

- Dissoudre 10 g de l'échantillon dans 100 ml d'eau ;
- Mélanger bien la solution pour qu'elle soit homogène ;
- Plonger l'électrode dans le filtrat après étalonnage du pH-mètre

#### ✓ Expression des résultats

Lire directement le résultat sur le pH-mètre.



Figure 9: Photographie originale montrant le pH-mètre.

### 5.5. Détermination de l'acidité : (JORA, 2015).

#### ✓ Principe

Titration de l'acidité par une solution alcaline en présence de phénolphtaléine.

#### ✓ Mode opératoire :

- Introduire 2 g d'échantillon dans 20 ml d'eau distillée, puis agiter vigoureusement ;
- Laisser reposer environ 20 min ;
- Ajouter à la solution 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine puis titrer par une solution d'hydroxyde de sodium ( $C(NaOH) = 0,1 \text{ mol/L}$ ) jusqu'à ce qu'une goutte provoque une faible coloration. La durée du titrage ne doit pas dépasser 45 secondes. (Rahmani et al., 2021)

### ✓ Expression des résultats

Noter le volume équivalent (V<sub>éq</sub>) de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé en millilitres à 0,01 ml près. L'acidité en % est égale à.

$$A = 0,045 \times V_{\text{éq}} \times 100 \text{ Ou } 0,45 \times V_{\text{éq}}$$

$$\text{Acidité (\%)} = 0.045 \cdot V_{\text{éq}} \cdot 100$$

### 5.7. Détermination de l'indice de peroxyde (AFNOR, 2000)

#### ✓ Principe

On définit l'indice de peroxyde comme étant le nombre le milliéquivalent d'oxygène par kg de corps gras et oxydant l'iode de potassium avec libération diode (**Rahmani et al., 2021**)

#### ✓ Mode opératoire

- Peser 2 g d'échantillon dans un flacon de 100 ml ;
- Ajouter 10 ml de chloroforme ;
- Ajouter 15 ml d'acide acétique pur et 1 ml d'une solution d'iodure de potassium saturée;
- Fermer le flacon, on laisse reposer 5 minutes à l'obscurité et on ajoute 75 ml d'eau distillé et quelque gouttes d'emploi d'amidon.

L'iode libéré est titré par la suite avec une solution de thiosulfate de sodium 0,01N. Parallèlement un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions.

#### ✓ Expression des résultats

$$\text{IP (m\acute{e}q O}_2\text{ Kg}^{-1}) = \frac{V_0 - V}{P \cdot 10}$$

- IP : Indice de peroxyde ;
- V : volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai (ml) ;
- V<sub>0</sub>: volume de la solution de thiosulfate de soduim utilisé pour l'essai à blanc (ml) ;
- P : prise d'essai (g).

### 5.8. Dosage des sucres totaux (Dubois *et al.*, 1956)

#### ✓ Principe

En milieu fortement acide et à chaud, les oses ayant au moins 5 atomes de carbones subissent une déshydratation et se transforment en furfural (si l'ose est un pentose) ou en un dérivé du furfural (si l'ose est un hexose).

Le furfural et ses dérivés peuvent se condenser avec des substances telles que les phénols, les amines aromatiques pour former des produits colorés caractéristiques (**Lekbir, 2016**)

#### ✓ Mode opératoire

##### - Préparation de la gamme d'étalonnage

- Peser 0,1 g de glucose;
- Le dissoudre dans 100 ml d'eau distillée, soit une solution mère avec une concentration de 0,01%;
- À partir de la solution mère, on prépare différentes concentrations; 0,05 0,1 -0,15 mg/ml

##### - Dosage proprement dit

- Introduire dans un tube à essai 0,5 ml d'extrait de l'échantillon;
- Ajouter à la gamme préparée et les tubes d'échantillons:
- 0,5 ml d'une solution de phénol à 5%;
- 3 ml d'acide sulfurique concentré ;
- Agiter les tubes;
- Placer les tubes dans un bain-marie à 70 °C pendant 5 minutes (la réaction donne une couleur jaune crème);
- Laisser les tubes refroidir à l'obscurité pendant 15 mn;
- Faire la lecture à 490 nm (**Lekbir, 2016**).

### 5.9. Détermination de la teneur en polyphénols totaux

#### ✓ Principe

Le dosage des polyphénols totaux par la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu a été décrit en 1965 par Singleton et Rossi. Depuis, son utilisation s'est largement répandue pour caractériser les extraits des végétaux d'origines plus diverses (**Lekbir, 2016**)

Le réactif est un acide de couleur verte constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (Lekbir, 2016).

✓ Mode opératoire

- **Préparation de la gamme d'étalonnage**

- Peser 25 mg d'acide gallique ;
- Les dissoudre dans 25 ml de méthanol;
- À partir de la solution mère, on prépare différentes concentrations.

- **Dosage proprement dit**

- Prélever 0,5 ml de chaque dilution d'échantillon dans des tubes à essais ;
- Ajouter 5 ml d'eau distillée dans chaque tube;
- Ajouter 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu's ;
- Après 3 mn, ajouter 0,5 ml de carbonate de sodium à 7,5%;
- Laisser incuber pendant une heure à température ambiante et à l'abri de la lumière;

Le blanc est représenté par 0,5 ml de méthanol, additionné de 5 ml d'eau distillée, 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu's et 0,5 ml de carbonate de sodium à 7,5%;

La lecture des absorbances est faite à 760 nm (Lekbir, 2016)

### 5.10. Evaluation de l'activité antioxydante

✓ Principe

Les antioxydants réduisent le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) ayant une couleur violette en un composé jaune, le DPPH, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons.

L'activité antioxydante a été évaluée par la mesure du pouvoir de piéger du radical DPPH. La méthode est basée sur la dégradation du radical DPPH: Un antioxydant aura la capacité de donner un électron au radical synthétique DPPH de coloration violette pour le stabiliser en DPPH de coloration jaune-verte. Le résultat est dépendant de la concentration en DPPH initiale.

Cette activité est tributaire de la mobilité de l'atome d'hydrogène du groupement hydroxyle des composés phénoliques. En présence d'un radical libre DPPH', l'atome H est transféré sur ce dernier alors transformé en une molécule stable DPPH, ceci provoque une diminution de la concentration du radical libre et également l'absorbance au cours du temps de réaction jusqu'à l'épuisement de la capacité d'antioxydant donneur d'hydrogène (**Lekbir, 2016**)

✓ **Dosage proprement dit**

- Introduire 50 µl d'extrait d'échantillon dans un tube à essai ;
- Ajouter 1,95 ml de DPPH ;
- Laisser le mélange à l'obscurité pendant 30 mn;
- Le contrôle est préparé à partir de 50 µl de méthanol additionné de 1,95 ml de DPPH ;
- La lecture se fait à 517 nm.

✓ **Expression des résultats**

L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation suivante:

$$\text{Activité antioxydante (\%)} = \frac{\text{Abs}_{515}\text{DPPH} - \text{Abs}_{515} \text{échantillon}}{\text{Abs}_{515}\text{DPPH}} \cdot 100$$

Ou :

- Abs 515 DPPH: Absorbance du contrôle (contenant uniquement le DPPH);
- Abs 515 échantillon: Absorbance en présence des extraits phénoliques.

Nous avons utilisé différentes concentrations des échantillons étudiés en même temps que le standard.

Le BHT (0-200 µg/ml), a été utilisé comme référence (standard) pour la détermination de l'activité antioxydante.

Les capacités antioxydantes des extraits méthanoliques des échantillons ont été comparées à celles de standard de référence (BHT) et tous les résultats ont été exprimés en pourcentage (gramme équivalent de la capacité antioxydante par 100 gramme de matière analysée) (**Lekbir, 2016**).



**Figure 10:** Photographie originale montrant le spectrophotomètre.

### 6. Analyse sensorielle

La qualité sensorielle des chocolats a été évaluée en appliquant deux tests sensoriels: le test de classement par rang et le test hédonique tels que décrits par **Watts et al. (1991)**. Les tests hédoniques sont conçus pour mesurer le degré d'appréciation d'un produit, on se sert d'échelles de catégories allant de (n'aime pas *extrêmement*) à (aime *extrêmement*) où en passant par neutre avec un nombre variable de catégories intermédiaires. Les dégustateurs choisissent, pour chaque chocolat, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation.

Les attributs évalués étaient la texture, la couleur, le goût, l'odeur et la brillance et l'acceptabilité générale. Pour chaque chocolat, les dégustateurs ont évalué leurs attributs en utilisant une échelle hédonique à neuf points (**Agrahar-Murugkar et al., 2015**).



**Figure 11 :** Photographie originale montre les échantillons de chocolats préparés lors l'analyse sensorielle.

L'échelle hédonique à neuf points est largement utilisé par les scientifiques de l'alimentation (**Mudgil et al., 2017**). Les dégustateurs ont marqué pour différentes propriétés un score maximum de 9 pour aimer extrêmement, 8 : très aimer, 7 : aimer, 6 aimer moyennement, 5 : ni aimer ni n'aime pas, 4 : n'aime pas moyennement, 3- n'aime pas assez, 2- n'aime pas beaucoup et 1 n'aime pas extrêmement (**Galla et al., 2007**).

Les notations de chaque chocolat sont présentées sous forme de tableau et analysées au moyen de l'analyse de variance (ANOVA) pour déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les chocolats (**Watts et al., 1991**).

Le jury se compose de 10 sujets, qui sont des étudiants de Master 2 de spécialité Agroalimentaire et control de qualité, de Département de Sciences Agronomiques de l'Université de Amar Telidji Laghouat.

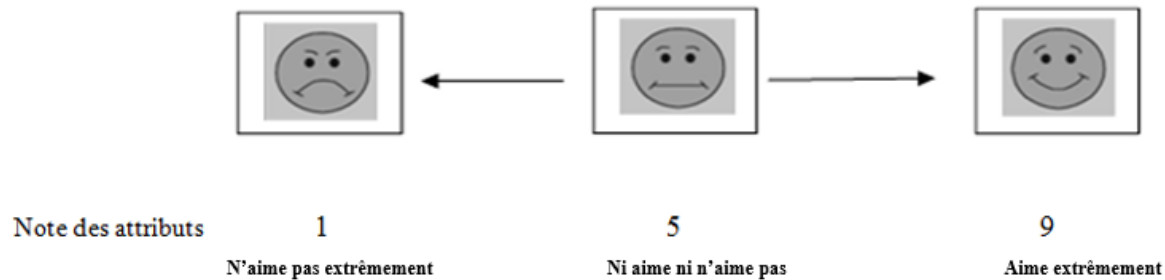


**Figure 12** : Photographie originale montre les étudiantes faisant une analyse sensorielle.

Des explications et des instructions ont été données aux dégustatrices avant le commencement de chaque test. Chaque dégustateur reçoit 10 chocolats (chocolat témoin et 09 chocolats enrichis) codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. Ensuite, il est demandé à chaque sujet de remplir une fiche d'analyse sensorielle contenant toutes les informations relatives aux paramètres de dégustation (voir annexe ....).

Les dégustateurs sont demandés de classer les chocolats sous leurs 09 formes (formulations) par rapport au chocolat témoin. Les chocolats lui sont présentés simultanément pour chaque série

(selon le type d'enrichissement) et d'une façon anonyme dans des récipients codés accompagnés chacun d'un verre d'eau.



**Figure 13:** Échelle faciale à neuf points utilisée pour la catégorisation hédonique des chocolats préparés.

## 7. Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation

### 7.1. Plan d'expérience de type composite centré (Central Composite Design CCD) à deux facteurs.

L'étude a porté sur l'évaluation de l'influence des paramètres opératoires en l'occurrence de taux de farine de datte et température de cuisson sur les propriétés physicochimiques et organoleptiques des chocolats préparés.

La planification des expériences a été réalisée en adoptant le plan composite centré. Un plan d'expérience de type composite centré (*Central Composite Design CCD*) à deux facteurs a été utilisé pour déterminer l'effet des deux traitements  $X_1$  et  $X_2$  ( $X_1$  : pourcentage de farine de datte,  $X_2$  : température de cuisson) sur la qualité de chocolat.

Les réponses choisies sont :  $Y_1$  : humidité (%),  $Y_2$  : cendres (%),  $Y_3$  : pH,  $Y_4$  : Acidité,  $Y_5$  : indice de peroxyde,  $Y_6$  : taux des sucres totaux(%),  $Y_7$  : polyphénols (mg EAG/100g),  $Y_8$  : activité antioxydante (%) et  $Y_9$  : Acceptabilité (agréabilité) de chocolat.

Le modèle étudié étant un modèle à deux facteurs. Ce plan nécessite la réalisation des expériences représentant des combinaisons de trois niveaux attribués à chacun des deux facteurs tout en prenant la réponse correspondante.

**7.2.Modélisation de la réponse**

La modélisation de la réponse est réalisée à l'aide des techniques de régression qui permettent de relier les réponses « Y » aux facteurs « X<sub>1</sub> » et « X<sub>2</sub> ». L'équation qui régit le système est de la forme (Goupy et Creighton, 2006; Bourekoua et al.,2016):

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1X_1 + b_{22}X_2X_2 + b_{12}X_1X_2$$

Avec :

Y : Réponse étudiée ;

X<sub>1</sub> et X<sub>2</sub> : Formes codées des variables explicatives ;

b<sub>0</sub> : Constante qui exprime l'effet moyen général ;

b<sub>1</sub>et b<sub>2</sub> : Coefficients linéaires ;

b<sub>11</sub>et b<sub>22</sub> : Coefficients quadratiques ;

b<sub>12</sub> : Coefficient d'interaction.

**7.3.Niveaux des variables**

Pour chaque variable codée (X<sub>i</sub>) trois niveaux, **-1, 0** et **+1** sont attribués. **-1** et **+1**représentent les valeurs extrêmes.

Le plan d'expérience de type composite centré est présenté soit par des grandeurs codées ou réelles.

Avec les grandeurs codées, le tableau prend le nom de *matrice d'expériences* (tableau7).

**Tableau6** : Matrice d'expérience du plan composite centré à deux facteurs.

Essais	Matrice	
	X <sub>1</sub> (Pourcentage de farine de datte)	X <sub>2</sub> (Température de cuisson)
1	<b>-1</b>	<b>-1</b>
2	<b>-1</b>	<b>0</b>
3	<b>-1</b>	<b>+1</b>
4	<b>0</b>	<b>-1</b>
5	<b>0</b>	<b>0</b>
6	<b>0</b>	<b>+1</b>
7	<b>1</b>	<b>-1</b>
8	<b>1</b>	<b>0</b>
9	<b>1</b>	<b>+1</b>
10	<b>0</b>	<b>0</b>

## 7.4. Détermination des variables réelles

### 7.4.1. Pourcentage de farine de datte

La borne inférieure pour l'addition de farine de datte au chocolat a été fixée à 15% (tableau 8).

Les niveaux de substitution de sucre/farine de cacao par la farine de datte choisis sont : 15, 25 et 30% (p/p). Ce choix est basé sur des essais préliminaires envue de chercher des niveaux significatifs sur le plan technologique et del'acceptabilité de chocolatobtenu sur le plan sensoriel (**Hegazy et al., 2014; Bourekoua, 2018**).

**Tableau 7** : Variables et leurs niveaux pour le plan central composite.

Variables	Niveau des variables codes		
	-1	0	+1
<b>X1 : Pourcentage de farine de datte (%)</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>X2 : Température de cuisson (°C)</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>65</b>

### 7.4.2. Température de cuisson

Le choix de la température de cuisson de chocolat a été déterminé sur la base d'essais préliminaires.

Pour chaque variable de réponse, l'évaluation de la pertinence du modèle a été déterminée. Le modèle semblait être quadratique et le seuil de signification était fixé à 0,05. Les réponses de chaque variable ont été soumises à une analyse statistique afin de définir les points optimaux pour la préparation de chocolat enrichi en utilisant les fonctions de désirabilité (**Simurina et al., 2012**).

**Tableau 8 :** Facteurs, niveaux et valeurs fondamentales utilisés dans le modèle composite central (CCD) pour les chocolats enrichis et cuits aux différentes températures.

Essais	Valeurs codées		Valeurs codées	
	Pourcentage de farine de datte (%)	Température de cuisson (°C)	CCD	
			Pourcentage de farine de datte (%)	Température de cuisson (°C)
<b>1</b>	-1	-1	15	45
<b>2</b>	-1	0	15	55
<b>3</b>	-1	+1	15	65
<b>4</b>	0	-1	25	45
<b>5</b>	0	0	25	55
<b>6</b>	0	+1	25	65
<b>7</b>	+1	-1	30	45
<b>8</b>	+1	0	30	55
<b>9</b>	+1	+1	30	65
<b>10</b>	0	0	25	55

## 8. Analyse statistique

Les résultats ont été exprimés en moyenne  $\pm$  écart type. L'analyse statistique a été réalisée avec le test de Duncan (avec un intervalle de confiance  $\alpha \leq 0,05$ ) à l'aide du logiciel statistique SPSS version 25.0 (SPSS Inc., Chicago, États-Unis) (Hyun-Jung et al., 2014; Mogol et Gökmen, 2014). Le logiciel statistique JMP (Version, 11) a été utilisé pour déterminer les coefficients des polynômes pour chaque réponse. La variance de Fisher ( $F$ ) a été utilisée pour vérifier la signification du coefficient de régression. Un coefficient de détermination ( $R^2$ ) a été calculée et l'adéquation de modèle a été testée en séparant la somme résiduelle des carrés en erreur pure et manque d'ajustement (Bourekoua et al., 2016).

# **Partie III**

## **Résultats et discussions**

Partie III: Résultats et discussions

1. Matière première

Le tableau 10 représente les caractérisations physicochimiques de la datte Mech Degla utilisée dans l'enrichissement de chocolat.

Tableau 9: Caractérisations physicochimiques de la datte Mech Degla.

Paramètres	Valeur
Humidité (%)	14.2±0.08 <sup>a</sup>
Matière sèche (%)	85.8±0.08 <sup>b</sup>
Cendres (%)	1.46±0.01 <sup>c</sup>
Matière organique (%)	98.54±0.01 <sup>d</sup>
pH	5.31±0.005 <sup>e</sup>
Acidité titrable	0.17±0.03 <sup>f</sup>
Brix°	66.28±0.18 <sup>g</sup>
Sucre totaux (%)	69.8±0.2 <sup>h</sup>
Polyphénols (mg EAG/100g MS.)	65.8±1.37 <sup>i</sup>

Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .

