

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAIA  
- ADRAR -



جامعة أحمد دراية - ادرار

Année /2022

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Matière

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de Master en  
Chimie

Option : Chimie de l'Environnement

**Thème**

**Traitement d'un produit agroalimentaire par  
trois modes de séchage solaire, et l'effet sur la  
qualité microbiologique et physicochimique**

Présenté Par :

*Zoulikha AICHAOUI*

*Et*

**Hadjer AICHAOUI**

Devant le jury composé de:

**Dr. ARROUSSI Abdelaziz**

Président

MCA

Université Ahmed Draia-Adrar

**Dr. MEDIANI Ahmed**

Examineur

MRB

URER/MS-Adrar

**Dr. LOUMANI Akil**

Promoteur

MRA

URER/MS-Adrar

**Année Universitaire 2021/2022**



## شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): لوماني عقيل

المشرف مذكرة الماستر الموسومة — : Traitement d'un produit agroalimentaire par trois modes de séchage .....  
.....solaire, et effets sur la qualité microbiologique et physicochimique

من إنجاز الطالبة: Zoulikha AICHAOUI

و الطالبة: Hadjer AICHAOUI

كلية : العلوم و التكنولوجيا

القسم : علوم المادة

التخصص: كيمياء المحيط

تاريخ تقييم / مناقشة: 2022/06/07

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين  
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.  
ويامكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والايكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

أدرار في: 2022/06/12



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Au phare de la connaissance et à l'Imam, l'Élu, le Maître de  
la Création, notre Noble Messenger

A ceux qui cherchaient et étaient misérables

à jouir du confort afin de me pousser

sur le chemin du succès, qui m'ont appris à gravir les échelons de la vie,

à celui qui nous a quitté prématurément il y a quelques jours

... mon cher *Père*, que Dieu lui fasse miséricorde

à celle qui a tissé mon

A la fontaine qui ne se lasse pas de donner, bonheur avec

des fils tissés par elle... ma chère *Maman*

A ceux dont l'amour coule dans mes veines et médite sur leur mémoire

mes cœurs sont mes frères *Zineb, Aicha, Yasmina, Issa, Youssef*

À qui nous avons marché ensemble et donné la main, ouvrant la

voie du succès, à mes amis, et je mentionne particulièrement *Sara*,

ma collègue et ma compagne *Hadjer* a tout famille *AICHAOUI* et *BARMATI*

A ceux qui nous ont appris des mots à partir de perles et forgé pour nous .

Leur connaissance des lettres d'or, nos honorables professeurs, en particulier

Les messieurs *Loumani, Djaber* et *cherif*

*Zoulikha*

**Tout d'abord, louange à Toi, mon Seigneur, pour ta grangénéros  
et le beau don de ta présence. La langue a soif de sa prononciation,  
et l'œil flotte de sa solitude, que nous souhaitons  
me voir atteindre ce succès, et le destin a voulu que ce jour vienne,  
je dédie ce travail à ma chère mère.....**

**mer de la connaissance et de l'apprentissage pour moi,  
à qui j'ai brûlé des bougies pour éclairer le chemin du succès pour nous,  
le pilier de ma vie, et le coffre de ma sécurité,  
ma fierté et ma dignité, mon père Talib Dieu a son âge.....**

**A ceux que le cœur leur rappelle avant que la plume n'écrive, mes soeurs :  
Fatima, Karima, Fadela, Abdel Hakim, Abdel Baqi, Rekiyia**

**. Aux poussins de la famille, mes neveux :  
Abdel Kabir, thoraya, Arwa, Amani.**

**A celui qui a partagé avec moi le doux et l'amer de la vie sous le même toit, à  
celui qui m'a poussé en avant,  
à celui qui m'a aidé..... mon cher époux.....**

**A tous ceux qui portent le titre " AICHAOUI ", en particulier  
leurs proches : mes oncles, mes tantes, mes oncles, mes tantes  
A ma famille moderne, "NACHACHE" chacun en son nom.**

**A tous ceux qui m'ont appris une lettre, surtout les enseignants qui m'ont  
enseigné du primaire à l'université.**

**A tous mes collègues et camarade de classe, en particulier ceux qui ont partagé  
ce travail avec moi Zoulikha .**

**A tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.**

***Hadjer***

# Remerciement

Nous

## Remercions

Dieu Tout-Puissant, qui nous a aidés dans cette recherche scientifique et qui nous a inspirés par la santé, le bien-être et la détermination... Dieu soit loué, merci beaucoup...

Nous exprimons notre plus profonde gratitude et notre gratitude au professeur superviseur *Loumani Akil* pour toutes les précieuses instructions et informations qu'il nous a fournies et qui ont contribué à l'accomplissement de cet humble travail.

Nous remercions également le Dr" *Mediani Ahmed*", les distingués et les assistants de l'équipe de séchage, "*Tigani chérif* " et "*Djaber Abdel Karim*", pour tous les précieux conseils et informations qui ont Contribué à enrichir le sujet de notre étude.

Nous remercions également tous ceux qui nous ont aidés et soutenus et nous ont donné des conseils ou nous ont aidés de près ou de loin

Et enfin, merci à nos professeurs, de qui nous avons reçu des connaissances tout au long de nos études



# Sommaire

---

## Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Introduction générale .....	1
I 1-Introduction : .....	4
I. 2-Énergies renouvelables : .....	4
I. 2-1-Définition : .....	4
I. 2-3- Utilisations d'énergie renouvelables: .....	5
I. 2-4-L'importance des énergies renouvelables : .....	6
I. 2-5-Les avantages de l'utilisation des énergies renouvelables: .....	6
I. 2-6- Les inconvénients de l'utilisation des énergies renouvelables:.....	6
I. 2-7-Les différents types d'énergies renouvelable : .....	7
I. 2-7-1- L'énergie solaire :.....	7
A-L 'énergie solaire active:.....	7
A-1- L'énergie solaire photovoltaïque : .....	8
A-2- L'énergie solaire thermique : .....	8
A-3- L'énergie solaire thermodynamique : .....	8
B-L'énergie solaire passive:.....	9
I. 2-7-2- L'énergie éolienne:.....	9
I. 2-7-3- L'énergie hydraulique : .....	10
I. 2-7-4- La géothermie : .....	10
I. 2-7-5- Le biogaz : .....	11
I. 2-7-6- La biomasse : .....	11
I. 2-7-7- L'énergie marémotrice : .....	11
I. 3-Le rayonnement solaire: .....	12
I. 3-1-La constante solaire:.....	12
I. 3-2- Durée d'ensoleillement .....	13
I. 3-3-Taux d'ensoleillement:.....	13
I. 3-4-Atténuation atmosphérique du rayonnement solaire:.....	14
I. 3-5-Masse d' Air (ou Air Masse): .....	14
I. 3-6-Irradiation ou rayonnement solaire au sol.....	15
I. 3-6-1-Rayonnement direct(D): .....	15