Les différentes caractéristiques physicochimiques de la datte Mech Degla sont présentées dans le tableau 10

La datte Mech-Degla contient 14.2% d'eau. Cette datte représente une variété sèche puisque elle renferme une faible quantité d'eau par contre aux variétés molles (Ghars...) qui contiennent une quantité très importante d'eau. Cette valeur est supérieure à celle rapportée par **Noui (2016)** pour la même variété de datte (11.98%). Il convient de noter que la teneur en eau est le facteur responsable de la consistance du fruit (**Idder et al., 2015**).

La faible teneur en eau de la datte protège le fruit contre le développement des microorganismes ce qui favorise sa longue durée de conservation (**Acourene et al., 2014 ; Belkacemi et Rahmani, 2019**). En plus, la teneur en matière sèche de la variété sèche est très élevée par rapport à la variété molle et demi- molle.

D'après les résultats on constate que la valeur de pH et de l'acidité de la datte étudiée est 5.31 et 0.17, respectivement. **Noui (2016)** a trouvé un pH égal 5.52 pour la variété de Mech Degla.

Le pH constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération (**Chibane et al., 2007**). Il a été rapporté par **Bezghouche et Selatnia (2013)** que le taux de l'acidité des dattes est proportionnel à la teneur en eau et donc inversement proportionnel au degré de maturité.

Le taux de cendre de la datte Mech Degla est égale 1.46%. Ce résultat indiquant sa richesse en éléments minéraux (**Sayah et Didi, 2010**). Le taux de cendres représente les résidus inorganiques restant après l'incinération de la matière organique dans la farine. Donc les dattes peuvent être considérées comme des fruits riches en éléments minéraux (**Yahmi et Tigharghar, 2017**).

Le degré Brix de la datte Mech Degla est 66.28%. Cette valeur est inférieure à celle trouvée par **Noui (2016)** pour la même variété de datte (65.57). Le degré Brix traduit le contenu de la datte en matière glucidique (**Retima, 2015**).

D'après le tableau 10 on constate que la datte Mech Degla renferme 69.8% de sucres totaux. Cette valeur est supérieure à celle rapportée par **Noui (2016)** (63.10%). Selon **Lekbir (2017)**, une datte est dite de qualité biochimique acceptable quand elle présente une teneur en sucres égale ou supérieure à 65% du poids sec.

**Sayah (2018)** ont rapporté que les variétés de datte riche en sucre ont une texture tendre. En plus, elles ont un pouvoir sucrant élevé ce qui explique probablement leur goût sucré. Les sucres totaux sont des constituants plus importants dans les dattes de bon caractère (**Barhoum et Elgahri, 2020**).

La teneur en polyphénols dans la datte Mech Degla est 65.8 mg EAG/100g. Cette valeur est supérieure à celle trouvée par **Noui (2016)** (33.99 mg EAG/100g) pour la même variété. **Lekbir (2016)** a mentionné que la datte Degla Baida contient 176.92 mg EAG/100g.

La teneur en polyphénols totaux varie selon : l'origine de cultivar, la maturité, la saison, la fertilisation des sols, le temps d'exposition au soleil, l'échantillonnage et les méthodes d'extraction et de dosage. D'autre part, il a été observé que la perte d'astringence au cours de la maturation est associée a la perte de la teneur en composés phénoliques (**Koffi et al., 2010**).

De nombreuses études montrent que les composés phénoliques exercent des effets favorables sur la santé humaine, en réduisant le risque de nombreuses maladies telles que le cancer, les maladies cardio-vasculaires et les maladies inflammatoires (Lekbir, 2016).

## 2. Propriétés physico-chimiques des chocolats pâtes à tartiner'

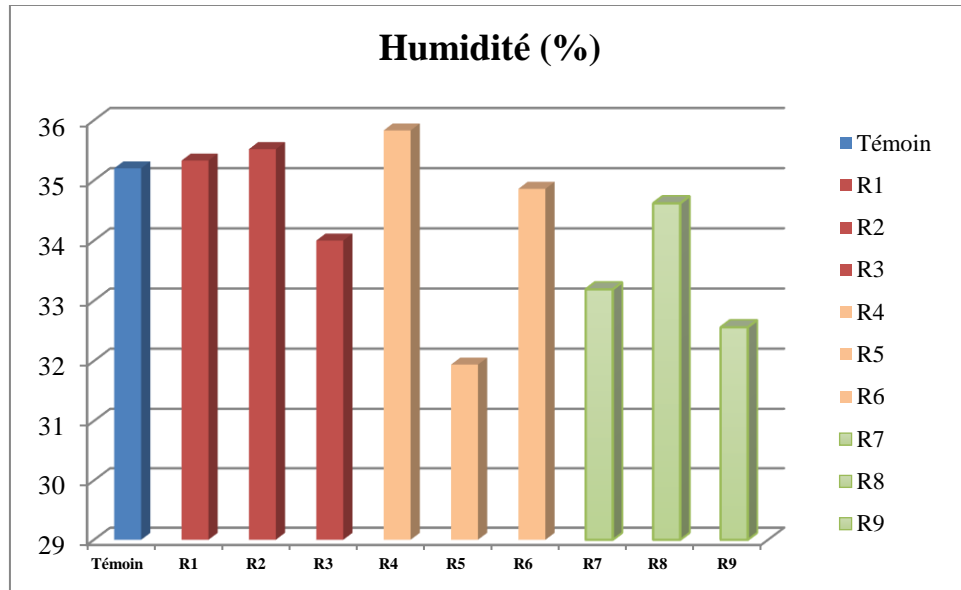
### 2.1.Teneur en eau :

Le tableau 11 et la figure montrent la teneur en eau des différents échantillons de chocolat.

**Tableau 10** : La teneur en eau des chocolats fabriqués.

farine de dattes (%)	Chocolats	Humidité (%)
0%	Témoin	35.20±0.52 <sup>a</sup>
15%	R1 (45 °C)	35.33±1.10 <sup>b</sup>
	R2 (55 °C)	35.52±0.36 <sup>c</sup>
	R3 (65 °C)	34.00±0.63 <sup>d</sup>
25%	R4 (45 °C)	35.83±0.39 <sup>e</sup>
	R5 (55 °C)	31.94±5.48 <sup>f</sup>
	R6 (65 °C)	34.86±0.33 <sup>g</sup>
30%	R7 (45 °C)	33.19±0.40 <sup>h</sup>
	R8 (55 °C)	34.62±0.70 <sup>i</sup>
	R9 (65 °C)	32.56±0.46 <sup>j</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .



**Figure 14 :** Teneur moyenne en eau des chocolats fabriqués.

Les teneurs en eau des différents échantillons de pâte à tartiner sont significativement différentes et varient entre 31.94% et 35.83%. Ces valeurs sont proches à celles trouvées par **IK Ali et al. (2020)** (entre 30.35 et 42.53%), et supérieures aux teneurs en eau de chocolat au lait mentionnées par **Jeyarani et al. (2013)**.

La teneur en humidité des chocolats a été diminuée par l'addition de la farine de datte et aussi par l'augmentation de la température de cuisson (tableau11.). Ceci est provient de la faible teneur en eau de farine de datte (14.2%) et également à l'accroissement de la température de cuisson.

Similairement, **Amevor et al. (2018)** a trouvé une diminution de la teneur en eau dans les chocolats pâtes à tartiner' additionnés par la poudre de noix de cajou.

La teneur en eau est un paramètre important pour la conservation des aliments (**Teshome et al., 2017**). En effet, la teneur en eau dans les aliments est fortement liée à leur activité de l'eau. Ce paramètre détermine l'intensité des réactions chimiques et enzymatique ainsi que la vitesse de développement des micro-organismes (**Jeyarani et al., 2013**).

2.2.Potentiel Hydrogène (pH)

Le tableau 12 et la figure15 représentent les valeurs de pH des chocolats ‘pâte à tartiner’ préparés.

Tableau 11: Les valeurs de pH des chocolats préparés.

farine de datte (%)	Chocolats	pH
0%	Témoin	6.33±0.02 <sup>a</sup>
15%	R1 (45 °C)	6.40±0.019 <sup>d</sup>
	R2 (55 °C)	6.35±0.019 <sup>b</sup>
	R3 (65 °C)	6.33±0.019 <sup>a</sup>
25%	R4 (45 °C)	6.45±0.004 <sup>e</sup>
	R5 (55 °C)	6.39±0.004 <sup>c</sup>
	R6 (65 °C)	6.38±0.021 <sup>c</sup>
30%	R7 (45 °C)	6.45±0.004 <sup>e</sup>
	R8 (55 °C)	6.45±0.004 <sup>e</sup>
	R9 (65 °C)	6.41±0.018 <sup>d</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C , 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .

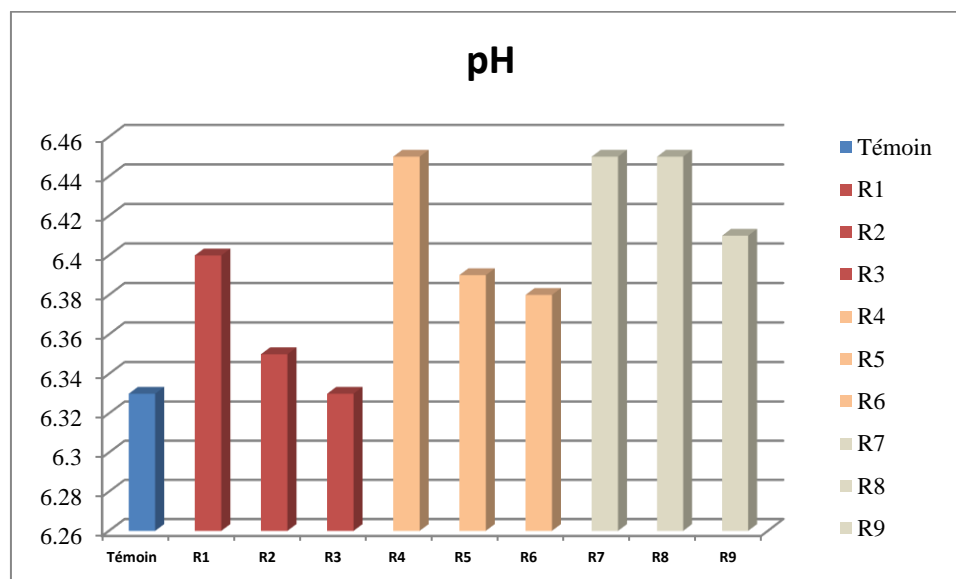


Figure 15 : Les résultats du pH des chocolats analysés.

D’après le tableau 12 on constate que les valeurs de pH des chocolats préparés varient entre 6.33 et 6.45 %. Ces valeurs sont proches à celles trouvés (6.25-6.41) par **Amevor et al. (2018)** pour

les chocolats ‘pâte à tartiner’ enrichis en poudre de noix de Cajou, mais inférieures aux pH rapportés par **Barcelon (2015)** (4.90).

Le chocolat témoin a le pH le plus réduit (6.33) par rapport aux chocolats enrichis en datte. Tandis que, les chocolats R4, R7 et R8 représentent les valeurs les plus élevées du pH (6.45).

Le pH a été augmenté sous l’effet de l’accroissement de pourcentage de datte et diminué par l’augmentation des températures de cuisson.

**Fitriani Nur et al. (2020)** a mentionné que les valeurs de pH ont été augmentées dans les chocolats ‘pâtes à tartiner’ enrichis en fruits de Jacquier originaire d’Inde.

**Messaoudi (2019)** a rapporté que l’addition des farines des dattes aux produits céréaliers permet d’obtenir des valeurs de pH proches à 7.

La cuisson affecte les différents constituants de l’aliment (**Ait Aneur, 2006**). Lors de la cuisson de chocolat, l’augmentation de la température du milieu provoque une dégradation partielle des différents composés constitutifs du chocolat et de beurre de cacao notamment ce qui permet de libérer des acides gras et diminue le pH.

Les hautes températures de cuisson permettent de donner aux aliments un pH proche de l’acidité (**Ait Aneur, 2006**).

**Andrés-Bello et al. (2013)** a montré que le faible pH influe sur la fermentation du cacao, et la réaction de Maillard de chocolat ‘pâte à tartiner’ lors de sa conservation, ce qui génère des altérations de la couleur, de la saveur et de la texture (acceptation sensorielle du chocolat).

Le pH est un paramètre qui détermine la qualité de conservation des aliments. Il est considéré comme l’un des principaux obstacles que la flore microbienne doit surmonter pour assurer sa prolifération (**Giddey, 1982; Gatel, 1982**).

### 2.3. Taux des cendres

Le tableau 13 et la figure 16 représentent le taux des cendres des chocolats ‘pâte à tartiner’ fabriqués.

Les cendres totales de la matière végétale sont les restes des corps inorganiques obtenus, après la calcination, jusqu’à l’obtention d’un poids constant. (**Compos et al., 2008**).

Tableau 12: Taux des cendres dans les chocolat pâte à tartiner' fabriqués.

farine de datte (%)	Chocolats	Cendres (%)
0%	Témoin	2.05±0.25 <sup>a</sup>
15%	R1 (45 °C)	2.26±0.30 <sup>b</sup>
	R2 (55 °C)	2.26±0.37 <sup>b</sup>
	R3 (65 °C)	2.26±0.74 <sup>b</sup>
25%	R4 (45 °C)	2.31±0.16 <sup>c</sup>
	R5 (55 °C)	2.31±0.07 <sup>c</sup>
	R6 (65 °C)	2.33±0.19 <sup>c</sup>
30%	R7 (45 °C)	2.44±0.26 <sup>d</sup>
	R8 (55 °C)	2.44±0.22 <sup>d</sup>
	R9 (65 °C)	2.44±0.16 <sup>d</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C , 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .

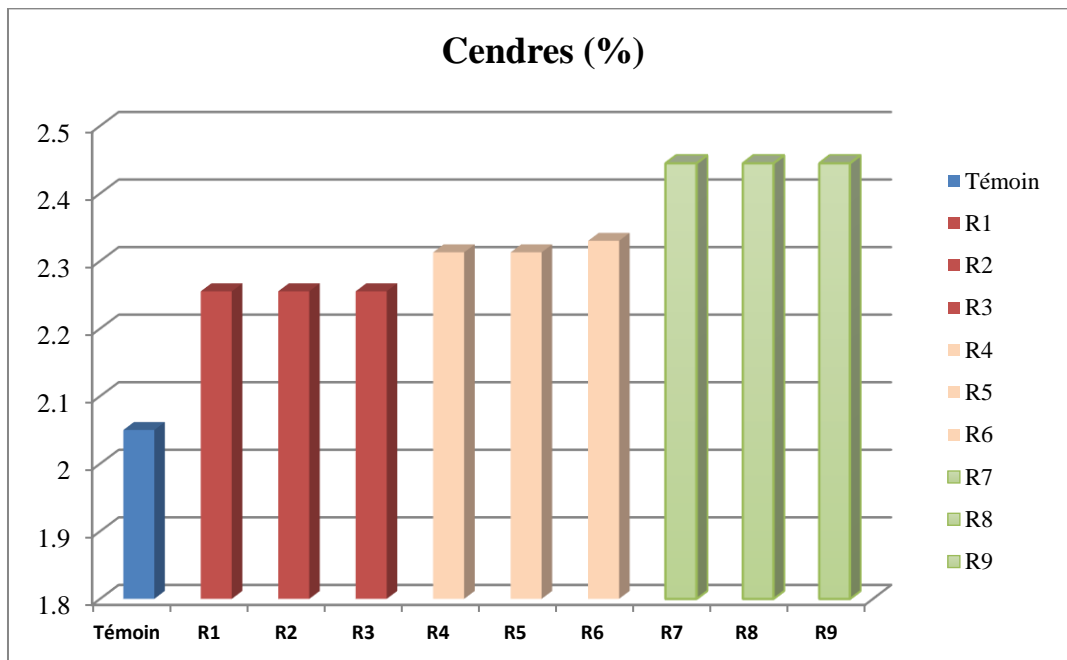


Figure 16: Taux des cendres des chocolats analysés.

Les résultats des cendres obtenus varient entre 2.05 et 2.44%. Il y a une différence significative entre la teneur en cendres de chocolat témoin et les teneurs en cendres des chocolats enrichis (tableau

13). Ces valeurs sont proches aux celles trouvées par **Chire Fajardo et al., (2016)** pour le chocolat (1.25-2.29%).

Cependant, l'augmentation de la teneur en cendres dans les chocolats fabriqués est associée à l'incorporation de la farine de datte qui a une teneur élevée en cendres (1.46%).

**Amevor et al. (2018)** a mentionné que l'addition du poudre de noix de Cajou augmentait la teneur en cendres des chocolats 'pates à tartiner' (de 1.69 à 1.85%).

Similairement, **Amellal (2007)** a trouvé une amélioration dans le taux des cendres de yaourt enrichi en farine de datte 'Mech-Degla'.

Egalement. **Messaoudi (2019)** a rapporté que les cendres ont été augmentées dans les produits céréaliers (pain et crêpes) enrichis en datte.

La teneur en cendres n'est pas affectée par la température de cuisson (tableau 13 et figure 16 ). **Teshome et al. (2017)** ont rapporté que les cendres contrairement aux vitamines et les acides aminés, ne peuvent pas être détruits par une exposition prolongée à la chaleur.

Finalement, la légère augmentation des cendres après la cuisson de chocolat (R6) dépend de la teneur en eau perdue à la cuisson qui peut induire une augmentation de la concentration des minéraux (**Lahcene et Boudani, 2019**).

### 2.4. Acidité titrable

L'acidité est une mesure du degré d'altération hydrolytique d'une matière grasse ; il permet de mettre en évidence l'hydrolyse ; cependant, cette hydrolyse ne prédit pas le degré d'oxydation ou de polymérisation des acides gras (**Kpovissi et al., 2004**).

Tableau13 : Acidité des chocolats préparés.

farine de datte (%)	Chocolat	Acidité (%)
0%	Témoin	0.88±0.08 <sup>g</sup>
15%	R1 (45 °C)	0.59±0.05 <sup>c</sup>
	R2 (55 °C)	0.72±0.08 <sup>e</sup>
	R3 (65 °C)	0.77±0.04 <sup>f</sup>
25%	R4 (45 °C)	0.45±0.04 <sup>b</sup>
	R5 (55 °C)	0.45±0.05 <sup>b</sup>
	R6 (65 °C)	0.67±0.04 <sup>c</sup>
30%	R7 (45 °C)	0.27±0.04 <sup>a</sup>
	R8 (55 °C)	0.29±0.04 <sup>a</sup>
	R9 (65 °C)	0.45±0.05 <sup>b</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C , 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .

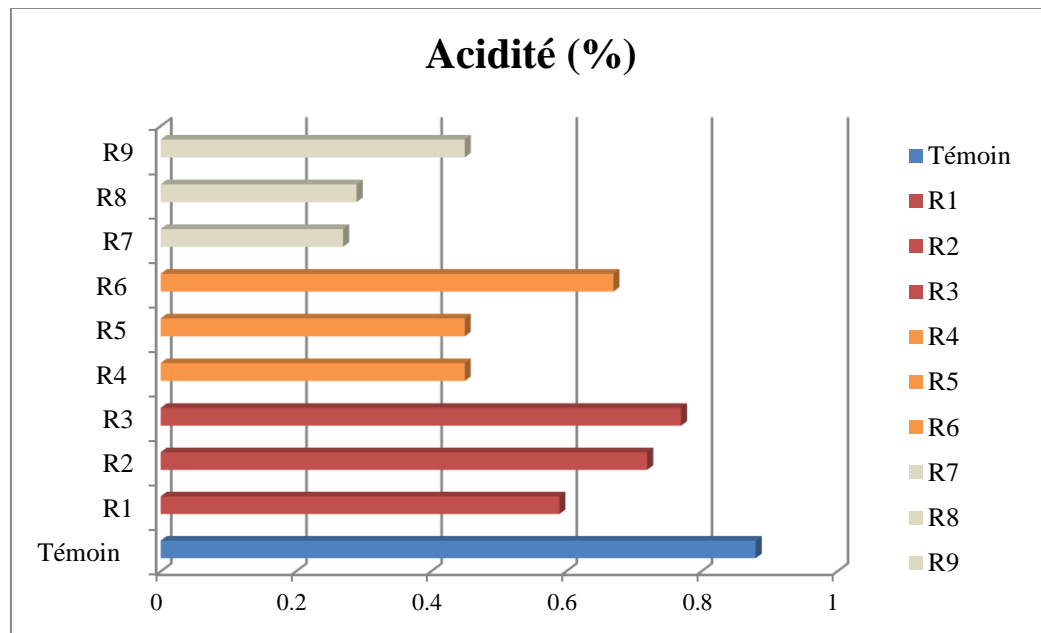


Figure 17 : Acidité des chocolats analysés.

Les résultats obtenus varient entre 0.27 % et 0.88 %. Ces valeurs d'acidité sont supérieures à celle mentionné par **Yadav et al. (2011)** (0.35%). **Ranganna (2005)** a rapporté que la limite maximale d'acidité est 3%.

En compassion aux chocolats cuits à 45 et 55 °C, les chocolats cuits à 65°C (R3, R6 et R9) présentent des valeurs d'acidité élevées (0.77, 0.67 et 0,45 %, respectivement). Ceci peut s'expliquer par la dégradation du beurre de cacao et la libération des acides gras sous l'effet de la température de cuisson.

La teneur en acides gras libres du beurre de cacao intéresse les producteurs et les fabricants de chocolat car un pourcentage élevé signifie une réduction de la qualité des fèves de cacao et ce qui entraîne une diminution de la dureté du beurre de cacao (Afoakwa *et al.*, 2014 ).

**Bousselma (2021)** a déclaré que l'acidité augmente pendant le séchage des abricots et que le fruit séché devient plus acide que le frais.

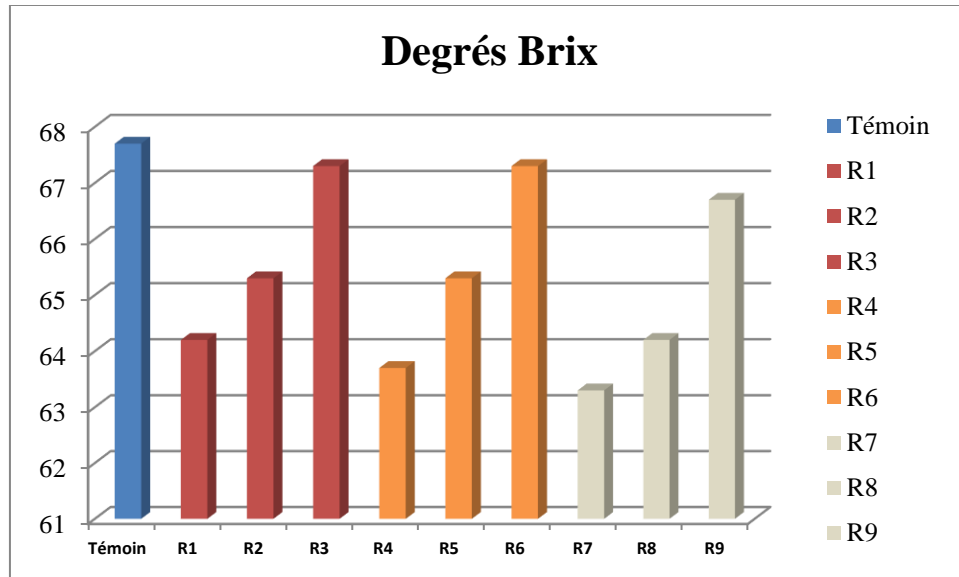
**2.5.Degrés de Brix :**

Le tableau 15 et la figure 18 montrent les degrés Brix des chocolats fabriqués.

**Tableau 14 : Degrés Brix des chocolats préparés.**

<b>farine de dattes (%)</b>	<b>Chocolats</b>	<b>Degré Brix</b>
<b>0%</b>	<b>Témoin</b>	67.7 ±1.0 <sup>g</sup>
<b>15%</b>	<b>R1 (45 °C)</b>	64.2±0.8 <sup>c</sup>
	<b>R2 (55 °C)</b>	65.3±0.6 <sup>d</sup>
	<b>R3 (65 °C)</b>	67.3±0.5 <sup>f</sup>
<b>25%</b>	<b>R4 (45 °C)</b>	63.7±0.3 <sup>b</sup>
	<b>R5 (55 °C)</b>	65.3±0.7 <sup>d</sup>
	<b>R6 (65 °C)</b>	67.3±0.1 <sup>f</sup>
<b>30%</b>	<b>R7 (45 °C)</b>	63.3±0.3 <sup>a</sup>
	<b>R8 (55 °C)</b>	64.2±0.8 <sup>c</sup>
	<b>R9 (65 °C)</b>	66.7±0.6 <sup>e</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C , 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .



**Figure 18 : Degrés de Brix des chocolats analysés**

D'après les résultats on constate que les degrés Brix de chocolat varient entre 63.3° et 67.7°. Ces valeurs sont supérieures à celle mentionnée par **Barcelon et al. (2015)** (38.65°Brix) et inférieures au degré brix trouvé par **Chakraborty et al. (2011)** (68°Brix).

La baisse des degrés Brix des chocolats enrichis (R1, R2.... R9) est liée au remplacement des sucres par la farine de dattes dans sa formulation.

Le degré Brix de chocolat a été augmenté par la température de cuisson (tableau 15). Également, **Bousselma (2021)** a constaté une augmentation des niveaux des sucres contenus dans l'abricot avec l'accroissement de la température de séchage. Cette augmentation correspond à la concentration des sucres par l'élimination de H<sub>2</sub>O.

## 2.6. Indice de peroxyde :

Le tableau 16 et la figure 19 montrent l'indice de peroxyde des chocolats fabriqués.

L'indice de peroxyde est l'un des indicateurs chimiques les plus couramment utilisés pour la détermination de la qualité des matières grasses et des huiles (**O'Brien, 2004**).

Tableau 15 : Indice de peroxyde des chocolats analysés.

farine de dattes (%)	Chocolats	Indice de peroxyde (még d'O <sub>2</sub> /Kg)
0%	Témoin	1.39±0.01 <sup>h</sup>
15%	R1 (45 °C)	1.15±0.01 <sup>d</sup>
	R2 (55 °C)	1.29±0.04 <sup>f</sup>
	R3 (65 °C)	1.40±0.02 <sup>i</sup>
25%	R4 (45 °C)	0.82±0.01 <sup>b</sup>
	R5 (55 °C)	1.19±0.071 <sup>e</sup>
	R6 (65 °C)	1.33±0.01 <sup>g</sup>
30%	R7 (45 °C)	0.78±0.02 <sup>a</sup>
	R8 (55 °C)	0.97±0.01 <sup>c</sup>
	R9 (65 °C)	1.19±0.01 <sup>e</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .

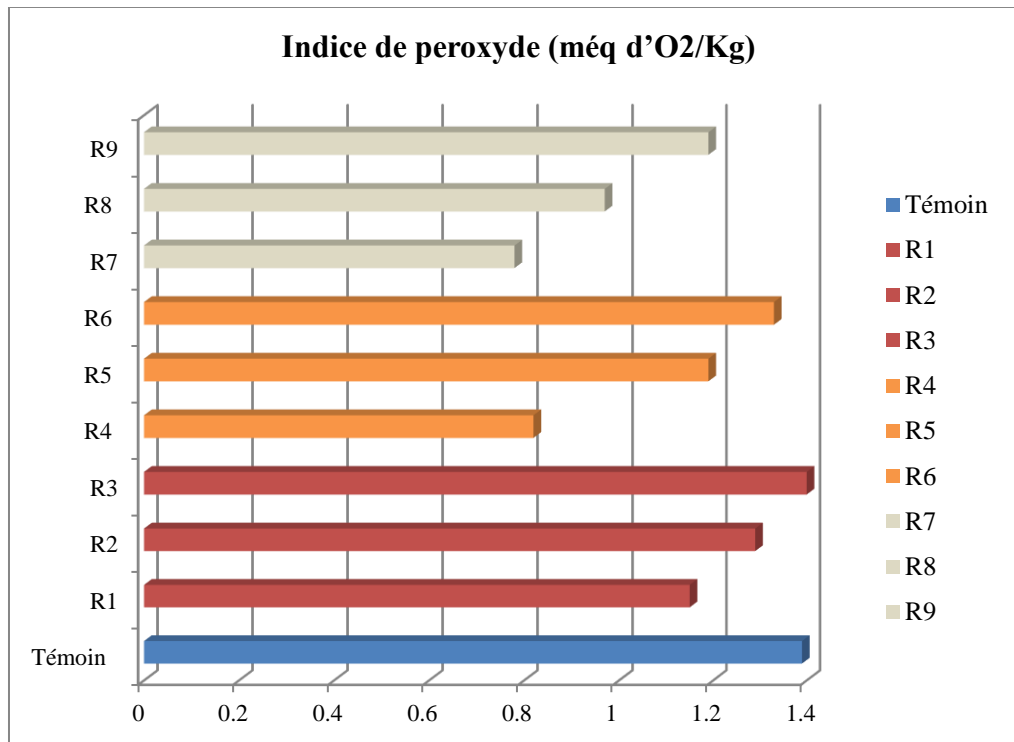


Figure 19 : Résultats d'indice de peroxyde des chocolats analysés.

D'après le tableau 16 on constate qu'il ya une différence significative entre les différentes valeurs d'indice de peroxydes des chocolats. Ces valeurs varient entre 0.78 et 1.39 méq d'O<sub>2</sub>/Kg. Nos résultats sont proches de ceux trouvés par **Yadav et al., (2011)** (0,55-2,20 méq d'O<sub>2</sub>/Kg).

Les résultats de mesure de l'indice de peroxyde sont inférieurs à 10 méq d'O<sub>2</sub>/Kg de matière grasse indiquant que les altérations liées à la dégradation des lipides (oxydation) en sont encore au stade initial (**Mattisek et al., 1998**).

L'indice de peroxyde des chocolats a été augmenté sous l'effet des températures de cuisson (55 et 65°C). **Yadav (2011)** a trouvé des résultats similaires.

L'augmentation de la teneur en farine de datte dans le chocolat a diminué l'indice de peroxyde. Cela est dû à l'effet protecteur (antioxydant) des composés phénoliques contenus dans la datte.

**Yadav et al. (2011)** ont mentionné que l'indice de peroxyde des aliments varie en fonction de l'humidité, de température et de temps de stockage.

### 2.7.Sucres totaux

Le tableau 17 et la figure 20 représentent la teneur en sucres totaux dans les chocolats fabriqués.

Les sucres sont les constituants déterminants de goût sucré d'un aliment, notamment le chocolat ; les sucres apportent une grande valeur énergétique. En plus, ils jouent un rôle essentiel dans la conservation des produits alimentaires grâce, d'une part, à la pression osmotique qu'ils exercent sur les microorganismes, et d'autre part l'abaissement de l'activité de l'eau de l'aliment (**Ouadfel et al., 2018**).

Les sucres totaux sont définis comme la somme de tous les sucres à l'état naturel et les sucres ajoutés (**Louie et al., 2015**).

Tableau 16: Teneur en sucres totaux des chocolats préparés.

farine de datte (%)	Chocolats	Sucres totaux (%)
0%	Témoin	51.48±0.03 <sup>h</sup>
15%	R1 (45 °C)	47.71±0.01 <sup>g</sup>
	R2 (55 °C)	39.25±0.04 <sup>e</sup>
	R3 (65 °C)	51.27±0.02 <sup>h</sup>
25%	R4 (45 °C)	32.34±0.06 <sup>b</sup>
	R5 (55 °C)	45.00±0.01 <sup>f</sup>
	R6 (65 °C)	51.17±0.04 <sup>h</sup>
30%	R7 (45 °C)	23.24±0.04 <sup>a</sup>
	R8 (55 °C)	34.41±0.03 <sup>c</sup>
	R9 (65 °C)	36.96±0.21 <sup>d</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C , 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .

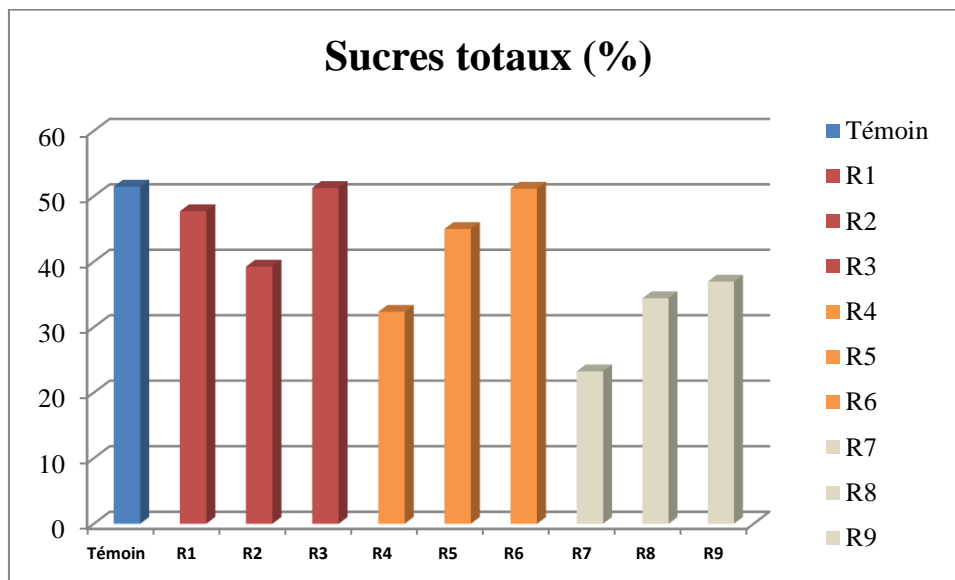


Figure 20 : Teneur en sucres totaux des chocolats préparés.

En comparaison au chocolat de témoin (51.48%), les chocolats additionnés de farine de datte ont des teneurs réduites en sucres (de 23.24% à 51.27%). Cela provient du remplacement de sucre par la farine de datte dans la formulation de chocolat.

Les teneurs en sucres trouvés sont proches à ceux rapportés par **IK Ali et al. (2020)** pour les chocolat ‘pate à tartiner’ enrichis en aubergine (28.45-40.08%).

Le taux des sucres totaux dans les chocolats fabriqués R1 et R5 (47.71 et 45%, respectivement) sont proches à celui donné par **Amerov et al., (2018)** pour le chocolat de ganache (41.36%).

La teneur en sucre des chocolats a été augmentée par la température de cuisson (tableau 17 ). Similairement, **Bousselma (2021)** a constaté une augmentation de la teneur en sucres d'abricot sous l'effet de l'accroissement des températures de séchage. Cette augmentation correspond à la concentration des sucres contenus dans les abricots séchés (élimination de H<sub>2</sub>O). Donc le séchage influe positivement sur la teneur en sucres totaux des produits séchés.

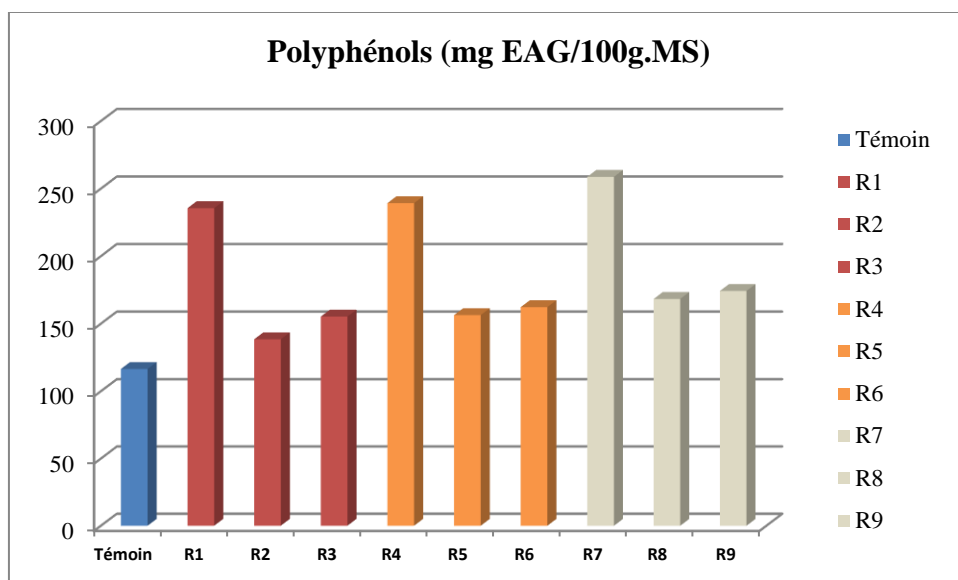
**2.8.Teneur en polyphénols:**

Le tableau 18 et la figure 21 illustrent la teneur en polyphénols des chocolats analysés.