# Sommaire

---

I.	3-6-2-Rayonnement diffus(S):.....	16
I.	3-6-3-Albédo: .....	16
I.	3-6-4-Rayonnement global(G): .....	17
	- Rayonnement global sur une surface horizontale :.....	17
	Conclusion:.....	18
II.	1-Introduction: .....	20
II.2-	Définition:.....	20
II.	3 -Historique: .....	20
II.	4 -Objectif du séchage : .....	20
II.	5- Domaines d'utilisation le séchage :.....	20
II.	6 - Différents méthodes du séchage : [28] .....	21
II.	6-1- Séchage mécanique: .....	21
II.	6-2- Séchage chimique :.....	21
II.	6-3-Séchage thermique : .....	21
II.	7 - Le Principes de séchage :.....	22
II.8-	Les avantages et les inconvénients du séchage:      II. 8 -1- Avantages : .....	22
II.	8- 2- Inconvénient :.....	22
II.	9- Les type des séchoirs solaires :.....	22
II.	9-1- Les séchoirs solaires à l'air: .....	22
II.	9-1-1Les avantages:[32].....	22
II.	9-1-2Lesinconvénients:[32] .....	23
II.	9-2 Les séchoirs solaires indirects : .....	23
II.	9-2-1Avantages du séchoir indirect: .....	23
II.	9-2-2 Inconvénients du séchoir indirect:.....	24
II.	9-3 Les séchoirs solaires mixtes : .....	24
II.	9-4 Les séchoirs solaires directs : .....	25
II.	9-4-1 Avantages :.....	25
II.	9-4-2 Inconvénients : .....	25
II.	10-Principe de fonctionnement :.....	25
II.	11- Vitesse de séchage: .....	26
II.	12- Cinétique du séchage: .....	26
II.	12-1- Période de mise en température (Période 0):.....	26
II.	12-2. Période à vitesse constant: .....	26
II.	12-3. Période de ralentissement : .....	27
II.	13- Caractéristique à l'air de séchage: .....	27

# Sommaire

---

II. 13-1- Humidité:.....	27
II. 13-2- L'humidité relative:.....	28
II. 13-3 l'humidité absolue:.....	28
II. 13-4 Degré de saturation: .....	28
II.13-5Températurehumide: .....	28
II. 13-6-Température sèche:.....	29
II. 13-7-Température de la rose(rosée):.....	29
II. 14- 1Influencedesparamètres de l'air sur la cinétique de séchage:.....	29
II. 14-1-Influence de la température de l'air: .....	29
II. 14-2- Influence de la vitesse de l'air:.....	29
II. 14-3- Influence de l'humidité de l'air: .....	29
II. 15- Conclusion:.....	30
III. Le bute travail.....	32
III. 2-Matériels et méthodes.....	32
III. 2-1- Matériel végétal .....	32
III. 2-1-1-Le choix de la plante de navet( <i>Brassica Rapa</i> ) .....	32
III. 2-1-2- Le lieu de prélèvement des graines ( <i>Brassica Rapa</i> ) :.....	32
III. 2-1-3- <i>Brassica Rapa</i> (Navet) : .....	32
- La fleur :.....	33
Figure III.2 : Fleur de <i>Brassica napus</i> avec pétales et sépales supprimés (d'après Ross -Craig 1949 in Free 1993).[49] .....	33
III. 2-1-4- Protocole de séchage : .....	33
III. 2-1-5-Appareillages : .....	34
III. 2-1-6- Réactifs chimiques :.....	34
III. 2-2- Méthodes d'analyses :.....	34
III. 2-2-1-Cinétique du séchage .....	35
III. 2-3-Les analyses physicochimiques et microbiologiques du navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) .....	35
III. 2-3-1-caractérisation de quelques paramètres physico-chimiques des Brassica.....	35
III. 2-3-1-1-Détermination de la teneur en eau (NF V 03-921) :.....	35
III. 2-3-1-2 -Détermination de la teneur en PH : .....	36
III. 2-3-1-3- Détermination de la Teneur en cendres (AFNOR V 03-922) :.....	37
III. 2-3-1-4- Détermination de la teneur en protéines (Méthode de kjeldhal) : .....	38
III. 2-3-1-5-Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974) .....	40
III. 2-3-1-6-Détermination de la teneur en sucres par HPLC : .....	41
III. 2-3-1-7- Détermination de la teneur en poly-phénols totaux :.....	43

# Sommaire

---

A) Préparation de la gamme d'étalonnage : .....	43
B) Dosage proprement dit : .....	43
III. 2-3-1-8-Activité d'eau:.....	45
III. 2-4-Lesanalyses microbiologiques : .....	46
a)-Objectif de ce travail .....	46
b)-Matériel et appareil : .....	46
c)-Milieu de culture : .....	46
d)-Technique de numérotation (UFC) .....	46
III. 2-4-1-Préparation des échantillons: .....	47
III. 2-4-2-Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale FMAT (NM 0.8.121,2004): .....	47
III. 2-4-3-Dénombrement des coliformes totaux et fécaux : .....	48
III. 2-4-4-Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> (NM ISO 6888, 2004): .....	49
III. 2-4-5-Recherche et Dénombrement de levures et moisissure : .....	50
III. 3- Résultats et discussion : .....	52
III.3-2-Composition biochimique de navet(Brassica Rapa) blanche et violet : .....	52
III. 3-3- Analyse physico-chimique de navet (Brassica Rapa) violet et blanche : .....	53
III. 3.3-1 : la teneur en eau : .....	53
III. 3-3-2 : Matière sèche (MS%): .....	54
III. 3-3-3-Matière organique:.....	54
III. 3-3-4- Matière minérale : .....	55
III. 3-3-5-Le PH : .....	55
III. 3-3-6-activité water: .....	56
III. 3-3-7-L'acidité : .....	56
III. 3-3-8-polyphénols : .....	57
III. 3-3-10- LeProtéine : .....	58
III. 3-3-9 : les analyses Microbiologiques .....	58
Conclusion générale : .....	61
Références bibliographiques : .....	63
Résumé : .....	69

# List de figure

Figure :1 Les facteurs environnement et économique pour les énergies renouvelables[7] <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Figure 2:l'énergie solaire[14].....	7
Figure 3: Module photovoltaïque[13].....	8
Figure 4Chauffe eau solaire[13].....	8
Figure 5: Tour solaire[13] .....	9
Figure 6: l'énergie éolienne [13] .....	10
Figure 7: hydraulique[13].....	10
Figure 8: centrale géothermique de Nesjavellir en Islande [13].....	11
Figure 9: Le principe de biogaz[13] .....	11
Figure 10: Le principe de biomasse [13].....	11
Figure 11: Le principe de la marémotrice[13].....	12
Figure 12: Analyse spectrale du rayonnement solaire[17] .....	12
Figure 13: Le rayonnement solaire et le nombre d'air masse[22].....	14
Figure 14: Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion de la convention AM[22].....	15
Figure 15: Appareil de mesure le rayonnement direct[17].....	15
Figure 16: Le pyranomètre[17] .....	16
L'Albédo mètre[17]17 Figur.....	17
Figure 18: Composantes principales du rayonnement solaire[17] .....	17
Figure 19: Le séchage solaire sous air[31].....	22
Figure 20: séchoir solaire indirect[35] .....	23
Figure 21Le séchoir solaire mixte à l'URERMS Adrar [39] .....	24
Figure 22Un séchoir solaire direct[41].....	25
Figure 23: Cinétique de séchage .....	27
Figure 24: photographie du navet (Brassica Rapa) (blanche et violet) .....	33
Figure 25Fleur de Brassica napus avec pétales et sépales supprimé s (d'après Ross -Craig 1949 in Free 1993).[49].....	33
Figure 26: Préparation des échantillons de navet(Brassica Rapa) en deux variété (blanche et violet) .....	34
Figure 27: prototype d'un séchoire solaire indirect utilisé .....	34
Figure 28: Le produit dans le dessiccateur et avant et après son introduction en étuve .....	36
Figure 29: photographie de l'étuve et de la balance de précision .....	36
Figure 30: Détermination de PH .....	37
Figure 31: Répartition des capsules dans le four à moufle.....	38
Figure 32: Distillateur et solution avant et après titrage .....	39
Figure 33: Détermination de l'acidité de titrage .....	41
Figure 34: Mélange avant et après filtration. ....	42
Figure 35: Le mélange avant et après l'ajout des solutions .....	42
Figure 36: Détermination du Sucre réducteur par spectrophotomètre .....	42
Figure 37: Organigramme représentant le dosage de poly-phénols totaux (Juntachote et al., 2006) .....	44
Figure 38: Les étapes de préparation des échantillons .....	45
Figure 39: L'échantillon avant et après titrage.....	45
Figure 42: Appareil de mesure l'activité d'eau (Hygrolab) .....	45
Figure40 : poser l'échantillon au Rotavapor .....	45

## List de figure

---

Figure 41 : détermination du polyphénol par spectrophotomètre .....	45
Figure 43: les dilutions décimales de l'échantillon.....	47
Figure 44: préparation de la dilution .....	47
Figure 45: Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale FMAT .....	48
Figure 46: l'étape de l'incubation des bactéries recherchées .....	48
Figure 47: Recherche et Dénombrement des coliformes totaux .....	49
Figure 48: Recherche et Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	50
Figure 49: Les résultats des bactéries recherchées .....	51
Figure 50: Compteur des colonies.....	51
Figure 51: évolution de la masse de navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) en fonction du temps.....	52
Figure 52: La matière sèche de Navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) B et S .....	54
Figure 53: La matière organique Navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) B et S .....	54
Figure 55: Le PH de navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) B et S .....	55
<i>Figure 54: matière minérale de navet (Brassica Rapa) B et S .....</i>	<i>55</i>
Figure 57: l'acidité de Navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) B et S .....	56
Figure 56: l'activité water de navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) B et S .....	56
Figure 59: sucre de Navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) B et S .....	57
<i>Figure 58: poly-phénols de Navet (Brassica Rapa) B et S.....</i>	<i>57</i>
Figure 60: dosage de protéine de deux variétés de Navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) violet et blanche ....	58

# List de Tableau

---

## List de tableau

Tableau 1 .....	16
Tableau 2: Quelques exemples des méthodes de séchage.....	21
Tableau 3: Préparation des dilutions de l'acide gallique pour la réalisation de la courbe standard des poly-phénols totaux : .....	44
Tableau 4: Composition biochimique de La graine de navet( <i>Brassica Rapa</i> )(blanche et violet) .....	52
Tableau 5: Teneur en eau dans le navet( <i>Brassica Rapa</i> blanc et violet) .....	53
Tableau 6: Les résultats de matière sèche dans le navet ( <i>Brassica Rapa</i> blanc et violet) .....	54
<i>Tableau 7: résultats de matière organique dans le navet (Brassica Rapa) .....</i>	<i>54</i>
Tableau 8: Résultats de matière minérale dans le navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) .....	55
<i>Tableau 9: Les valeurs du PH de navet (Brassica Rapa blanc et violet).....</i>	<i>55</i>
Tableau 10: Les valeurs de l'activité water de navet( <i>Brassica Rapa</i> blanc et violet) .....	56
Tableau 11: Les valeurs de l'acidité de Navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) .....	56
Tableau 12: résultats des polyphénols de navet ( <i>Brassica Rapa</i> de couleur blanche et violet)	57
Tableau 13: résultats du sucre de navet ( <i>Brassica Rapa</i> ) B et S.....	57
Tableau 14- Le résultats du Protéine :.....	58
Tableau 15: Les résultats des analyses microbiologique (cfu/g).....	58

# Introduction générale

### Introduction générale

Les humains vivent dans un océan d'énergie, la nature travaille autour de nous sans arrêt, leur donnant d'énormes quantités d'énergie illimitées, de sorte que l'homme ne peut en utiliser qu'une fraction, les générateurs les plus puissants sont le soleil et les gouttelettes d'eau seules sont capables de produire 80% de l'énergie totale consommée par les humains. Si le vent avait été exploité, il aurait produit deux fois plus d'électricité que l'eau aujourd'hui, et si nous avions utilisé la ruée vers les marées pour produire de l'électricité, nous aurions fourni la moitié de nos besoins[1]. Où Les scientifiques et les ingénieurs du monde entier cherchent de nouvelles façons d'économiser l'énergie en trouvant des sources d'énergie », et avec la demande accrue de sources d'énergie traditionnelles telles que le charbon et le gaz, le monde doit rechercher des sources alternatives, en particulier des sources renouvelables telles que l'énergie solaire, géothermique, hydroélectrique, hydrogène, houlomotrice, biomasse et nucléaire.

De ce point de vue, on peut dire que les énergies renouvelables sont l'énergie générée par les ressources naturelles qui ne sont pas mises en œuvre et constamment renouvelées [2]et qui contribuent à la préservation de la santé humaine et de l'environnement en trouvant d'autres sources et formes d'énergie qui ont le potentiel de continuer et de se régénérer et qui sont faciles à utiliser grâce aux techniques de l'époque et d'en bénéficier et de les investir dans divers domaines tels que le vent, l'eau et le soleil, qui sont disponibles dans la plupart des régions du monde ,où l'énergie peut être sensible dans nos vies, L'énergie géothermique peut être ressentie à travers les piscines chaudes, et l'énergie éolienne peut être ressentie en déplaçant le vent vers les branches des arbres et en secouant ses feuilles, et l'énergie solaire peut être ressentie dans la lumière du soleil brillante et chaude que nous ressentons lorsque le soleil brille sur notre peau, et les gens ont conçu différentes façons d'obtenir de l'énergie à partir de ces sources renouvelables.[3]

L'énergie solaire est l'énergie générée par la conversion de la lumière du soleil en électricité grâce à l'utilisation de cellules solaires photovoltaïques et est l'une des sources d'énergie renouvelable les plus importantes et à la croissance la plus rapide parmi lesquelles [4]« peut être exploitée n'importe où sur terre » et peut être utilisée dans de nombreux secteurs différents tels que le chauffage, le refroidissement, le dessalement, le traitement de l'assainissement, la production d'électricité[5], l'activité agricole et les processus solaires dans cette activité de séchage solaire.

Le séchage solaire est un moyen d'économiser les aliments en réduisant leur humidité en utilisant la chaleur dans des conditions appropriées où les légumes sont séchés jusqu'à un

## Introduction générale

---

maximum de 5% tandis que les fruits sont séchés à 24% [6], ce qui a fait du séchage solaire l'un des moyens les plus efficaces de protéger les aliments de la corruption, en particulier saisonnière et rapidement endommagée, comme le produit de navet qui sera étudié.