**Tableau 17:** Teneur en polyphénols des chocolats analysés.

<b>farine de datte (%)</b>	<b>Chocolats</b>	<b>Polyphénols (mg EAG/100g.MS)</b>
<b>0%</b>	<b>Témoin</b>	116.44±0.4 <sup>a</sup>
<b>15%</b>	<b>R1 (45 °C)</b>	235.52±0.14 <sup>h</sup>
	<b>R2 (55 °C)</b>	138.42±0.10 <sup>b</sup>
	<b>R3 (65 °C)</b>	155.26±0.07 <sup>c</sup>
<b>25%</b>	<b>R4 (45 °C)</b>	239.21±0.6 <sup>i</sup>
	<b>R5 (55 °C)</b>	156.31±0.60 <sup>d</sup>
	<b>R6 (65 °C)</b>	162.23±0.20 <sup>e</sup>
<b>30%</b>	<b>R7 (45 °C)</b>	258.68±0.03 <sup>j</sup>
	<b>R8 (55 °C)</b>	168.28±0.80 <sup>f</sup>
	<b>R9 (65 °C)</b>	174.21±0.03 <sup>g</sup>

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C , 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à α<0,05.



**Figure 21** : Teneur en polyphénols des chocolats analysés.

Les teneurs en polyphénols de chocolat préparés sont significativement différentes et variaient entre 116.44 et 258.68 mg EAG/100g.MS. Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par **Fitriani Nur et al. (2020)** (88-127 mg EAG/g.MS) pour les chocolats 'pate à tartiner' enrichis en fruits de Jacquier originaire d'Inde.

En comparaison aux chocolats enrichis, le chocolat témoin contient une faible teneur en polyphénols (116.44 mg EAG/100g.MS). Ceci est dû à la richesse de la datte en composés phénoliques.

Le taux de polyphénols a été réduit en augmentant les températures de cuisson (tableau18 ). **Moghol et Gökmen (2014)** ont rapporté que la cuisson à haute température affecte les différents constituants de l'aliment et diminue sa valeur nutritionnelle.

**Bousselma (2021)** a trouvé une réduction dans le taux des polyphénols avec l'augmentation des températures de séchage d'abricot.

2.9. Activité antioxydante par effet du radical DPPH

Le tableau 19 et la figure 22 montrent l'activité antiradicalaire des extraits des chocolats élaborés.

Tableau 18 : Activité antioxydante des extraits des chocolats élaborés.

farine de datte (%)	Chocolats	Activité antioxydante (%)
0%	Témoin	36.9±0.1 <sup>a</sup>
15%	R1 (45 °C)	59.87±0.02 <sup>g</sup>
	R2 (55 °C)	56.24±0.13 <sup>e</sup>
	R3 (65 °C)	47.23±0.16 <sup>c</sup>
25%	R4 (45 °C)	71.88±0.52 <sup>i</sup>
	R5 (55 °C)	59.71±0.01 <sup>f</sup>
	R6 (65 °C)	48.49±0.09 <sup>d</sup>
30%	R7 (45 °C)	75.03±0.10 <sup>j</sup>
	R8 (55 °C)	61.29±0.14 <sup>h</sup>
	R9 (65 °C)	46.91±0.41 <sup>b</sup>
	BHT	65.21±0.28

R1, R2, R3 des chocolats enrichis en 15% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R4, R5, R6 : chocolats enrichis en 25% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. R7, R8, R9 : chocolats enrichis en 30% de farine de Mech-Degla et Cuits à 45 °C, 55 °C et 65 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à  $\alpha < 0,05$ .

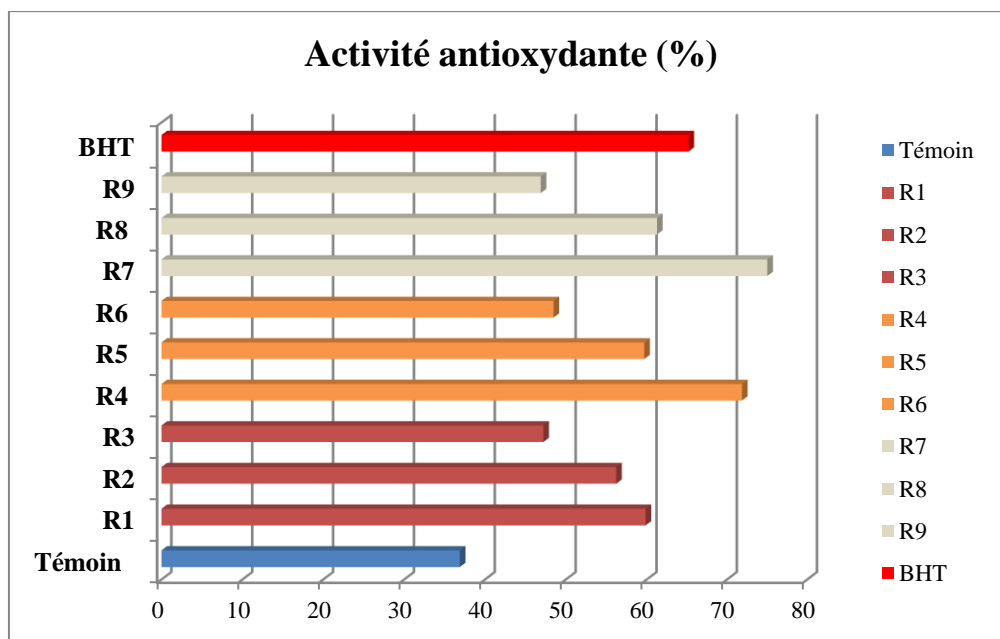


Figure 22: Activité antioxydante des extraits des chocolats préparés.

Les valeurs d'activité anti-oxydante des extraits de chocolats sont significativement différentes et varient entre 46.91 et 75.03 %.

**IK Ali et al. (2020)** ont rapporté que les extraits des chocolats 'pâte à tartiner' enrichis en aubergine ont des activités anti-oxydantes entre 88.22 et 84.75%.

**Fitriani Nur et al. (2020)** ont trouvé des activités anti-oxydantes entre 42.75 ug/ml et 59.74 ug/ml pour les chocolats 'pâte à tartiner' enrichis en fruits de Jacquier originaire d'Inde.

En comparaison aux chocolats enrichis, l'extrait de chocolat témoin contient une faible activité anti-oxydante (36.9 %).

Les extraits de chocolats enrichis en datte ont des valeurs d'activité anti-oxydante plus élevées. Ceci est dû à la richesse de la datte en composés phénoliques.

Il s'ensuit que le pouvoir antioxydant des extraits de chocolats est pratiquement proche de celui (65.21%) du BHT (antioxydant synthétique utilisé en industrie alimentaire) (figure 22 ). Ces résultats montrent que les extraits des chocolats étudiés possèdent un potentiel antioxydant important dû aux présences des polyphénols.

**Amellal (2007)** a rapporté qu'une concentration d'un extrait de datte de 4mg/ml inhibe complètement la peroxydation des lipides et la formation des peroxydes lipidiques.

Le profil phénolique des dattes a révélé que les principaux composés phénoliques présents dans les dattes sont les acides cinnamiques, feruliques, sinapiques et leurs dérivés, ainsi que les flavonoïdes. Tandis que, les acides caféiques, sinapiques et feruliques s'avèrent plus actifs que les acides protocatechiques, syringiques, vanilliques et p-hydroxybenzoïques (**Amellal, 2007**).

L'augmentation ou la diminution de l'activité antioxydante après la cuisson est essentiellement attribuée au changement de la composition phénolique. La même constatation a été rapportée par **Bousselma (2021)** qui a signalé que la diminution d'activité antioxydante d'extrait d'abricot après le traitement thermique est fortement corrélée avec la teneur polyphénolique.

### 3. Propriétés organoleptiques des chocolats pâtes à tartiner'

#### 3.1. Teste de classement (Agréabilité)

Les dégustateurs ont classé les 10 types de chocolats (témoin et enrichis en farine de datte) selon la fiche de classement de l'annexe .... Le tableau 19 représente les cotes de classement données à chaque chocolat par les 10 dégustateurs. L'échantillon auquel on accordait l'aspect le plus acceptable se voyait donner la cote 9, le suivant la cote 8 et celui qui paraissait le moins acceptable la cote 1.

**Tableau 19 :** Données du test de classement par rang d'acceptation de chocolat témoin et des chocolats enrichis en farine de datte.

Code Dégustateur	Témoin (150)	R1 (154)	R2 (155)	R3 (156)	R4 (254)	R5 (255)	R6 (256)	R7 (304)	R8 (305)	R9 (306)
<b>1</b>	9	6	9	8	5	7	5	1	5	7
<b>2</b>	8	6	7	9	4	3	1	5	2	1
<b>3</b>	1	4	6	5	8	3	7	5	2	9
<b>4</b>	1	2	3	4	5	6	7	9	8	9
<b>5</b>	6	7	7	1	7	1	5	8	1	8
<b>6</b>	8	5	2	2	9	6	6	7	1	4
<b>7</b>	5	4	6	6	7	9	2	8	3	1
<b>8</b>	8	4	3	2	6	7	5	9	8	1
<b>9</b>	2	3	4	4	9	5	5	7	8	7
<b>10</b>	2	2	3	6	3	5	9	9	6	1
<b>Total des cotes</b>	<b>50</b>	<b>43</b>	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>63</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>68</b>	<b>44</b>	<b>48</b>

La valeur critique calculée pour  $\alpha=0,05$  (Test de Friedman), pour 10 dégustateurs et 10 échantillons est 43 d'après le tableau 1, annexe 3 (Watts et al. 1991). Le test de signification (Test de Friedman) a révélé qu'il n'y a pas une différence significative entre les chocolats élaborés ; car les valeurs des différences entre les produits sont inférieures à 43 (tableau 20).

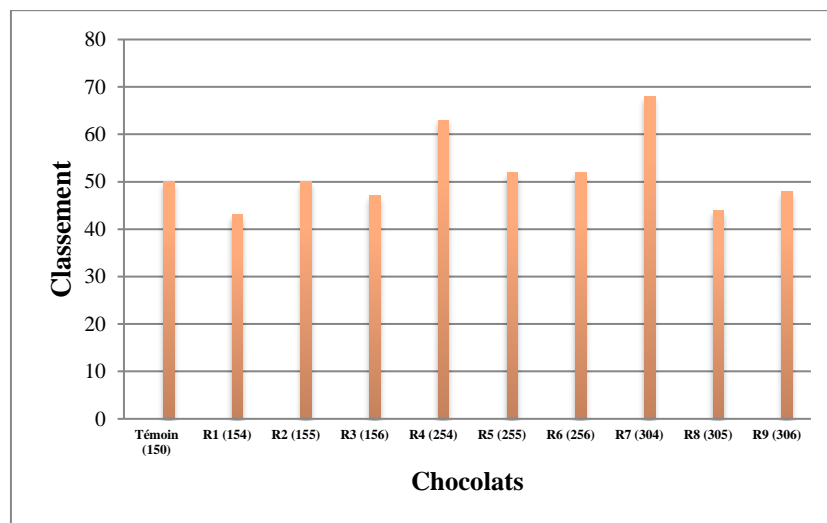
La différence entre les paires de totaux était la suivante :

**Tableau 20:** La différence entre les paires des chocolats préparés.

	R7	R4	R5	R6	Témoin	R2	R9	R3	R8	R1
R7		5	16	16	18	18	20	21	24	25
R4			11	11	13	13	15	16	19	20
R5					02	02	04	05	08	09
R6					02	02	04	05	08	09
Témoin							02	03	06	07
R2							02	03	06	07
R9								01	04	05
R3									03	04
R8										01
R1										

Les dégustateurs ont classé le chocolat R7 en premier lieu puisqu'il est le plus acceptable (acceptation globale = 68), suivi de chocolat R4 (acceptation = 63), puis les chocolats R5 et R6 (acceptation = 52), le chocolat témoin et le chocolat R2 (acceptation = 50), chocolat R9 (acceptation = 48), chocolat R3 (acceptation = 47) et enfin chocolat R8 (acceptation = 44). Tandis que, le chocolat R1 est le moins acceptable (acceptation = 43) par les dégustateurs.

Le classement des 10 chocolats préparés est: R7, R4, R5, R6, chocolat témoin, R2, R9, R3, R8 et R1 (figure 24 ).



**Figure 23 :** Résultats du test de dégustation des chocolats élaborés.

### 3.2. Teste hédonique

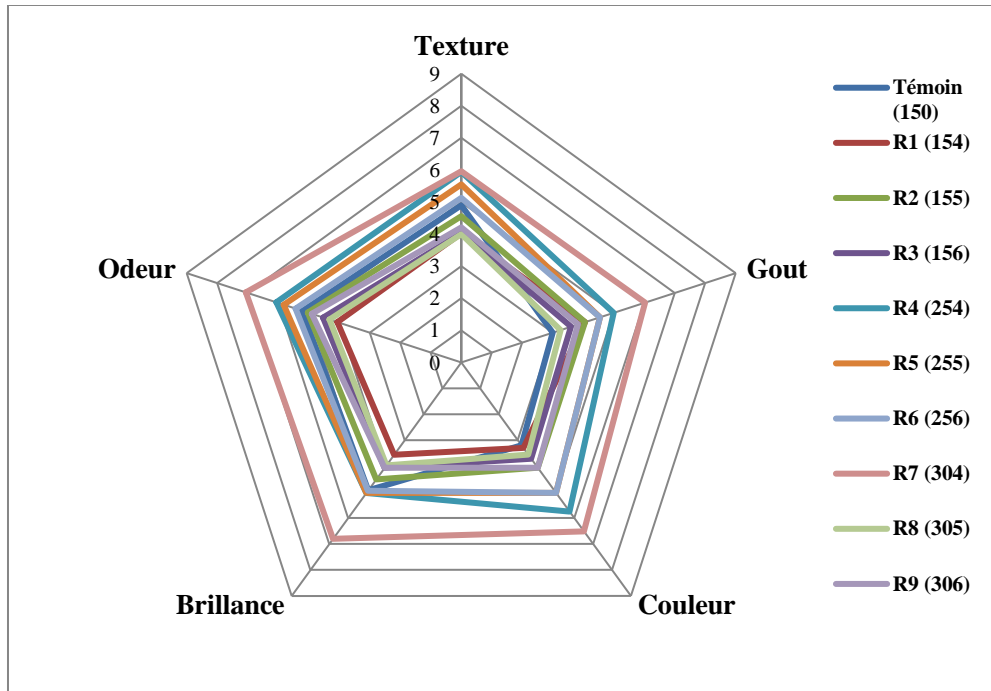
L'effet de l'incorporation de la farine de datte sur les propriétés sensorielles de chocolat a été évalué et présenté dans le tableau 22 Tandis que, la figure 25 montre les profils sensoriels de chocolat témoin et des chocolats enrichis en datte.

**Tableau 21** : Propriétés sensorielles de chocolat témoin et des chocolats enrichis en farine de datte.

Propriété Chocolat	Texture	Gout	Couleur	Brillance	Odeur
<b>Témoin (150)</b>	4.9±0.06 <sup>a</sup>	3±0.15 <sup>b</sup>	3.2±0.06 <sup>a</sup>	4.93±0.04 <sup>c</sup>	5.21±0.06 <sup>g</sup>
<b>R1 (154)</b>	4.03±0.04 <sup>b</sup>	3.06±0.08 <sup>a</sup>	3.3±0.08 <sup>b</sup>	3.56±0.03 <sup>a</sup>	4.06±0.08 <sup>a</sup>
<b>R2 (155)</b>	4.56±0.08 <sup>c</sup>	4.06±0.08 <sup>c</sup>	4.06±0.28 <sup>c</sup>	4.51±0.02 <sup>b</sup>	5.03±0.04 <sup>d</sup>
<b>R3 (156)</b>	4.23±0.04 <sup>d</sup>	3.6±0.22 <sup>d</sup>	3.71±0.01 <sup>d</sup>	4.06±0.22 <sup>f</sup>	4.53±0.04 <sup>b</sup>
<b>R4 (254)</b>	5.94±0.04 <sup>e</sup>	5±0.1 <sup>h</sup>	5.75±0.01 <sup>g</sup>	5.51±0.02 <sup>e</sup>	6.06±0.08 <sup>e</sup>
<b>R5 (255)</b>	5.55±0.07 <sup>f</sup>	4.72±0.17 <sup>g</sup>	5.21±0.01 <sup>f</sup>	5.03±0.04 <sup>d</sup>	5.82±0.0 <sup>c</sup>
<b>R6 (256)</b>	5.13±0.04 <sup>g</sup>	4.55±0.03 <sup>f</sup>	5.03±0.04 <sup>e</sup>	4.95±0.02 <sup>g</sup>	5.43±0.04 <sup>i</sup>
<b>R7 (304)</b>	5.96±0.08 <sup>h</sup>	6.03±0.04 <sup>i</sup>	6.51±0.02 <sup>h</sup>	6.8±0.04 <sup>j</sup>	7.06±0.08 <sup>f</sup>
<b>R8 (305)</b>	4±0.2 <sup>i</sup>	3.26±0.15 <sup>i</sup>	3.55±0.02 <sup>i</sup>	3.97±0.02 <sup>i</sup>	4.32±0.01 <sup>h</sup>
<b>R9 (306)</b>	4.21±0.01 <sup>j</sup>	3.83±0.02 <sup>e</sup>	4.06±0.08 <sup>j</sup>	4.06±0.04 <sup>h</sup>	4.9±0.06 <sup>j</sup>

Les valeurs en exposant avec des différentes lettres dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de signification de 5% ( $\alpha \leq 0,05$ ) analysées par le test de Duncan.