Compte tenu de l'importance du sujet, nous avons décidé de mener une étude sur les énergies renouvelables en général et le séchage solaire et ses méthodes en particulier, où nous essaierons de renverser autant que possible tous les aspects de la recherche et nous avons choisi le produit du navet comme échantillon d'étude en tenant compte du fait qu'il s'agit d'une culture d'hiver cultivée dans tous les types de terres. Il peut également être consommé sous diverses formes, fraîche, sèche, bouillie, granulée, et ses feuilles peuvent être utilisées comme légumes en papier en plus de nombreuses autres utilisations grâce à un plan qui comprenait une introduction à « trois chapitres et une finale » il représente un lien vers le sujet.

Où dans le premier chapitre, nous étudierons la théorie des énergies renouvelables, tandis que le deuxième chapitre se concentrera sur le séchage solaire (ses méthodes de types, son impact sur la qualité microbiologique et physique ....) et les produits agricoles les plus importants plantés à Adrar et à la fin nous avons consacré le troisième chapitre à la partie expérimentale de cette recherche et comprend une étude minutieuse de la composition physique et chimique de la synthèse et du séchage, en s'appuyant sur l'approche descriptive analytique pratique, qui est basée sur la description quantitative et qualitative des phénomènes pour atteindre les résultats et les conclusions de nos recherches.

### **Problématique:**

1-Que sont les énergies renouvelables?

2-Qu'est-ce que le séchage solaire et comment affecte-t-il les matières agricoles et quels sont les produits agricoles les plus importants plantés à Adrar?

3- Le produit de navet (*Brassica Rapa*) fait partie des matériaux pouvant être séchés, alors que dire de ce produit et de la manière dont il est séché

# Chapitre: I

Les énergies renouvelables et

le rayonnement solaire

## **I.1-Introduction :**

L'énergie est l'une des principales composantes des sociétés civilisées et est nécessaire à tous les secteurs de la société en plus du besoin urgent de gérer la vie quotidienne car elle est utilisée pour faire fonctionner les usines et les déplacements, divers moyens de transport et le fonctionnement des appareils ménagers et à d'autres fins. L'énergie peut être définie comme le potentiel d'un effet significatif (rempli), et on la trouve sur plusieurs types, y compris l'énergie éolienne, le ruissellement de l'eau et le contact avec le chat, et l'énergie peut être stockée dans une substance telle que les combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz).

Les combustibles fossiles sont des combustibles utilisés pour produire de l'énergie fossile. Les combustibles fossiles sont extraits de matériaux fossiles tels que le charbon, le coke de pétrole noir, le gaz naturel et le pétrole. [7]

### **I. 2-Énergies renouvelables :**

#### **I. 2-1-Définition :**

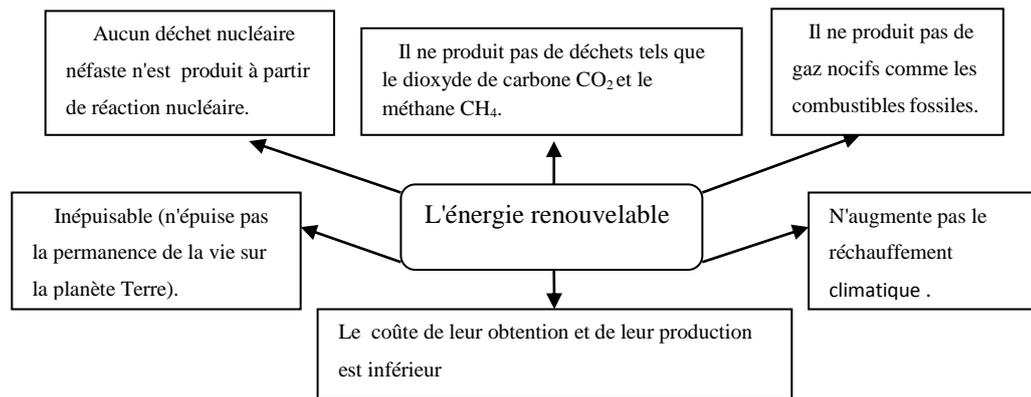
**Les énergies renouvelables** sont des énergies dérivées de ressources naturelles qui sont constamment renouvelées, c'est-à-dire non mises en œuvre.

On l'appelle aussi énergie durable car ses sources durent en permanence sur la planète et leurs sources n'ont pas besoin d'être extraites, extraites ou mécanisées, elles sont 100%.

On l'appelle aussi parfois énergie alternative (ici il faut noter que cette désignation est plus généralisée car elle inclut les sources utilisées à la place des sources d'énergie fossiles ou produit des combustibles similaires à ceux issus de l'énergie fossile.) Mais toutes les sources d'énergie alternatives ne sont pas considérées comme renouvelables, par exemple l'énergie nucléaire est considérée comme une énergie alternative aux combustibles fossiles, mais est considérée comme épuisée.

On l'appelle aussi énergie verte car elle ne produit pas de résidus ou de gaz qui augmentent le réchauffement climatique, comme le dioxyde de carbone ou les oxydes d'azote. Bien que le terme semble respectueux de l'environnement, sous ce terme, il implique également des déchets agricoles qui peuvent être inclus comme sources d'énergie renouvelables comme épuisés.

Il convient de noter qu'ils diffèrent des combustibles fossiles tels que le pétrole, le charbon et le gaz naturel, car ils sont purement naturels et ne nécessitent pas de techniques complexes et d'efforts importants pour extraire leurs matières premières. [7]



**Figure 1** : Les facteurs environnement et économique pour les énergies renouvelables [7]

**I. 2-2- Propriétés des énergies renouvelables:** Les énergies renouvelables ont plusieurs caractéristiques, dont les plus importantes sont:

- Joue un rôle important dans la vie humaine et contribue à répondre à une grande partie de ses besoins énergétiques, qui sont des sources à long terme car ils sont principalement liés au soleil et à l'énergie qu'il exporte.
- L'énergie renouvelable n'est pas un stock prêt à partir duquel nous voulons utiliser ce que nous voulons, car les sources d'énergie renouvelables ne sont pas disponibles ou disparaissent en dehors de la capacité humaine de les contrôler ou de déterminer les quantités disponibles chez nous, telles que le soleil et l'intensité du rayonnement.
- L'utilisation de sources d'énergie renouvelables nécessite l'utilisation de nombreux appareils avec de grandes surfaces et tailles, et c'est en fait l'une des raisons du coût initial élevé des dispositifs d'énergie renouvelable, qui est en même temps l'un des obstacles à leur propagation rapide.
- Différentes formes d'énergie sont disponibles dans les sources d'énergie renouvelables, ce qui nécessite l'utilisation d'une technologie adaptée à chaque forme d'énergie. [8]

**I. 2-3- Utilisations d'énergie renouvelables:**

L'énergie renouvelable a été utilisée dans plusieurs domaines et domaines, en raison de ses nombreux avantages, notamment:

- Exploitation d'usines et d'usines
- Exploitation de l'équipement lourd et de l'équipement
- Éclairage des rues et des villages reculés

- Utilisé dans les zones désertiques où la technologie est moins utilisée, il contribue à la production d'électricité, au chauffage de l'eau, au dessalement et à la purification de l'eau salée
- Élimination de certains types de déchets
  - \* Utilisations et tâches ménagères (utilisées pour fournir aux maisons l'électricité dont elles ont besoin, en particulier l'énergie solaire)
- Utilisé à des fins militaires (énergie nucléaire en particulier).[9][12]

### I. 2-4-L'importance des énergies renouvelables :

Les énergies renouvelables sont d'une grande importance pour empêcher le réchauffement climatique de se développer, en réduisant les gaz qui en résultent, tels que le dioxyde de carbone, l'azote et le soufre, qui contribuent de manière significative au développement du réchauffement climatique.