Le teste hédonique permet de mettre en évidence les différences existant entre le chocolat témoin et les chocolats enrichis en farine de datte et aussi de définir le profil sensoriel. Les résultats du test ANOVA mentionnent au seuil de probabilité de 5%, les différences significatives entre les 10 chocolats préparés.



**Figure 24:** Profils sensoriels de chocolat témoin et des chocolats enrichis en farine de datte.

D’après les résultats on constate que l’incorporation de la farine de datte dans le chocolat entraîne une amélioration de son gout (3-6.03) et de sa couleur (3.2-6.51).

Dans le même temps, l’odeur (4.06-7.06), la texture (4.03-5,96) et la brillance (3.56-6.8) des chocolats préparés sont légèrement affectées par l’addition de farine de datte (tableau 22.). Ceci est dû au remplacement de sucre et de cacao par la farine de datte.

Le chocolat enrichi en datte R7 (contenant 30% de farine de datte et cuit a 45 °C) possède les scores les plus élevés pour tous les paramètres sensoriels testés. Les scores de chocolat R4 étaient proches à ceux de chocolat R7, suivi de chocolat R5, R6, chocolat témoin, chocolat R2, R9, R3 et R8. Tandis que, le chocolat R1 (enrichi en 15% de farine de datte et cuit à 45 °C) est le moins agréable (tableau 22 ).

L’analyse sensorielle a révélé que le meilleur profil sensoriel a été observé dans le cas de chocolat (R7) enrichi en 15% de farine de datte et cuit à 45 °C (figure 25).

Les résultats ont montré que l’augmentation de taux d’addition de farine de datte et l’diminution des températures cuisson de chocolat entraîne à une amélioration de tous ses scores sensoriels (texture, gout, couleur, brillance et odeur).

## 4. Optimisation par plan d'expériences de la formulation de chocolat

### 4.1. Ajustement du modèle

L'analyse de la variance induite par l'étude de l'effet de l'addition de différents pourcentages de farine de datte et de changement de température de cuisson sur la qualité des chocolats préparés est montrée dans le tableau 23

**Tableau 22** : Paramètres d'analyse de la variance (ANOVA) du test de traçage pour la formule des surfaces de réponse des chocolats enrichis en différents pourcentages de farine de datte et cuits aux différentes températures.

	Manque d'ajustement	Pure erreur	F: variance de Fischer	R <sup>2</sup>
Humidité (%)	1.30460	0.7968	0.0378*	0.80
Cendres (%)	0.000063	0.0069	0.0001*	1
pH	0.000305	0.0715	0.0142*	0.94
Acidité (%)	0.003241	0.0493	0.0057*	0.96
Indice de peroxyde (méc d'O <sub>2</sub> /Kg)	0.006219	0.0683	0.0094*	0.95
Brix <sup>o</sup>	0.061627	0.2150	0.0004*	0.99
Sucres totaux (%)	1.400540	0.9395	0.0184*	0.83
Polyphénols (mg EAG/100g)	0.009061	0.0692	0.0005*	0.99
Activité antioxydante (%)	0.023757	0.3353	0.00033*	0.99
Acceptabilité de chocolat	2.556600	0.6381	0.01652*	0.82

\*: Significatif à  $\alpha \leq 0,05$ .

L'analyse statistique indique que l'ajustement de modèle était adéquate ( $R^2$  élevée  $\geq 80$ , avec sa signification) pour toutes les réponses de chocolat (Matos et Rosell, 2012 ; Phatcharee et al., 2014). Tandis que, les faibles valeurs de  $R^2$  ont été enregistrées pour la modélisation d'humidité et les sucres totaux.

La valeur de coefficient de détermination ( $R^2$ ) sont élevées, ceci indique que plus de 80% de la variabilité des réponse peut être expliquée par le modèle polynomial d'optimisation utilisée "Modèle de second ordre" (Phatcharee et al., 2014).

**4.2.Chocolats optimaux**

Le tableau 24 et 25 représente l'optimisation de la formulation des chocolats 'pâte à tartiner' enrichis en datte avec les modèles expérimentaux d'optimisation, respectivement.

La sélection de meilleur pourcentage de farine de datte et de la bonne température de cuisson de chocolat est optimisée par le plan d'expériences. Le tableau 24 montre les valeurs optimales de la préparation de 'chocolat pâte à tartiner' (voir aussi annexe 2).

**Tableau 23 :** Optimisation la formulation des chocolats 'pâte à tartiner' enrichis en datte.

<b>Composé/Propriété</b>	<b>farine de datte (%)</b>	<b>Température de cuisson (°C)</b>	<b>Valeur prédite</b>	<b>Valeur calculée</b>	<b>Désirabilité</b>
<b>Humidité (%)</b>	25	55	33.28	31.94	0.40721
<b>Cendres (%)</b>	<b>30</b>	55	2.43	2.44	0.9195
<b>pH</b>	29.07	55	6.42	6.45	0.7701
<b>Acidité (%)</b>	30	44.32	0.25	0.27	0.1497
<b>Indice de peroxyde (még d'O2/Kg)</b>	30	45	0.72	0.78	0.9689
<b>Degré Brix</b>	30	45	63.12	63.3	0.8958
<b>Sucres totaux (%)</b>	30	45	23.07	23.24	0.1417
<b>Polyphénols (mg EAG/100g MS.)</b>	<b>15</b>	45	246.44	258.68	0.8878
<b>Activité antioxydante (%)</b>	<b>30</b>	45	75.41	75.03	0.8544
<b>Acceptabilité de chocolat</b>	30	45	6.54	6.8	0.8349

Les modèles expérimentaux d'optimisation de la formulation de chocolat sont représentés dans le tableau 24 Pour optimiser les conditions de préparation de chocolat enrichi en datte et cuit aux différentes températures, on applique les modèles déterminées dans le tableau 25 Ces modèles représentent des fonctions souhaitables pour chaque variable pour obtenir sa valeur souhaitables.

**Tableau 24 :** Modèles expérimentaux d'optimisation de la formulation.

<b>Composé/Propriété</b>	<b>Modèle expérimental d'optimisation</b>
<b>Humidité (%)</b>	$Y=33.2842857142857 + -0.74 \times X1 + -0.48 \times X2 + X1 \times X2 \times 0.17 + X1 \times X1 \times 0.4 + X2 \times X2 \times 0.71$
<b>Cendres (%)</b>	$Y= 2.314 + 0.090 \times X1 + 0.003 \times X2 + X1 \times X2 \times 0.1 + X1 \times X1 \times 0.0341 + X2 \times X2 \times 0.0042$
<b>pH</b>	$Y= 6.39 + 0.038 \times X1 + -0.03 \times X2 + X1 \times X2 \times 0.007 + X1 \times X1 \times -0.005 + X2 \times X2 \times 0.009$
<b>Acidité (%)</b>	$Y=0.47 + -0.17 \times X1 + 0.096 \times X2 + X2 \times X1 \times -1.38e-17 + X1 \times X1 \times 0.0007 + X2 \times X2 \times 0.055$
<b>Indice de peroxyde (még d'O2/Kg)</b>	$Y=1.15 + -0.15 \times X1 + 0.195 \times X2 + X1 \times X2 \times 0.04 + X1 \times X1 \times 0.0057 + X2 \times X2 \times -0.049$
<b>Degré Brix</b>	$Y= 65.17 + -0.43 \times X1 + 1.68 \times X2 + X1 \times X2 \times 0.075 + X1 \times X1 \times -0.30 + X2 \times X2 \times 0.44$
<b>Sucres totaux (%)</b>	$Y=43.22 + -7.27 \times X1 + 6.018 \times X2 + X1 \times X2 \times 2.54 + X1 \times X1 \times -4.621 + X2 \times X2 \times 0.30$
<b>Polyphénols (mg EAG/100g MS.)</b>	$Y=235.58 + 2.43 \times X1 + 9.12 \times X2 + X1 \times X2 \times -1.745 + X1 \times X1 \times 13.29 + X2 \times X2 \times -85.32$
<b>Activité antioxydante (%)</b>	$Y=60.275 + 3.315 \times X1 + -10.6 \times X2 + X1 \times X2 \times -3.87 + X1 \times X1 \times -2.07 + X2 \times X2 \times -0.65$
<b>Acceptabilité de chocolat</b>	$Y= 5.22 + 0.33 \times X1 + -0.45 \times X2 + X1 \times X2 \times -0.6 + X1 \times X1 \times -0.55 + X2 \times X2 \times 0.49$

L'optimisation du processus d'enrichissement et de cuisson de chocolat conduit à une amélioration de sa qualité physicochimique et sensorielle

L'optimisation par planification expérimentale reste un moyen très utile dans l'industrie agroalimentaire ainsi qu'aux secteurs reliés aux dévalèments des produits agricoles de valeurs économiques et de valeurs nutritionnelles très apprèciabiles par le consommateur ou/et l'industriel.

# **Conclusion**

### Conclusion

L'objectif de notre étude est d'optimiser la formulation d'un chocolat 'pâte à tartiner' en ajoutant un ingrédient très disponible en Algérie, à savoir la datte Mech-Degla. Afin de créer un produit local de meilleure qualité nutritionnelle et organoleptique que les produits commerciaux.

D'après notre résultats on constate que :

- Le taux d'humidité et de sucres a été diminué par l'addition de la farine de datte dans le chocolat (de 35.33 à 31.94%);
- La teneur en cendres et en polyphénols a été augmentée par l'accroissement de taux de la farine de datte incorporée au chocolat (de 2.26 à 2.44%) ;
- Les chocolats enrichis ont des bonnes activités antioxydantes (47.23-75.03%) avec des indices d'oxydation réduits (0.78-1.44). Ceci est provient de la richesse de la datte en composés phénoliques (65.8 mg EAG/100g MS.);
- L'augmentation de la température de cuisson entraine une diminution de l'humidité, des composés phénoliques et de l'activité antioxydante des chocolats préparés avec une augmentation de l'indice de peroxyde ;
- L'incorporation de la farine de datte dans le chocolat entraine une amélioration de son gout (3-6.03) et de sa couleur (3.2-6.51) ;
- Tandis que, l'odeur (4.06-7.06), la texture (4.03-5,96) et la brillance (3.56-6.8) des chocolats préparés sont légèrement affectées par l'addition de farine de datte ;
- L'optimisation du processus d'enrichissement et de cuisson de chocolat conduit à une amélioration de sa fonctionnalité et sa qualité à promouvoir la santé ;
- L'optimisation du processus d'enrichissement et de cuisson de chocolat conduit à une amélioration de sa qualité physicochimique et sensorielle ;
- L'optimisation par planification expérimentale reste un moyen très utile dans l'industrie agroalimentaire ainsi qu'aux secteurs reliés aux dévallements des produits agricoles de valeurs économiques et de valeurs nutritionnelles très appréciables par le consommateur ou/et l'industriel.

Les résultats obtenus dans cette étude servent de base pour des travaux ultérieurs, qui devraient être approfondis et améliorés dans diverses directions. Les perspectives d'avenir incluent:

- Détermination de la composition en acide gras, en vitamine et en oligo-éléments (magnésium.....) ;
- Remplacer le sucre utilisé dans la formulation de chocolat par le sucre extrait des dattes ;
- Estimer les propriétés rhéologiques des chocolats préparés ;
- Remplacer le beurre de cacao par un autre type de matière grasse plus saine ;
- Evaluer l'effet de température de cuisson sur la composition en acides gras des chocolats élaborés ;
- Etudier la stabilité microbiologique des chocolats au cours de sa conservation.

# **Références Bibliographiques**

### Références bibliographiques

**Acourene S., Djafri K., Benchabane A., Tama M. et Taleb B. (2014).** Dates Quality Assessment of the Main Date Palm Cultivars Grown in Algeria. *Annual Research and Review in Biology*, 4(3): 487-499.

**Afoakwa E.O., Paterson A., Fowler M. et Ryan A. (2009).** Matrix effects on flavour volatiles released in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC-mass spectrometry and GC-olfactometry. *Food Chemistry*, 113: 208-215.

**Afoakwa, E.O., Quao, J., Takrama, J., Budu, A. S., and Saalia, F. K, 2013.** Chemical

**Agrahar-Murugkar, D., Gulati, P., Kotwaliwale, N. et Gupta, C. (2015).** Evaluation of nutritional, textural and particle size characteristics of dough and biscuits made from composite flours containing sprouted and malted ingredients. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8): 5129-5137.

**Ait Ameer Lamia. (2006).** Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard : Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse de doctorat. Biologie. Ecole Doctorale ABIÉS, Paris. 207 p.

**Al-Khayri, J. M., Sahana, G. R., Nagella, P., Joseph, B. V., Alessa, F. M., & Al-Mssallem, M. Q. (2022).** Flavonoids as potential anti-inflammatory molecules: A review. *Molecules*, 27(9), 2901.

**Alliot Christophe., Cortin Matthias., Feig-Muller Marion et Ly Sylvain, 2016.** La face cachée du chocolat ; BASIC P2.

**Amellal née Chibane Hayet. (2007).** Aptitude technologiques de quelques variétés communes des dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat. Genie alimentaire. Université M'hamed Bougera-Boumerdes. 105p.

**Amevor Pamela Makafui, Laryea1 Damian et Barimah John. (2018).** Sensory evaluation, nutrient composition and microbial load of cashew nut–chocolate spread. *Cogent Food and Agriculture*, 4: 1-10.

**Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J. et Martínez-Monzó, J. (2013).** Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, 5(3): 158-170.

## Références bibliographiques

---

**ANSES., (2013).** Ciqual table de composition nutritionnelle des aliments. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**ANSES., (2020).** Ciqual table de composition nutritionnelle des aliments. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

**AOAC, International. (1998).** Moisture and Ash of fruits and fruits products, Methods 940.26. Official methods of analysis, (16th edition), Gaithersburg. MD.

**Arif Said, Nurrul Atikah Mohd Nasir, Che Abdullah Abu Bakar, Wan Anwar Fahmi et Wan Mohamad. (2019).** Chocolate Spread Emulsion: Effects of Varying Oil Types on Physico-chemical Properties, Sensory Qualities and Storage Stability. *Journal of Agrobiotechnology*, 10(2):32-42.

**Article Nicole kuchaski << lé chocolat » nutritionniste,(2014)**

**Barel, M., (2010).** Le chocolat est –il bon pour la santé .P 124.

**Barhoum S. et Elgahri N. (2020).** Interaction entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) et les caractéristiques biochimiques de quelques cultivars de palmier dattier *Phoenix dactylifera*. Mémoire de master. Sciences biologiques. Université Mohamed Khider-Biskra.

**Belguedj, M ., 2002.** Caractéristiques des cultivars de dattier dans les palmeraies du sud-est Algérien. Ed. 3D. Alger, 289 p.

**Belkacemi D. et Rahmani S. (2019).** Essai d'Incorporation de la Poudre de Datte Obtenue par Séchage dans une Formulation Alimentaire (Madeleine). Mémoire de master. Sciences Agronomiques. Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira.

**Belouad, A. (2001).** Plantes médicinales d'Algérie. Office des Publications Universitaires, Alger. Ill.cov en coul Edition, 284p.

**Belscak-Cvitanovic, A., Komes, D., Berkovic, M., Karlovic, S., Hecimovic, I., Jezek, D. et Bauman, I. (2012).** Innovative formulations of chocolates enriched with plant polyphenols from *Rubus idaeus* L. leaves and characterisation of their physical, bioactive and sensory properties. *Food Research International*, 48: 820-830.

**Ben Tahar Fatima et Serrayh Fattoum. (2021).** La méthodologie de surface de réponse (RSM) comme outil pour optimiser l'extraction et la quantification des sucre de fruit de palmier dattier. Mémoire de Master. Agroalimentaire et Contrôle de Qualité. Université Amar Telidji Laghouat. 47p.

**Beuzard M, (2003).** Le chocolat Sei.vie, pp : 136-151.

## Références bibliographiques

---

- Bezghouche S. et Selatnia Y. (2013).** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques physicochimiques et organoleptiques de quelques variétés de dattes Algériennes. Mémoire de Master. Biochimie et Microbiologie Appliquée. Université 8 Mai 1945-Gulma.
- BLEUZE, BOURGEOIS, LE GALLOU, POUZAUD, (2012).** Etude de la vitesse de cristallisation du beurre de cacao. Projet d'élèves ingénieurs n°31. Montpellier SupAgro. pages83.
- Bourekoua, H., Benatallah, L., Zidoune, M.N. et Rosell, C.M. (2016).** Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours. *LWT Food Science and Technology*, **73(2016)**: 342-350.
- Bousselma Abl. (2021).** Étude de procédé de transformation d'abricot (*Prunus armeniaca* L.) en produit fini par séchage. Thèse de doctorat. Sciences Alimentaires. 130p.
- Caroline, M., Annelise, B., Jessy, B., Saveria C., Anne-Lise, F-G..(2022).** BTS Diététique. 2ème Edition. France. Pp : 768.
- Chaira N., Ferchichi A., Mrabet A. et Sghairoun M . (2007).** Chemical composition of the flesh and the pits of date palm fruit and radical scavenging activity of their extracts. *Pakistan journal of biological sciences*. 10:2202-2207.
- Chakraborty, I., Chaurasiya, A. K., & Saha, J. (2011).** Quality of diversified value addition from some minor fruits. *Journal of food science and technology*, 48, 750-754.
- Chakraborty, I., Chaurasiya, A. K., & Saha, J. (2011).** Quality of diversified value addition from some minor fruits. *Journal of food science and technology*, 48, 750-754.
- Chehma A. et Longo H-F. (2001).** Valorisation des Sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail, *Revue des Energies Renouvelables: Production et Valorisation – Biomasse*.1 : 59-64.
- Chibane H., Benamara S., Noui Y. et Djouab A. (2007).** Some physicochemical and Morphological Characterizations of Three Varieties of Algerian Common Dates. *European Journal of Scientific Research*, 18 (1): 134-140.
- Chibane, H., Benamara, S., Noui, Y., Djouab, A., 2007.** Some Physiochemical and Morphological Characterizations of Three Varieties of Algerian Common Dates. *European Journal of Scientific Reseach*. 18 (1): 134-140.
- Compos et al., 2008 Bogdanov S. , Almeida-Muradian L.B Szczesna T., Mancebo Y ., Frigerio C., Ferreira F ., 2008** Pollen composition and standardisation of analytical methods. *J. Apicultural Research and Bee world*.