Les énergies renouvelables présentent donc de nombreux avantages pour la conservation du climat et de l'environnement, et elles doivent être exploitées, en particulier après que l'expérience a montré que le coût de la production d'électricité à partir de sources renouvelables a diminué et est proche du coût de la production d'énergie conventionnelle.[10]

### I. 2-5-Les avantages de l'utilisation des énergies renouvelables:

- Respectueux de l'environnement et jouant un rôle clé dans l'atténuation du changement climatique.
- Disponible fréquemment dans le monde entier.
- Réduit la dépendance aux importations d'énergie et offre une alternative locale à la valeur.
- La base de l'approvisionnement énergétique durable des pays industrialisés et en développement.
- L'un des marchés les plus dynamiques au monde
- Économique dans de nombreux usages et avec un rendement économique significatif.
- Une source locale qui ne bouge pas et qui correspond à la réalité du développement des zones reculées et rurales et à leurs besoins.
- Nécessite un haut niveau de technologie qu'il n'a pas jusqu'à présent.
- Les sources d'énergie renouvelables sont durables et renouvelables.[11]

### I. 2-6- Les inconvénients de l'utilisation des énergies renouvelables:

Malgré les nombreux avantages et avantages des énergies renouvelables, ils ne sont pas sans inconvénients, notamment:

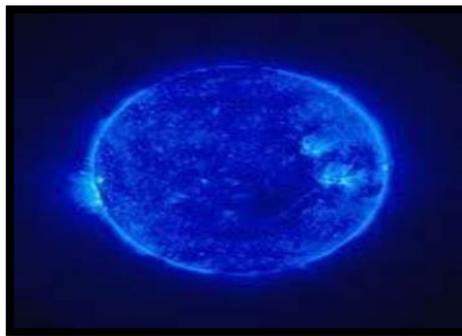
- Humilité technologique et technique, car la production d'énergie renouvelable nécessite des outils technologiques et techniques modernes.
- Les extraire et les générer est physiquement coûteux, car il nécessite des appareils et des outils coûteux, ce qui limite la capacité de les investir.
- Ne pas être au même endroit, ce qui rend très difficile de les traiter.
- Les périodes de son existence sont interrompues, ce qui signifie qu'il n'est pas disponible à certains moments, comme l'absence de soleil pendant la période nocturne et le silence du vent à certains moments.
- Difficulté à se débarrasser de certains déchets, notamment les déchets carbonés.[12]

**I. 2-7-Les différents types d'énergies renouvelables :**

- L'énergie solaire
- L'énergie éolienne
- L'énergie hydraulique
- La géothermie
- Le biogaz
- La biomasse

**I. 2-7-1- L'énergie solaire :**

Transformation de l'énergie solaire en électricité ou en chaleur à partir de panneaux ou de capteurs solaires. Le soleil, principale source des différentes formes d'énergies renouvelables disponible sur terre .[13]



**Figure 2:**l'énergie solaire [14]

Il existe deux types : L'énergie solaire active et l'énergie solaire passive :

**A-L'énergie solaire active:**

L'énergie solaire active implique le recours à des capteurs et des équipements mécanisés pour collecter distribuer l'énergie. Elle désigne l'ensemble des moyens qui permettent de capter et de

transformer le rayonnement solaire pour des applications énergétiques comme le chauffage de l'eau ou de l'air et la production d'électricité par des panneaux photovoltaïques.[15]

**A-1- L'énergie solaire photovoltaïque :**

L'énergie solaire photovoltaïque convertit directement le rayonnement lumineux (solaire ou autre) en électricité. Elle utilise pour ce faire des modules photovoltaïques composés de cellules solaires ou de photopiles qui réalisent cette transformation d'énergie.[13]



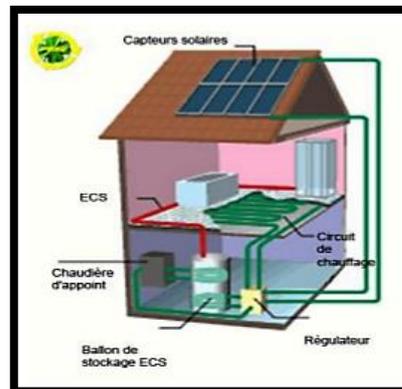
**Figure 3:** Module photovoltaïque [13]

**A-2- L'énergie solaire thermique :**

Elle est radicalement différente de l'énergie solaire photovoltaïque, elle produit de la chaleur à partir du rayonnement solaire infrarouge afin de chauffer de l'eau ou de l'air.

On utilise dans ce cas des capteurs thermiques qui relèvent d'une toute autre technologie.

Dans le langage courant, ce sont des «chauffes eau solaires» ou des «capteurs à air chaud».[13]



**Figure 4 :** Chauffe-eau solaire[13]

**A-3- L'énergie solaire thermodynamique :**

Il y a aussi ce qu'on appelle l'énergie solaire thermodynamique, qui fonctionne sur le principe de concentration des rayons solaires au moyen des miroirs galbés, en un foyer placé sur une tour qui emmagasine les calories pour les restituer ensuite sous forme mécanique à l'aide d'une turbine à vapeur par exemple.[13]



**Figure 5:** Tour solaire [13]

### **B-L'énergie solaire passive:**

L'énergie solaire passive désigne l'ensemble des techniques où la chaleur solaire peut être utilisée sur place, sans être transférée au moyen d'un caloporteur (air ou eau). Elle est directement liée aux techniques de construction qui permettent des économies d'énergie pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage.

Elle concerne la conception de bâtiments et la mise en place de composants de construction permettant d'utiliser le rayonnement solaire, à la fois pour l'éclairage naturel et le chauffage des espaces habitable. En plus de limiter la consommation d'énergie, l'énergie solaire passive peut contribuer au confort ressenti par les résidents.