## Références bibliographiques

---

composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation. *Journal of Food Science and Technology*, pp: 1097-1105.

**Daverio S. (2005).** Le chocolat dans tous ses états. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Henri Poincaré. PP: 163.

**Dubois M., Gilles I.A., Hamilton J.K., Robemn F.A. et Smith F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal.Chem*, 28:350-356.

**Espiard, E., 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Tech et Doc-Lavoisier, 360 p.

**Fajardo, C., Arrunategui, R.A.V., Rivera, C.A.O and Peralta, M.O.U., 2016.**

**Fitriani Nur U.A., Yusuf M., Pirman, S. et Rahmiah, S. (2020).** Physicochemical, antioxidant and sensory properties of chocolate spread fortified with jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) flour. *Food Research*, 4 (6): 2147-2155.

**Galla, N.R., Pamidighantam, P.R., Karakala, B., Gurusiddaiah, R.M. et Akula, S. (2007).** Nutritional, textural and sensory quality of biscuits supplemented with spinach (*Spinacia oleracea* L.). *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 7: 20

**Gilles, P., 2000.** Cultiver le palmier dattier .Ed. la librairie du Gridao, France, pp 9-16.

**Girard S,( 1994).** Le guide du chocolat et de ses à côtés

**Goupy, J. (2006).** Les plans d'expériences. (34), 74-116. Revue MODULAD, 2006.

**Goupy, J. et Creighton, L., 2006.** Introduction aux plans d'expériences. *Donud*. 336p.

**Harwich, N. (2008).** Histoire du chocolat. Paris. Les éditions Desjonqueres. 1ère édition, PP:312.

**Hegazy, N.A., Kamil, M.M., Hussein, A.M.S. et Bareh, G.F. (2014).** Chemical and technological properties of improved biscuit by chestnut flour. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 3(6): 7-15.

**Henri, D., Jean-Louis, C., Malewiak, M-L., Leynaud-Rouaud , C., Berthier, A-M. (1992).** Alimentation et nutrition humaines. ESF. France. 1533 p.

**Hyun-Jung, C., Ahra, C. et Seung-Taik, L., 2014.** Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies, *LWT - Food Science and Technology*, 57: 260-266.

**ICCO., (2018).** Les principaux pays producteurs de fèves de cacao dans le monde. International Cocoa Organization.

## Références bibliographiques

---

- Idder M., Ighili H., Mitiche B. et Chenchouni H. (2015).** Influence of date fruit biochemical characteristics on damage rates caused by the carob moth (*Ectomyelois ceratoniae*) in Saharan oases of Algeria. *Scientia Horticulturae*, 190 (2015): 57-63.
- IK Ali Maha, Mostafa Rehab A. et Abdel Gawad Ahmed E. (2020).** Effects of fat replacing with eggplant puree on characteristics of chocolate spread. *MOJ Food Processing and Technology*. 8(3):132-139.
- J.O.R.A.D.P. (2005).** Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire. Décret exécutif n° 05-464 du 6 décembre 2005 correspondant au 4 Dhou El Kaâda 1426, fixant les spécifications des produits de cacao et de chocolat destinés à la consommation humaine. p12-19.
- J.O.R.E. (2000).** Journal officiel des Communautés européennes. DIRECTIVE 2000/36/CE du Parlement Européen et du Conseil Du 23 Juin 2000 relative aux produits de cacao et de chocolat destinés à l'alimentation humaine.
- Jeyarani, T., Banerjee, T., Ravi, R., & Krishna, A. G. (2015).** Omega-3 fatty acids enriched chocolate spreads using soybean and coconut oils. *Journal of food science and technology*, 52, 1082-1088.
- Katz, D. L., Doughty, K., & Ali, A. (2011).** Cocoa and chocolate in human health and disease. *Antioxidants & redox signaling*, 15(10), 2779-2811.
- Koffi E., Sea T., Dodehe Y. and Soro S. (2010).** Effect of solvent type on extraction of polyphenols from twenty three Ivorian plants. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 5(3): 550-558.
- KORTEBI, M., IAICHE ACHOUR M. A., 2013** contribution a la valorisation de la farine de dattes «mech degla» en vue de son incorporation dans un « biscuit sec », pp 4-15
- Lahcene Nessoumer Amina et Boudani Rahma. (2019).** Effet des modes de cuisson sur la qualité nutritionnelle de certains types de viande. Mémoire de master. Nutrition et pathologies. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 44-55p.
- Lekbir Adel. (2016).** Evolution des composés phénoliques et des paramètres biochimiques de trois variétés de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) au cours de différents stades de maturation. Thèse de doctorat. Sciences Agronomiques. Université El Hadj Lakhdar- Batna01-.
- Mardasuklang, L., Dilipkumar, t. et rekha, R. (2019).** Development of dietetic sweet spread using soy and peanut milk passed channa. *The pharma innovation journal*, 8.321-328.
- Maria. B., (2005).** Le chocolat, du plaisir à la santé. Éd. Alpen. France. P 24

## Références bibliographiques

---

- Matos, M.E. et Rosell, C.M. (2012).** Quality indicators of rice-based gluten-free bread- like products: relationships between dough rheology and quality characteristics. *Food Bioprocess Technology*, 6: 2331-2341.
- Mattisek R, Schnepel FM, Steiner G, 1998.** Análisis de los alimentos. Editorial Acribia,  
**Mattisek R, Schnepel FM, Steiner G, 1998.** Análisis de los alimentos. Editorial Acribia,  
**Messaoudi Amel. (2019).** Contribution a la transformation et a la valorisation de la poudre de datte. Sciences des Aliments. Université Hadj Lakhdar-Batna 01. 106p.
- Mogol, B.A. et Gökmen, V. (2014).** Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. *Innovative FoodScience and Emerging Technologies*, **26**: 265-270.
- Mogol, B.A. et Gökmen, V., 2014.** Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 265-270.
- Mudgil, D., Barak, S. et Khatkar, B.S. (2017).** Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. *LWT - Food Science and Technology*, 80: 537-542.
- Naoui Yassine. (2016).** Fabrication et caractérisation des produits alimentaire elaborés a base de datte (*Phoenix dactylifera L.*). Thèse de doctorat. Technologie Alimentaire. Université El Hadj Lakhdar- Batna01-. 98p.
- Nebesny, E., et Żyzelewicz, D. (2006).** Properties of chocolates enriched with viable lactic acid bacteria. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 102(1), pp:27-32
- Nehlig, A. (2013).** The neuroprotective effects of cocoa flavanol and its influence on cognitive performance. *British journal of clinical pharmacology*, 75(3), 716-727.
- Nettles-Barcelón, K. D., Clark, G., Thorsson, C., Walker, J. K., & Williams-Forson, P. (2015).** Black women's food work as critical space. *Gastronomica*, 15(4), 34-49.
- Noui, Y. 2007.** Caractérisation physico-chimique comparative des deux tissus constitutifs de la pulpe de datte « Mech-Degla ». Thèse de Magister spécialité génie alimentaire, Université de Boumerdès. 62 p.
- Noui, y., 2001.** L'optimisation de la production de la biomass «*Saccharomyces cerevisiae*» cultivé sur un extrait de datte. Mémoire d'ingénieur. Département d'agronomie. Université de Batna, 62 p.
- O'Brien R.D. 2004.** Fats and oils: formulating and processing for applications. . Ed: CRC  
**O'Brien R.D. 2004.** Fats and oils: formulating and processing for applications. . Ed: CRC

## Références bibliographiques

---

**Ouadfel, S., & Dahoumane, S. (2018).** Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles de quelques marques de chocolats, chocolats d'imitation et pâtes à tartiner commercialisées en Algérie (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

**Patrick, A., Hervé, C., (2008).** Délices au chocolat, p 07.

**Phatcharee, K. Pitiporn, R. et Manop, S., 2014.** Optimization of hydroxypropylmethylcellulose, yeast b-glucan, and whey protein levels based on physical properties of gluten free rice bread using response surface methodology. *Food Science and Technology*, 57 : 738-748.

**Philippe, R. (2003).** La cuisine au chocolat. Ed. La renaissance du livre. France. 180 p

physical and physicochemical quality of main chocolates traded in Peru.

pp: 242-247.

Press, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton London New York. PP: 744.

Press, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton London New York. PP: 744.

**Rahmani, C., Bourendja, O. K., & Larabi, M. F. (2021).** Étude physico-chimique microbiologique et sensorielle d'une pâte à tartiner avant et après DLC (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).

**Ranganna, 2005.** Handbook of Analysis of Quality Control of Fruit and Vegetable Products.

**Retima L. (2015).** Caractérisation morphologique et biochimique de quelque cultivars du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Foughala (Wilaya du Biskra). Mémoire de Master. Sciences Agronomiques. Université El Hadj Lakhdar- Batna.

**Sayah Z. (2018).** Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques et activités biologiques de quelques dattes sèches, molles et demi-molles de la cuvette de Ouargla au stade Routab et Tmar. Thèse de Doctorat. Sciences Biologiques. Université Kasdi Merbah-Ouargla.

**Sayah Z. et Didi Ould El Hadj M. (2010).** Etude comparative des caractéristiques Physico-chimiques et biochimiques des dattes de la cuvette de Ouargla. *Annales des Sciences et Technologie*, 2(1): 87-92.

**Shrime, M. G., Bauer, S. R., McDonald, A. C., Chowdhury, N. H., Coltart, C. E., & Ding, E. L. (2011).** Flavonoid-rich cocoa consumption affects multiple cardiovascular risk factors in a meta-analysis of short-term studies. *The Journal of nutrition*, 141(11), 1982-1988.

## Références bibliographiques

---

- Simurina, O.D., Ikonic, B.B., Jevtic-Mucibabic, R.C., Belovic, M.M., Koprivica, G.B. et Misljenovic, N.M. (2012).** Application of response surface methodology in the development of specialty bread with sugar beet molasses, flax seed and vital wheat gluten. *Food and Feed Research*, **39**: 11-21.
- Stéphanie, D., (2005).** Le chocolat dans tous ses états. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine. P 80,82.
- Talbot, G., (2014).** Fats for chocolate and sugar confectionery, pp: 170-208.
- Teshome, E., Tola, Y.B. et Mohammed, A., 2017.** Optimization of baking temperature, time and thickness for production of gluten free biscuits from Keyetena Teff (*Eragrostis tef*) variety. *Journal of Food Processing and Technology*, 8(5): 2-8.
- Watts B.M., Ylimaki G.L., Jeffery L.E. et Elias L.G. (1991).** Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. Lise Proulx-Thérien, Ottawa, Canada. ISBN : 0-88936-569-5. 114p.
- [www.nature-cacao.com](http://www.nature-cacao.com).** Consulté le 27/04/2023 à 16 :13.
- [www.portail-du-chocolat.fr](http://www.portail-du-chocolat.fr).** Consulté le 25/05/2023 à 14 :13.
- [www.wiki.scienceamusante.net](http://www.wiki.scienceamusante.net).** Consulté le 03/06/2023 à 13 :16
- Yadav, J. P. Pandey and S. K. Garg, 2011.** Biochemical changes during storage of chocolate,
- Yahmi T. et Tigharghar D. (2017).** Incorporation de la poudre de Dattes (Degla Beida) dans la fabrication d'un aliment fonctionnel (Sablé). Mémoire de Master. Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri-Tizi-Ouzou.

# **Annexes**

**Annexe 1**

Corrélation entre les différents types de chocolats préparés par le teste de Pearson

		<b>Correlations</b>									
		Temoin	R1 (154)	R2 (155)	R3 (156)	R4 (254)	R5 (255)	R6 (256)	R7 (304)	R8 (305)	R9 (306)
Temoin	Pearson Correlation	1	.764**	.330	.032	-.050	.181	-.546**	-.429*	-.346	-.357
	Sig. (2-tailed)		.000	.075	.868	.792	.339	.002	.018	.061	.053
	Sum of Squares and Cross-products	262.80 0	104.60 0	58.800	6.600	-8.200	34.600	105.00 0	-87.400	-	101.60 0
	Covariance	9.062	3.607	2.028	.228	-.283	1.193	-3.621	-3.014	-2.800	-3.503
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R1 (154)	Pearson Correlation	.764**	1	.618**	.053	.091	-.279	-.506**	-.551**	-.638**	.021
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.783	.631	.136	.004	.002	.000	.912
	Sum of Squares and Cross-products	104.60 0	71.367	57.433	5.700	7.767	-	-50.667	-58.467	-	3.133
	Covariance	3.607	2.461	1.980	.197	.268	-.959	-1.747	-2.016	-2.692	.108
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R2 (155)	Pearson Correlation	.330	.618**	1	.539**	-.239	-.180	-.463*	-.736**	-.299	.177
	Sig. (2-tailed)	.075	.000		.002	.204	.340	.010	.000	.109	.351
	Sum of Squares and Cross-products	58.800	57.433	120.96 7	76.100	-	-	-60.333	101.73 3	-	34.067
	Covariance	2.028	1.980	4.171	2.624	-.909	-.807	-2.080	-3.508	-1.639	1.175
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R3 (156)	Pearson Correlation	.032	.053	.539**	1	-.573**	.180	-.296	-.520**	.014	-.263
	Sig. (2-tailed)	.868	.783	.002		.001	.342	.113	.003	.941	.160
	Sum of Squares and Cross-products	6.600	5.700	76.100	164.70 0	-	73.900	27.200	-45.000	-83.800	2.600
	Covariance	.228	.197	2.624	5.679	-2.548	.938	-1.552	-2.890	.090	-2.041
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R4 (254)	Pearson Correlation	-.050	.091	-.239	-.573**	1	-.020	-.098	.150	-.205	.322
	Sig. (2-tailed)	.792	.631	.204	.001		.915	.607	.429	.276	.083
	Sum of Squares and Cross-products	-8.200	7.767	-26.367	-	100.96 7	-	-2.400	-11.667	18.933	56.733
	Covariance	-.283	.268	-.909	-2.548	3.482	-.083	-.402	.653	-1.030	1.956
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

## Annexes

R5 (255)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	.181 .339	-.279 .136	-.180 .340	.180 .342	-.020 .915	1 .573	-.107 .854	.035 .019	.425* .034	-.387* .034
	Sum of Squares and Cross-products	34.600	-	-23.400	27.200	-2.400	139.20 0	-15.000	5.200	72.600	-
	Covariance	1.193	-.959	-.807	.938	-.083	4.800	-.517	.179	2.503	-2.766
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R6 (256)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-.546** .002	-.506** .004	-.463* .010	-.296 .113	-.098 .607	-.107 .573	1 .260	.213 .260	.260 .165	.392* .032
	Sum of Squares and Cross-products	105.00 0	-	-60.333	45.000	11.667	-	140.66 7	31.667	44.667	81.667
	Covariance	-3.621	-1.747	-2.080	-1.552	-.402	-.517	4.851	1.092	1.540	2.816
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R7 (304)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-.429* .018	-.551** .002	-.736** .000	-.520** .003	.150 .429	.035 .854	.213 .260	1 .156	.265 .149	-.270 .149
	Sum of Squares and Cross-products	87.400	-	101.73 3	83.800	18.933	5.200	31.667	157.86 7	48.267	-
	Covariance	-3.014	-2.016	-3.508	-2.890	.653	.179	1.092	5.444	1.664	-2.053
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R8 (305)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-.346 .061	-.638** .000	-.299 .109	.014 .941	-.205 .276	.425* .019	.260 .165	.265 .156	1 .156	.004 .982
	Sum of Squares and Cross-products	81.200	-	-47.533	2.600	29.867	72.600	44.667	48.267	209.46 7	1.067
	Covariance	-2.800	-2.692	-1.639	.090	-1.030	2.503	1.540	1.664	7.223	.037
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
R9 (306)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-.357 .053	.021 .912	.177 .351	-.263 .160	.322 .083	-.387* .034	.392* .032	-.270 .149	.004 .982	1 .982
	Sum of Squares and Cross-products	101.60 0	3.133	34.067	59.200	56.733	-	81.667	-59.533	1.067	307.86 7
	Covariance	-3.503	.108	1.175	-2.041	1.956	-2.766	2.816	-2.053	.037	10.616
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Annexe 2**

Test ANOVA de signification des propriétés sensorielles des chocolats préparés

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Texture	Between Groups	15.819	9	1.758	118.285	.000
	Within Groups	.297	20	.015		
	Total	16.117	29			
Gout	Between Groups	23.455	9	2.606	3.046	.018
	Within Groups	17.115	20	.856		
	Total	40.570	29			
Couleur	Between Groups	34.201	9	3.800	196.288	.000
	Within Groups	.387	20	.019		
	Total	34.588	29			
Brillance	Between Groups	23.871	9	2.652	219.748	.000
	Within Groups	.241	20	.012		
	Total	24.113	29			
Odeur	Between Groups	21.803	9	2.423	400.207	.000
	Within Groups	.121	20	.006		
	Total	21.924	29			

À seuil de signification de ( $\alpha \leq 0.05$ ).

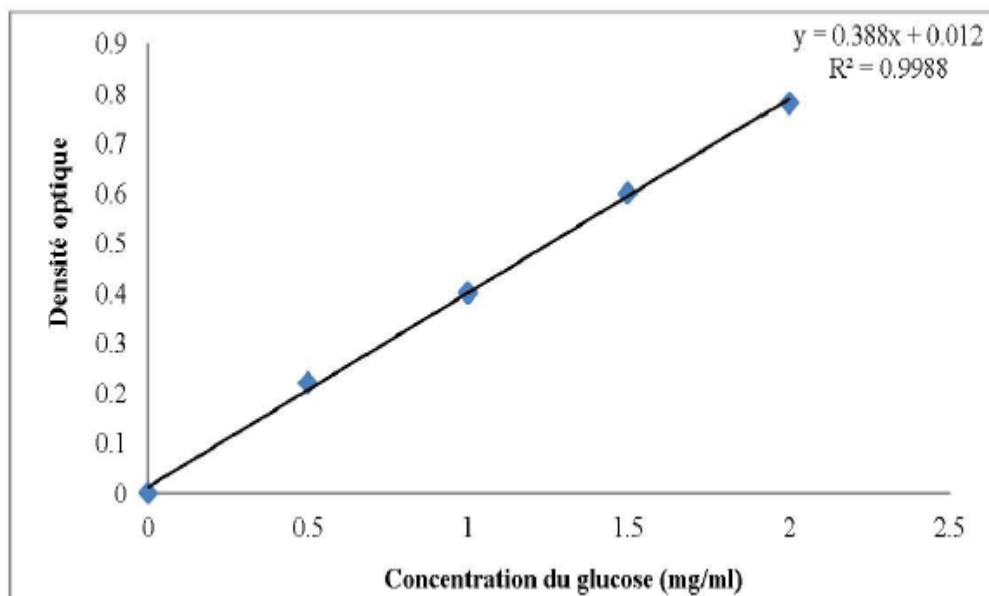
## Annexe 3

Tabl : Différences de somme de classement par rang absolu critiques pour les compositions de « tous traitement » à un seuil de signification de 5%.

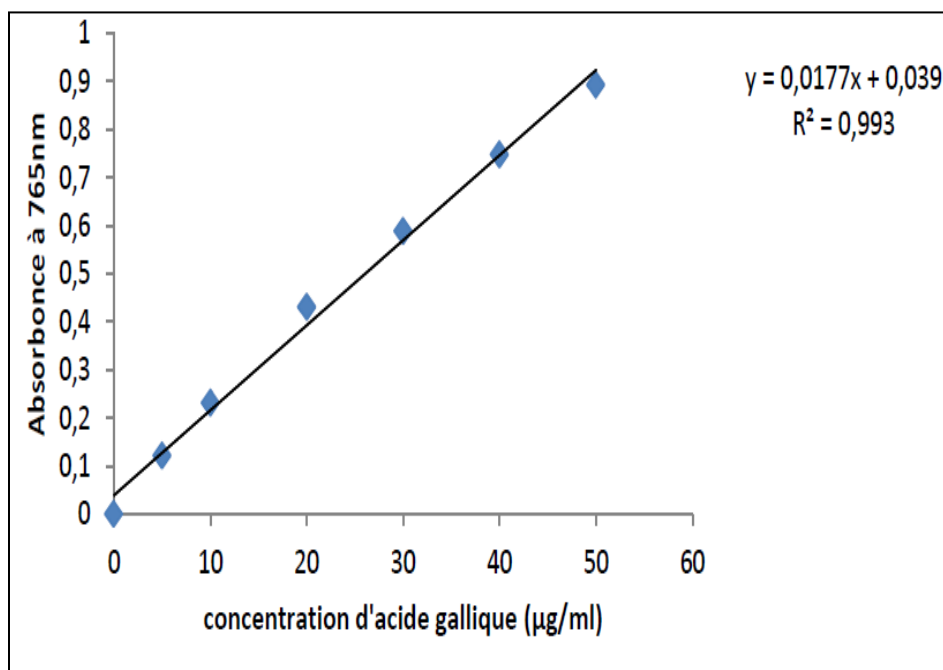
Dégustateurs	Nombre d'échantillons									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167

On se sert des valeurs exactes adaptées de Hollander et Wolfe (1973) jusqu'à 15 dégustateurs.

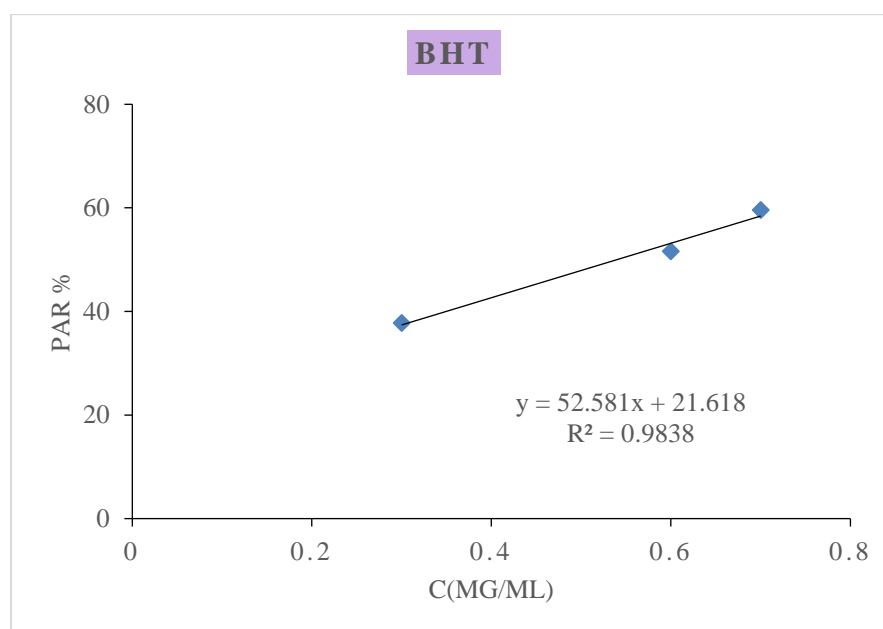
On peut se servir d'interpolation pour les valeurs de tableau non spécifiées faisant appel à plus de 50 dégustateurs.

Annexe 4

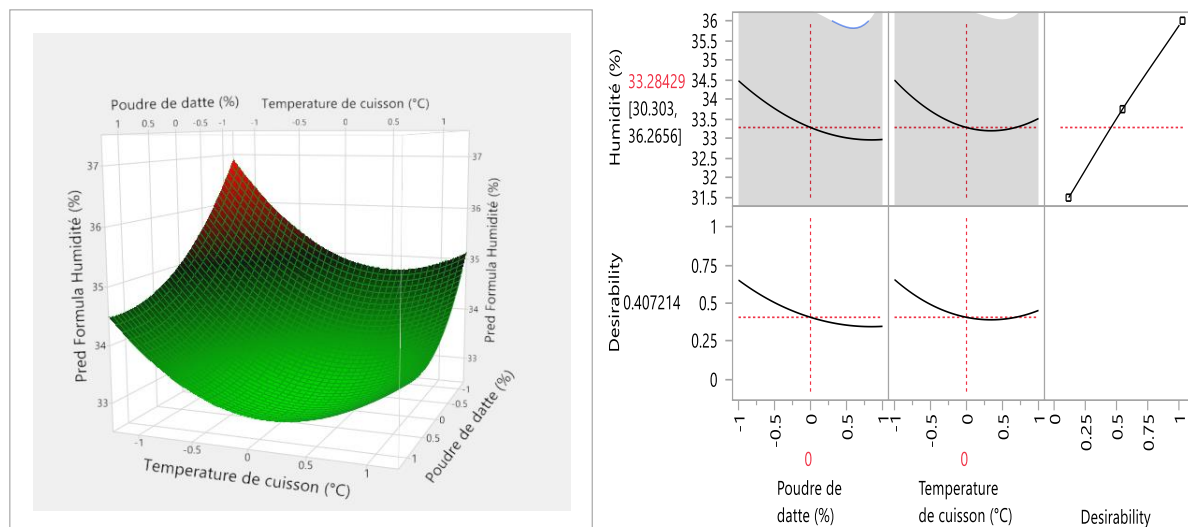
**Figure 01 :** Courbe d'étalonnage de glucose pour le dosage des sucres totaux.

ANNEXE 5

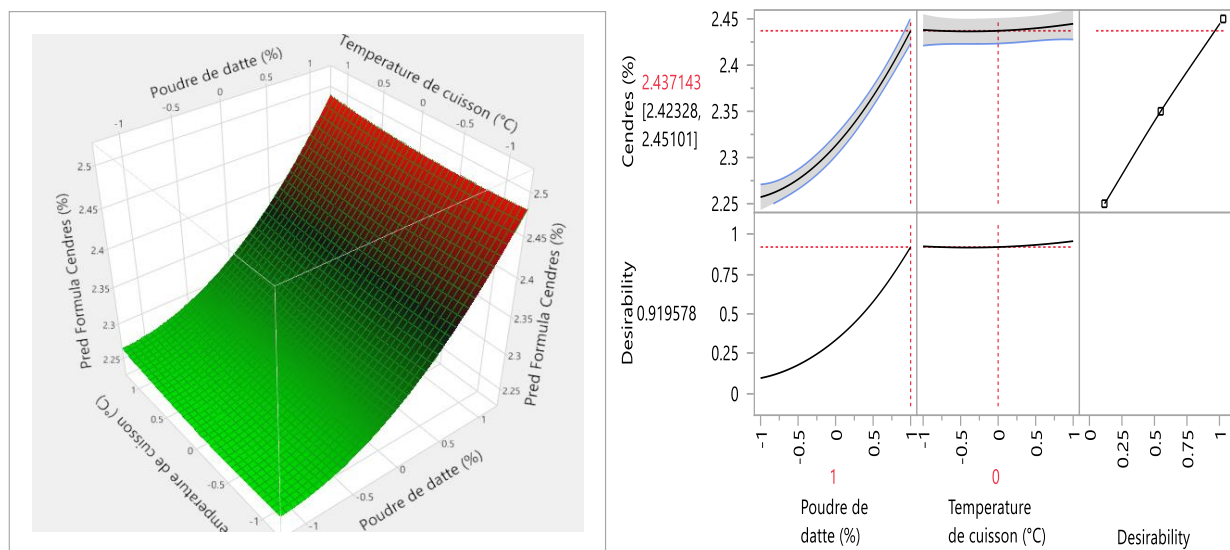
**Figure 02 :** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols.

**Annexe 6****Figure 03:** Activité antiradicalaire de BHT.

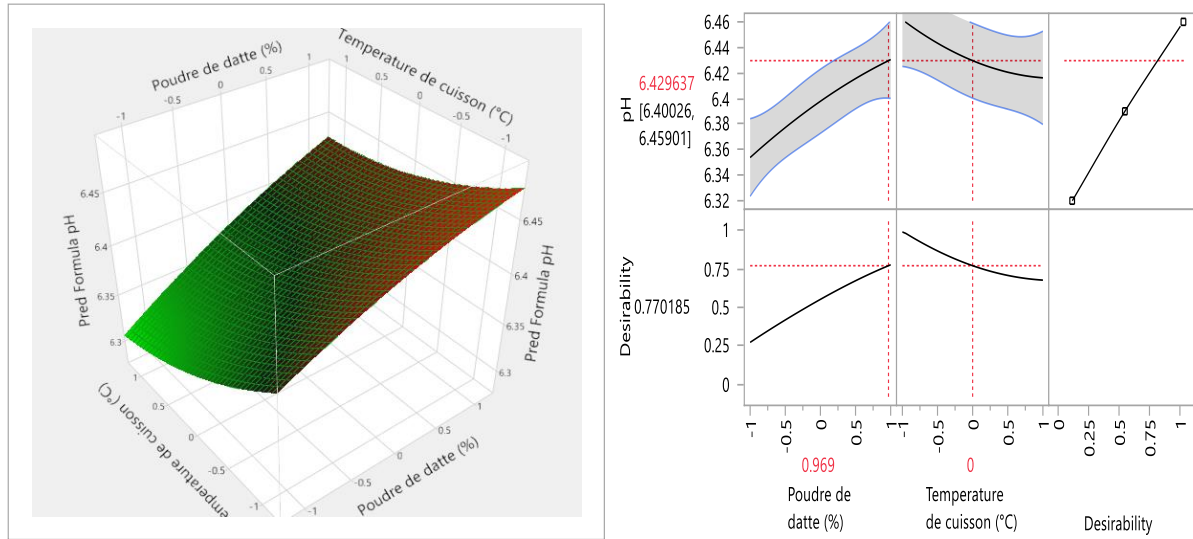
## Annexe 7



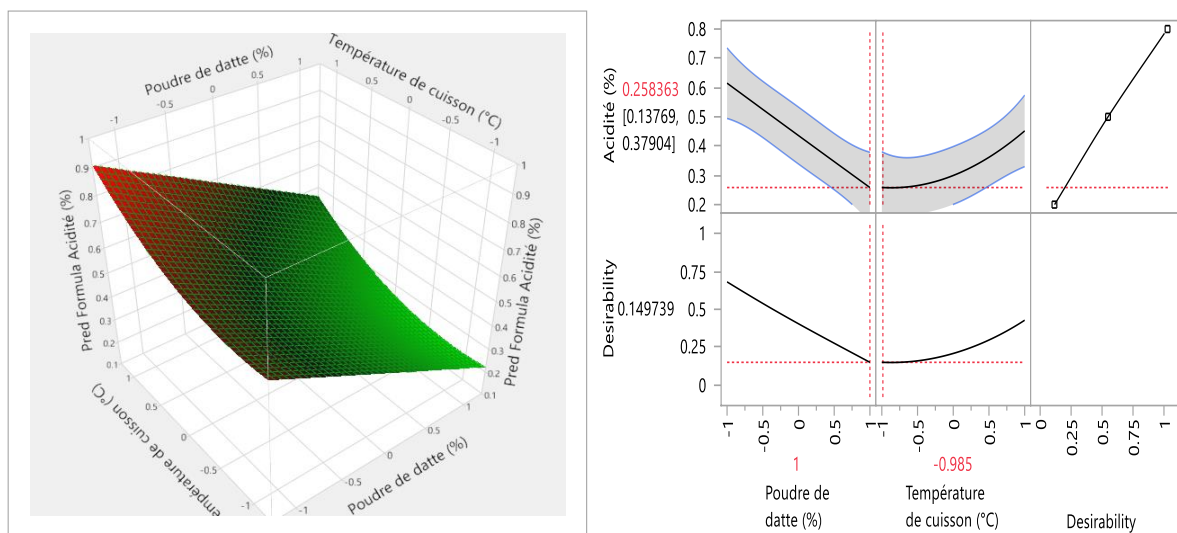
**Figure 04:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur l'humidité de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et l'humidité de chocolats élaborés (coté gauche).



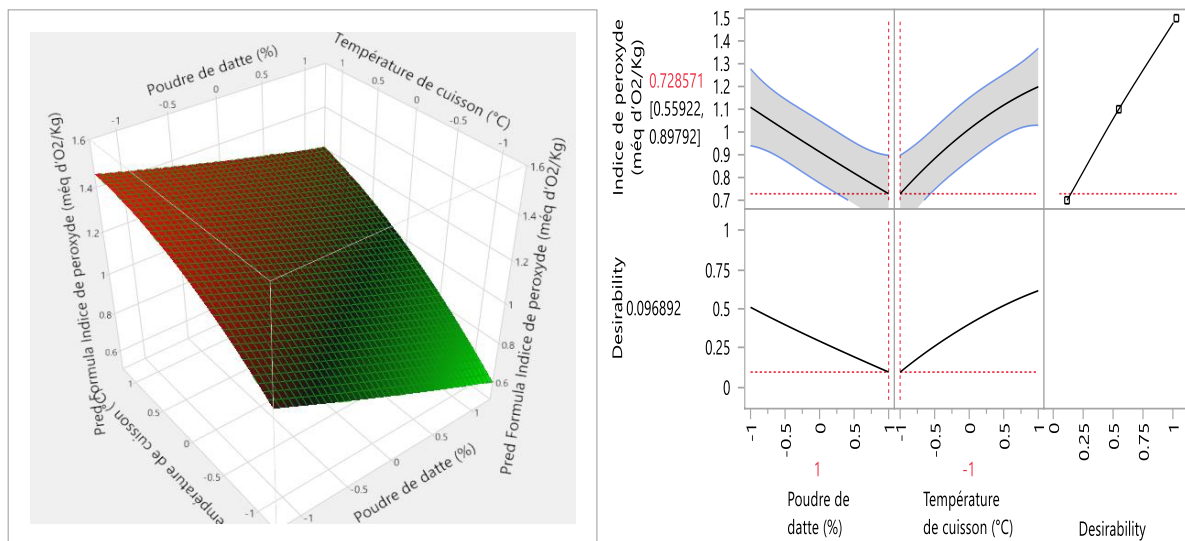
**Figure 05:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur les cendres de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et les cendres de chocolats élaborés (coté gauche).



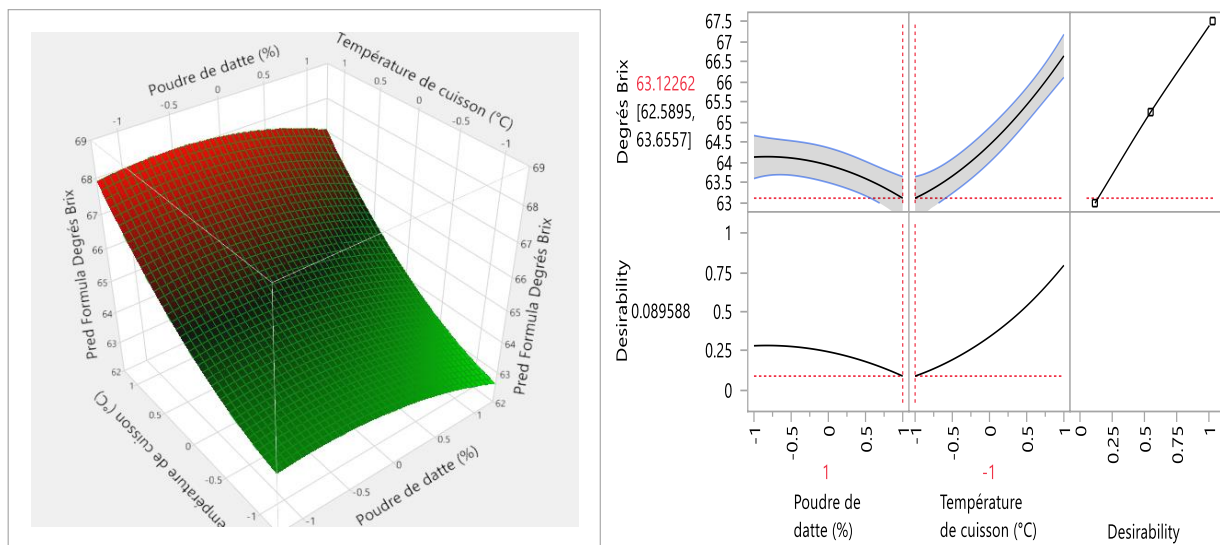
**Figure 06:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur le pH de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et le pH de chocolats élaborés (coté gauche).