Les maisons solaires passives, sont d'abord des bâtiments très bien isolés, pour lesquels les pertes de chaleur sont réduites au plus bas niveau possible. Dans les cas les plus poussés, elles n'ont pas besoin d'un système de chauffage. Ces maisons exploitent d'abord les apports solaires mais font aussi appel à des principes comme ceux de l'inertie thermique de bâtiment, l'éclairage naturel, l'ombrage en été, etc...[15]

### **I. 2-7-2- L'énergie éolienne:**

C'est une énergie produite par le vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur ou un moulin à vent.[13]

Le principe de l'énergie éolienne est vieux comme les moulins à vent. En effet, la force du vent est utilisée, depuis longtemps, pour moudre le blé et pomper l'eau. Au cours des dernières décennies, ce système a été adopté à la production de l'électricité. Ainsi, des milliers d'éoliennes sont en fonctionnement, de nos jours. Il existe deux principaux types d'éoliennes : les aérogénérateurs domestiques de faible puissance qui fournissent de l'électricité pour des besoins individuels et les éoliennes de grandes puissances qui sont raccordées aux réseaux nationaux.[16]



**Figure 6:** l'énergie éolienne [13]

**I. 2-7-3- L'énergie hydraulique :**

Utilise des cours d'eau pour produire d'électricité [13]. Son principe ressemble à celui de l'énergie éolienne. Cependant, ce n'est plus le vent qui fait tourner une turbine, mais c'est plutôt l'énergie mécanique générée par la chute de l'eau qui fait tourner une turbine liée à un alternateur ce qui permet la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique.[16]

Les principaux facteurs qui déterminent la quantité d'électricité générée par une installation hydraulique sont la hauteur de la chute de l'eau et le débit de l'eau utilisée. Le principal avantage de ce type de technologie d'ER est la longue durée de vie de l'installation et le coût faible par rapport à d'autres technologies plus modernes et plus compliquées.[16]



**Figure 7:** hydraulique [13]

**I. 2-7-4- La géothermie :**

Le principe consiste à extraire l'énergie géothermique contenue dans le sol. La plus grande partie de la chaleur de la terre est produite par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croûte terrestre.[13]

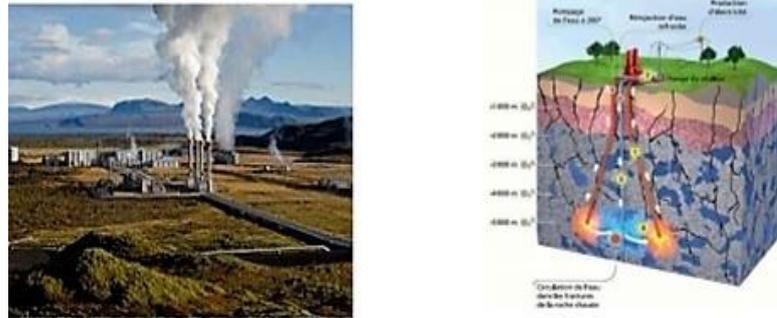


Figure 8: centrale géothermique de Nesjavellir en Islande [13]

I. 2-7-5- Le biogaz :

Utilisation de l'énergie générée par la combustion du gaz méthane collecté et produit par les déchets organiques parvenant de l'agriculture et des décharges industrielles.[13]

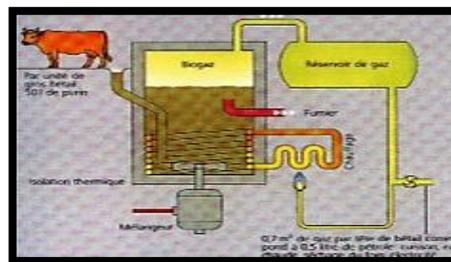


Figure 9: Le principe de biogaz[13]

I. 2-7-6- La biomasse :

Il s'agit d'énergie stockée sous forme organique grâce à la photosynthèse, et exploitée par combustion (bois et autre biocarburants). Elle est considérée comme renouvelable si on admet que les quantités brûlées n'excèdent pas les quantités produites.[13]

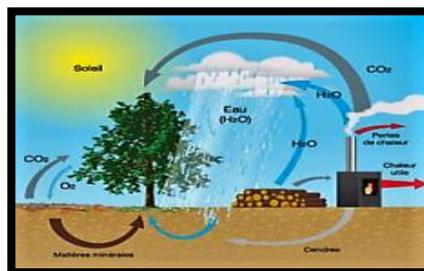


Figure 10: Le principe de biomasse [13]

I. 2-7-7- L'énergie marémotrice :

L'énergie des vagues (marée haute, marée basse), transformée en énergie électrique.[13]



Figure 11: Le principe de la marémotrice [13]

### I. 3-Le rayonnement solaire:

Le rayonnement ou spectre solaire est comparable à celui d'un corps noir à une température de 5800 K, il est compris dans une bande de longueur d'onde variant de 0.22 à 10  $\mu\text{m}$  et se décompose approximativement sur 3 bandes :

-9% dans la bande des Ultraviolets ( $<0.4 \mu\text{m}$ )

-47% dans la bande visible (0.4 à 0.8  $\mu\text{m}$ )

-44% dans la bande des infrarouges ( $>0.8\mu\text{m}$ )

L'énergie solaire reçue sur terre en dehors de l'atmosphère est estimée à 1370  $\text{W}/\text{m}^2$  cependant elle s'atténue et perd son intensité en traversant l'atmosphère ne dépassant pas les 1000  $\text{W}/\text{m}^2$  à la surface de la terre en raison de l'absorption dans ce dernier, ce chiffre variera par la suite en fonction de la localisation géographique du site (latitude), la saison, l'heure, les conditions météorologiques (nébulosité, poussière, humidité...), et latitude du lieu.[17]

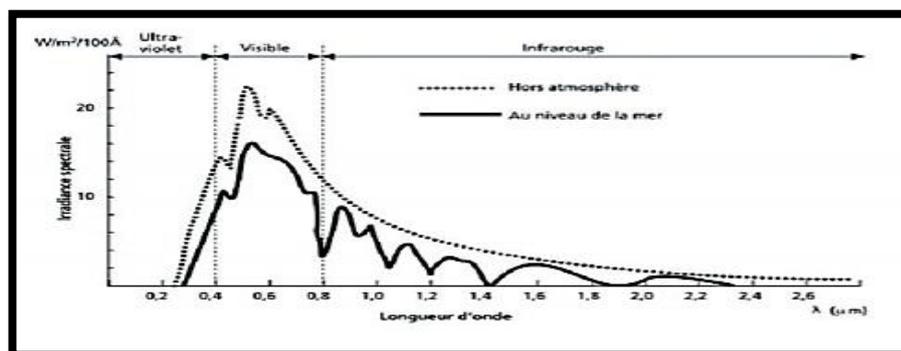


Figure 12: Analyse spectrale du rayonnement solaire [17]

### I. 3-1-La constante solaire:

La terre reçoit pratiquement toute son énergie du soleil, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique. Son contenu total de chaleur ne change significativement pas avec le temps, indiquant en général un équilibre entre le rayonnement solaire absorbé et le flux de rayonnement

diffus émis par la planète. À l'extérieur de l'atmosphère terrestre il n'y a pas de composante diffuse du rayonnement solaire mais seulement la composante directe. Pour une distance moyenne entre la terre et le soleil. L'irradiation émise par le soleil à la terre aboutit à une intensité presque fixe dite constante solaire qui est de  $1360\text{w/m}^2$

La constante solaire est l'énergie solaire reçue par unité de temps et par unité de surface d'une superficie perpendiculaire à la direction de propagation du rayonnement solaire. Les mesures faites avec une variété d'instruments ont donné la valeur  $1353\text{w/m}^2$  estimée avec une erreur de  $\pm 1.5\%$ . La commission des instruments et de ses méthodes d'observation ( CIMO) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a adopté en octobre 1981 la valeur  $1367\text{W/m}^2$  avec une incertitude de 1%. À présent la meilleure valeur disponible de la constante solaire est  $1360\text{w/m}^2$  (Frochlich et 1981 Werhli) [18]