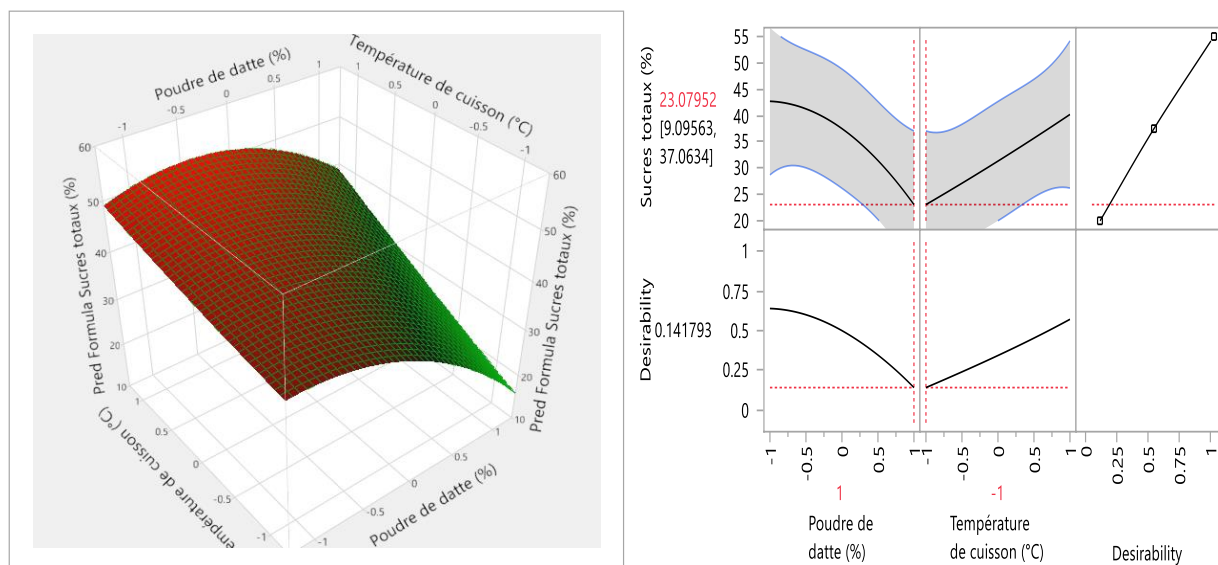
**Figure 07:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur l'acidité de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et l'acidité de chocolats élaborés (coté gauche).



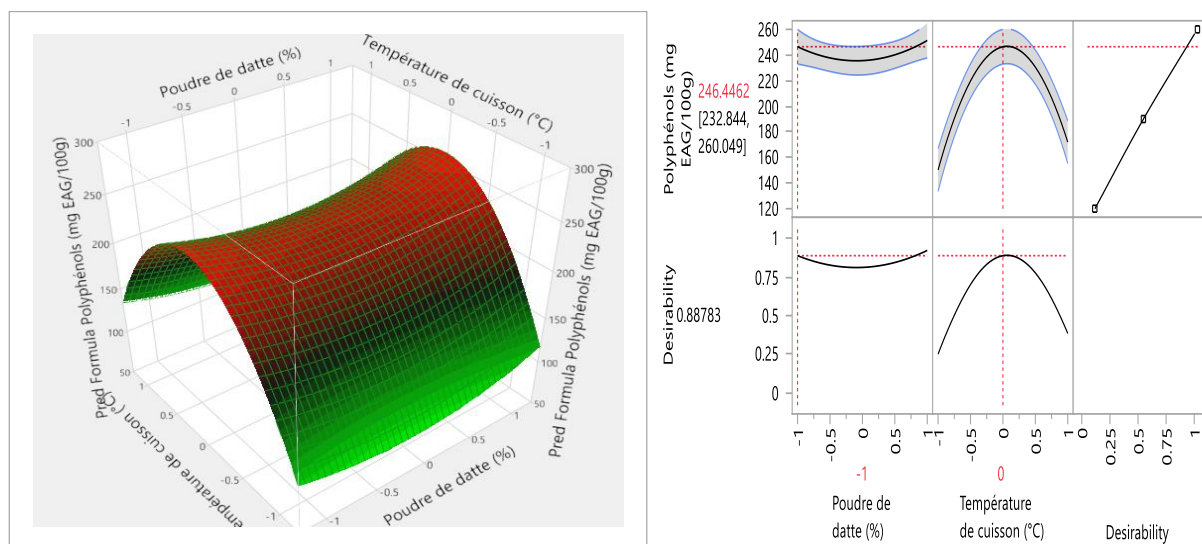
**Figure 08:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur l'indice de peroxyde de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et l'indice de peroxyde de chocolats élaborés (coté gauche).



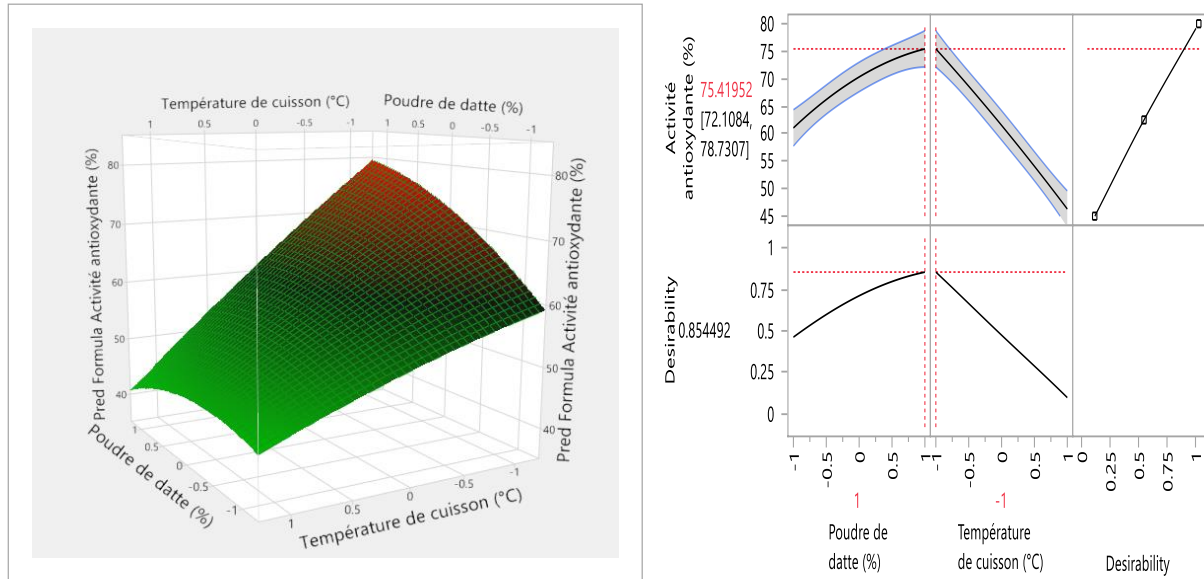
**Figure 09:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur le degré Brix de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et le degré Brix de chocolats élaborés (coté gauche).



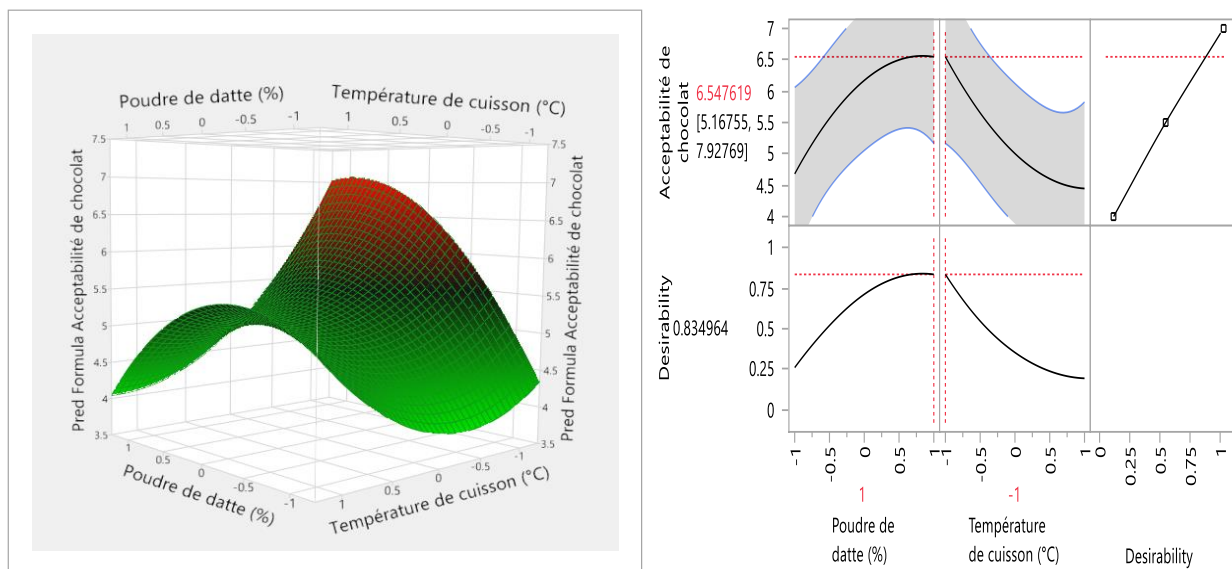
**Figure 10:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur les sucres totaux de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et les sucres totaux de chocolats élaborés (coté gauche).



**Figure 11:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur les polyphénols de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et les polyphénols de chocolats élaborés (coté gauche).



**Figure 12:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur l'activité antioxydante de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et l'activité antioxydante de chocolats élaborés (coté gauche).



**Figure 13:** Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de poudre de datte/Température de cuisson sur l'acceptabilité de chocolat (coté droite) avec la relation entre facteurs, fonction de désirabilité et l'acceptabilité de chocolats élaborés (coté gauc

**Annexe 8**

**Humidité**

	Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9	N	Subset for alpha = 0.05											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Dunca	6	3	31.956											
n <sup>a</sup>			7											
	10	3		32.573										
				3										
	8	3			33.196									
					7									
	4	3				34.063								
						3								
	9	3					34.623							
							3							
	7	3						34.863						
								3						
	1	3							35.213					
									3					
	2	3								35.320				
										0				
	3	3									35.510			
											0			
	5	3											35.84	
													33	
Sig.			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

		pH					
Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9)		N	Subset for alpha = 0.05				
			1	2	3	4	5
Duncan <sup>a</sup>	1	3	6.3300				
	4	3	6.3333				
	3	3		6.3533			
	7	3			6.3833		
	6	3			6.3933		
	2	3				6.4100	
	10	3				6.4100	
	5	3					6.4533
	8	3					6.4533
	9	3					6.4533
	Sig.		.582	1.000	.109	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

		Cendres				
Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9)		N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Duncan <sup>a</sup>	1	3	2.0500			
	4	3		2.2633		
	2	3		2.2700		
	3	3		2.2700		
	6	3			2.3133	
	5	3			2.3167	
	7	3			2.3267	
	8	3				2.4433
	9	3				2.4433
	10	3				2.4433
	Sig.		1.000	.682	.415	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

		Acidité							
Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9)		N	Subset for alpha = 0.05						
			1	2	3	4	5	6	7
Duncan <sup>a</sup>	9	3	.2900						
	8	3	.2933						
	10	3		.4333					
	5	3		.4500					
	6	3		.4533					
	2	3			.5900				
	7	3				.6733			
	3	3					.7233		
	4	3						.7733	
	1	3							.8833
	Sig.		.811	.183	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

		Degre Brix							
Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9)		N	Subset for alpha = 0.05						
			1	2	3	4	5	6	7
Duncan	8	3	63.3333						
<sup>a</sup>	5	3		63.7333					
	2	3			64.2333				
	9	3			64.2333				
	3	3				65.3333			
	6	3				65.3333			
	10	3					66.7333		
	4	3						67.3333	
	7	3						67.3333	
	1	3							67.7333
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Indice de Peroxyde

		N	Subset for alpha = 0.05								
Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dunca	8	3	.7833								
n <sup>a</sup>	5	3		.8233							
	9	3			.9733						
	2	3				1.1533					
	6	3					1.1933				
	10	3					1.1933				
	3	3						1.2933			
	7	3							1.3333		
	1	3								1.3933	
	4	3									1.4033
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Sucres totaux

	Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9	N	Subset for alpha = 0.05								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Dunca 8		3	23.24								
n <sup>a</sup>			33								
5		3		32.34							
				33							
9		3			34.41						
					33						
10		3				36.96					
						33					
3		3					39.25				
							33				
6		3						46.00			
								00			
2		3							47.71		
									33		
7		3								51.17	
										33	
4		3									51.27
											33
1		3									51.48
											33
Sig.			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.270

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

		Polyphenols												
Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9		N	Subset for alpha = 0.05											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Dunc	1	3	116.4											
an <sup>a</sup>			433											
	3	3		138.4										
				233										
	4	3			155.2									
					633									
	6	3				156.3								
						133								
	7	3					162.2							
							333							
	9	3						168.2						
								833						
	10	3							174.2					
									133					
	2	3								235.5				
										233				
	5	3									239.2			
											133			
	8	3											258.6	
													833	
Sig.			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

		Activité antioxydante												
Chocolat (1: T2moin, 2:R1, 3:R2, 4:R3, 5:R4, 6:R5, 7:R6, 8:R7, 9:R8, 10:R9		N	Subset for alpha = 0.05											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Dunca	1	3	39.60											
n <sup>a</sup>			33											
	10	3		46.91										
				33										
	4	3			47.23									
					33									
	7	3				48.49								
						33								
	3	3					56.24							
							33							
	6	3						59.71						
								33						
	2	3							59.87					
									33					
	9	3								61.29				
										33				
	5	3									71.88			
											33			
	8	3										75.03		
													33	
Sig.			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Annexe 9**Questionnaire**

Les 10 types de chocolat préparés ont été codés par 3 chiffres (déterminés en fonction de pourcentage de la poudre de datte additionnée et aussi de température de cuisson) comme suite : (150 : Chocolat pate à tartiner témoin, 154 : Chocolat pate à tartiner (F :15/45C), 155 : Chocolat pate à tartiner (F :15/55 C), 156 : Chocolat pate à tartiner (F : 15/65C), 254 : Chocolat pate à tartiner (F :25/45C), 255 : Chocolat pate à tartiner (F :25/55 C), 256 : Chocolat pate à tartiner (F :25/65C), 304 : Chocolat pate à tartiner (F :30/45C), 305 : Chocolat pate à tartiner (F :30/55 C), 306 : Chocolat pate à tartiner (F :30/65C). Cette phrase ne doit pas trouvée en questionnaire juste pour l'explication.

Date :

Nom :

Prénom :

Age :     ans

Sexe : Masculin      Féminin

Profession (Travail)/Etudiant(e) :

### 1. Teste d'acceptation


Les chocolats codés 150, 154, 155, 156, 254, 255, 256, 304, 305 et 306 sont présentés. Pour chacun attribuez une note de 1 à 9 selon un ordre croissant d'appréciation.

Acceptation




1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrêmement déplaisante			Moyenne			Extrêmement plaisante		

### 2. Teste de Classement

Les 10 chocolats codés (150, 154, 155, 156, 254, 255, 256, 304, 305 et 306) à vous présentés, goutez les successivement, puis choisissez celui que vous préférez et les classés selon un ordre croissant d'agrabilité.



**Agréabilité (Préférence)**

—  —  —  →

Peu agréable                      Moyenne                      Plus agréable

**3. Test hédonique**

Quel est la différence entre les 10 chocolats (150, 154, 155, 156, 254, 255, 256, 304, 305 et 306) ?

La texture

La couleur

La brillance

Le gout

Les ingrédients

Autre citez le .....

Veillez examiner et goûter chaque échantillon de chocolat. Indiquez dans quelle mesure vous avez aimé ou pas aimé chaque échantillon en cochant la mention appropriée. Les codes attribués aux échantillons sont (150, 154, 155, 156, 254, 255, 256, 304, 305 et 306).

- **La texture**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement Aimer extrêmement

• **Caractéristique de texture**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Granuleuse**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Visqueuse**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Dure**



- **Le gout**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement

Aimer extrêmement

• **Caractéristique de gout**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Sucrée

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Huileux

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Datte

- **La couleur**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement

Aimer extrêmement

• **Caractéristique de la couleur**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Marron

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Sombre

- **La brillance**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement

Aimer extrêmement



Quel chocolat préférez-vous ?

- 150
- 154
- 155
- 156
- 254
- 255
- 256
- 304
- 305
- 306

Quel est le chocolat qui a une texture lisse ?

- 150
- 154
- 155
- 156
- 254
- 255
- 256
- 304
- 305
- 306

Quel est le chocolat qui a une texture granuleuse ?

- 150
- 154



155

156

254

255

256

304

305

306

Quel est le chocolat qui a une bonne couleur ?

150

154

155

156

254

255

256

304

305

306

Quel est le chocolat qui a un bon gout ?

150

154

155

156

254

255

256



304

305

Quel est le chocolat qui a une bonne odeur ?

150

154

155

156

254

255

256

304

305

Quel est le chocolat qui a un gout sucré ?

150

154

155

156

254

255

256

304

305

Quel est le chocolat qui a un gout huileux ?

150

154

155 156 254 255 256 304 305 

En habitude quelle appareil de cuisson que vous utilisez pour la cuisson de chocolat ?

Four (neau) de cuisine Le Termomix La microonde 

Autre citez le :

Avez-vous senti le goût des dattes ?

Oui Non 

Avez-vous déjà mangé de chocolat pate à tartiner à base de datte ?

Oui Non 

Si Oui, quelle est la différence entre le chocolat consommé en datte et ces chocolats (testés) ?

Gout Couleur Texture Brillance 

Autre citez le .....



Préférez-vous de consommer de chocolat pate à tartiner ?

Oui

Non

Autres commentaires concernant les chocolats : .....

***Merci***

***Signature***

Remarques :

- Patientez quelques instants avant de poursuivre avec l'autre échantillon.
- Rincez la bouche avec de l'eau après chaque dégustation.