### I. 3-2- Durée d'ensoleillement

Le jour solaire est l'intervalle de temps nécessaire pour que le soleil complète un cycle autour d'un observateur fixe sur terre. La durée du jour solaire ( $S_0$ ) n'est pas nécessairement de 24 heures ; elle varie tout au long de l'année et elle dépend de la latitude géographique ( $\varphi$ ), de l'emplacement et de la déclinaison solaire ( $\delta$ ). Les levers et couchers du soleil définissent le jour et la nuit. On dit que le soleil se couche ou se lève lorsque la hauteur du centre du soleil au-dessous de l'horizon devient nulle. Nous allons donc négliger l'effet de la réfraction et le rayon du disque solaire. Dans ce cas, la durée astronomique d'ensoleillement est : [19]

$$S_0 = \frac{2}{15} a \cos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (\text{I.1})$$

### I. 3-3-Taux d'ensoleillement:

Par ciel clair sans nuages, le sol reçoit le rayonnement solaire direct pendant toute la durée du jour, ou plus précisément pendant la durée maximale d'ensoleillement  $SS_0$ .

On appelle taux d'ensoleillement ou taux d'insolation le rapport entre la durée effective et la durée maximale d'ensoleillement

$$F = \frac{SS}{SS_0} \quad (\text{I. 2})$$

$SS_0$  peut être prise, pour un site dégagé, égale à  $Do$  calculée plus haut. [20]

**I. 3-4-Atténuation atmosphérique du rayonnement solaire:**

Le rayonnement solaire reçu sur la surface de la terre est soumis à des variations dues à des facteurs géométriques décrits dans les sections précédentes et à deux phénomènes : la diffusion atmosphérique produite par des molécules d'air et d'eau, et par les particules de poussière ainsi que l'absorption atmosphérique produite principalement par l'ozone(O<sub>3</sub>), l'eau(H<sub>2</sub>O) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).[21]

**I. 3-5-Masse d'Air (ou Air Masse):**

Plus le soleil est bas sur l'horizon, plus il va traverser une épaisseur importante d'atmosphère et plus son rayonnement est modifié.

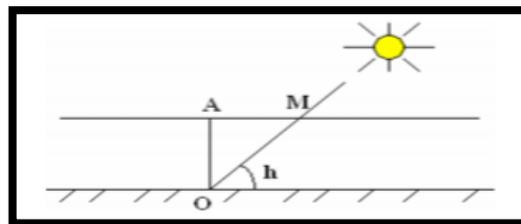
On appelle « Masse d'Air », m, la masse d'atmosphère traversée par le rayonnement directe pour atteindre le sol (par ciel clair), par rapport à une traversée verticale au niveau de la mer (voir figure (I.13))

Cela dépend de la hauteur angulaire du soleil (h). à l'aide des points O, A et M, on écrit la longueur du trajet du soleil travers l'atmosphère :  $OM = OA / \sin h$

On appelle m le rapport  $OM / OA$ , soit  $1/\sin h$ .

A une pression P différente de 1013 mbar et à une altitude z (en km), on désignera par masse atmosphérique ou nombre d'air masse, le nombre [22]

$$m = \frac{p}{1013 \sin \square} \exp\left(-\frac{z}{7.8}\right) \tag{I.2}$$



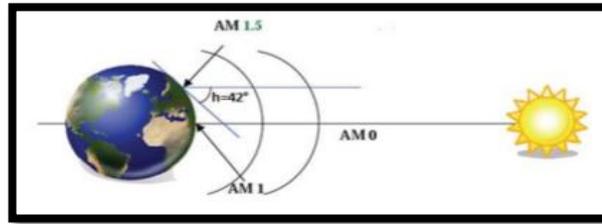
**Figure 13:** Le rayonnement solaire et le nombre d'air masse [22]

Exemple : Rayonnement hors atmosphère : AM 0

Soleil au zénith, niveau de la mer : AM 1

Soleil à 42° sur l'horizon : AM 1.5

Soleil à 30° sur l'horizon : AM 2



**Figure 14:** Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion de la convention AM[22]

### I. 3-6-Irradiation ou rayonnement solaire au sol

Le rayonnement solaire appelé également rayonnement électromagnétique émis par le soleil est grandement perturbé par l'atmosphère. Ce qui ne permet que la réception au sol des composants les plus importants et les plus actifs du rayonnement solaire total qui sont le rayonnement direct et le rayonnement diffus. L'albédo ou la partie réfléchié par le sol du rayonnement solaire global.[17]

#### I. 3-6-1-Rayonnement direct(D):

Le rayonnement solaire direct est le rayonnement reçu sur un plan normal parvenant directement du disque solaire sans avoir subi de diffusion. Le flux des photons qui n'ont pas interagie avec les constituants de l'atmosphère et ont conservé une direction commune et leurs énergies propres .

Le rayonnement direct reçu par une surface orientée en permanence vers le soleil et qui reçoit donc le rayonnement solaire sous une incidence normal est désigné par I.[17]

$$I_d = I \cdot \sin(h) \quad (I.3)$$

Ou: h: hauteur de soleil .

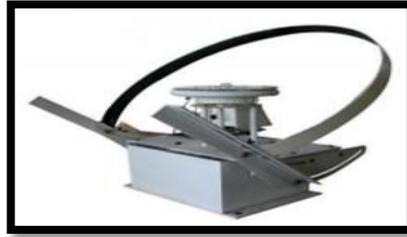


**Figure 15:** Appareil de mesure le rayonnement direct[17]

**I. 3-6-2-Rayonnement diffus(S):**

Le diffus horizontal H D est le rayonnement reçu sur une surface horizontale parvenant de toute la voute céleste a l'exception du disque solaire. Il s'agit du rayonnement diffusé par les aérosols, les gouttelettes d'eau, la vapeur d'eau vers le sol.[17]

$$D^* = 54.8\sqrt{\sin(h)} [TL - 0.5 - \sqrt{\sin(h)}] \tag{I.4}$$



**Figure 16:** Le pyranomètre[17]

**I. 3-6-3-Albédo:**

Parvenant au sol, le rayonnement solaire n'est qu'en partie absorbé. On appelle albédo la fraction de rayonnement réfléchi par le sol n'est évidemment à prendre en considération que pour les surfaces inclinées.

Ainsi pour un corps noir parfait, l'albédo est nul.[17]

$$\rho = \frac{\text{énergie refléchi}}{\text{énergie récu}} \tag{I.5}$$

**Tableau1:** Albédo de différente surface

Type de surface	Albédo
Neige fraîche, soleil haut	0,80-0,85
Neige fraîche, soleil bas	0,90-0,95
Vieille neige	0,50-0,60
Sable	0,20-0,30
Herbe	0,20-0,25
Terre humide	0,10
Terre sèche	0,15-0,25
Forêt	0,05-0,10
Eau, soleil horizontal	0,50-0,80
Eau, soleil au zénith	0,03-0,05
Nuage épais	0,70-0,80
Nuage mince	0,25-0,50



Figure 17: L'Albédo mètre [17]

### I. 3-6-4-Rayonnement global(G):

Le rayonnement solaire arrivant au sol a plusieurs composantes à traiter différemment: une composante directe I, une composante diffuse D, et l'Albédo, le tout formant le rayonnement global (G).[17]

- Rayonnement global sur une surface horizontale :

Le rayonnement Globale parvenant au sol sur une surface horizontal h G est la somme du rayonnement direct et diffus (Figure I.18), Selon la formule suivante[17]:

$$G_h = D_h + I_d \cos(\theta_s) \quad (I.6)$$

- Le rayonnement Global sur une surface inclinée:

Le rayonnement solaire global sur une surface arbitraire ayant une inclinaison  $\beta$  par rapport à l'horizontale et un angle azimutal  $\gamma$  est la somme des trois composantes directe, diffuse et réfléchi par le sol du rayonnement solaire (Figure I.18)[17]

$$G_\beta = D_\beta + I_d \beta + d_{re} \quad (I.7)$$

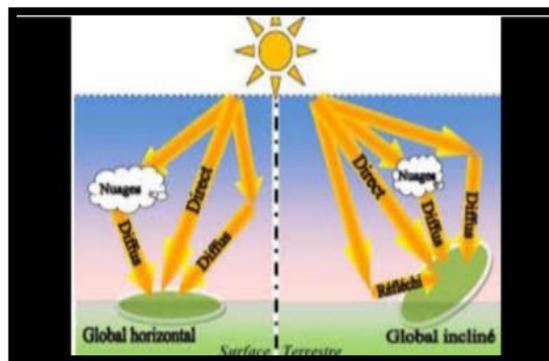


Figure 18: Composantes principales du rayonnement solaire [17]

### **Conclusion:**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les informations de base concernant les énergies renouvelables qui sont un meilleur remplacement pour les énergies fossiles. Nous avons concentré principalement sur l'énergie solaire et son rôle étant donné qu'elle est la plus grande source d'énergie. Nous avons également travaillé à clarifier les aspects les plus importants liés au rayonnement solaire.

*Chapitre II :*  
*Le Séchage Solaire*

**II. 1-Introduction:**

Le séchage et tout particulièrement le séchage au soleil est l'une des plus anciennes techniques de conservation des produits agroalimentaires utilisée par l'homme. Elles consistent l'exposition du produit aux rayons du soleil et à l'air libre. [23]

**II.2- Définition:**

C'est l'opération unitaire ayant pour but d'éliminer par évaporation un liquide imprégnant un solide ou un liquide. Le terme déshydratation a un sens plus restrictif: il ne concerne que l'élimination de l'eau dans un solide ou dans un liquide .

Le séchage est une opération consistant à abaisser l'activité du liquide d'un produit, jusqu'au seuil en deçà duquel les réactions enzymatiques et d'oxydation sont inhibées, de même que le développement des microorganismes.[25] [24]

**II. 3 -Historique:**

Le séchage est une technique très anciennement utilisée pour la conservation des produits agricoles et alimentaires (céréales, graines, fourrages, viandes et poissons séchés jambons, figes, noix, tabac, etc.), ou pour l'élaboration des matériaux (briques de terre sèche, céramiques, poterie avant cuisson, bois,...), ou pour les textiles (lavage, teinture,...) et les peaux.

Pour ces applications traditionnelles, on fait encore beaucoup appel au séchage par l'air ambiant dit « naturel », le séchage dit « artificiel » avec apport d'énergie, n'étant qu'une technique complémentaire apportant une plus grande régularité face aux aléas climatique bien apportant de nouveaux services (lait sec ou café dits « instantanés », pâtes alimentaires sèches à longue conservation, etc.[26]

**II. 4 -Objectif du séchage :**

L'objectif de sécher un produit est d'abaisser sa teneur en eau, de telle sorte que son activité de l'eau soit portée à une valeur permettant sa conservation à une température ordinaire sur de longues durées ( de l'ordre l'année) [27]

L'élimination ou la séparation de l'eau peut être obtenue par voie mécanique ou thermique.

**II. 5- Domaines d'utilisation le séchage :**

Si le séchage consomme beaucoup d'énergie, c'est parce qu'il est présent dans de nombreuses industries. Les produits concernés nous touchent souvent de près dans la vie

- Le produit humide ne se conserve pas bien
- Le fluide doit être retiré pour continuer le processus.

- L'élimination de l'eau donne la texture finales au produit et fait partie intégrante du processus
- Le coût du transport est plus élevé en présence de liquide [27]

**II. 6 - Différents méthodes du séchage : [28]**

**II. 6-1- Séchage mécanique:**

C'est l'élimination du liquide par des forces purement mécaniques (pressage

Centrifugation, .....). Certains processus de pré concentration et de pré séchage peuvent se réaliser sans transfert thermique mais par simple transfert de quantité de mouvement.

Opération	Technique	Mécanisme	application
<b>Concentration</b>	Centrifugation	Sédimentation	Jus de tomate
	Filtration	Tamisage	Boues résiduelles
	Ultrafiltration	Tamisage moléculaire	Lactosérum
<b>Séchage</b>	Egouttage	Gravité	Fromage
	Essorage	Tamisage	Cristaux de sucre
	Pressage	Expression	Fourrages

**Tableau 2:**Quelques exemples des méthodes de séchage

**II. 6-2- Séchage chimique :**

C'est un procédé basé sur l'utilisation de produits déshydratants (osmotique) (chlorure de calcium..)pour extraire l'eau.

**II. 6-3-Séchage thermique :** Ce type d'opération est essentiellement un transfert de masse nécessitant au préalable une activation» de l'eau par une certaine quantité d'énergie apportée par un transfert de chaleur Les deux transferts se dédoublent en une phase externe et une phase interne

- Transfert de chaleur interne, de la source de chaleur vers la surface du produit
- Transfert de chaleur interne, de la surface vers le cœur du produit.
- I transfert de masse interne, du cœur vers la surface du produit
- transfert de masse externe de la surface du produit vers le milieu extérieur.

## II. 7 - Le Principes de séchage :

C'est une opération permettant de faire passer un produit de son état initial dit

humide » à un état final dit « solide sec ». Il s'agit de retirer une partie du solvant d'un corps afin d'obtenir un produit fini sous la forme d'un solide, d'un état divisé ou de poudre. Le produit passe ainsi d'un état initial dit « humide », selon le cas solide ou liquide, Jusqu' a un état final dit « solide sec», même sil contient encore une teneur en eau (ou solvant) résiduelle.[29]

### II.8- Les avantages et les inconvénients du séchage:

Pour le séchage solaire plusieurs avantages et inconvénients sont parmi eux comme suit [30].

#### II. 8 -1- Avantages :

- Bonnes conditions de séchage
  - Economies d'énergie
- technique permettant de réduire et maîtriser son impact sur l'environnement

#### II. 8- 2- Inconvénient :

- Chargement
- Mal adapté aux grosses structures

## II. 9- Les type des séchoirs solaires :

### II. 9-1- Les séchoirs solaires à l'air:

C'est une méthode qui a été utilisée depuis l'antiquité et qui existe encore aujourd'hui, et qui est le produit le plus clair à l'air libre, bien que le séchage à l'air soit une technique facile et peu couteuse, mais elle entraîne de grandes pertes.[31]



**Figure 19:** Le séchage solaire sous air[31]

#### II. 9-1-1Les avantages:[32]

- Procédé simple et non coûteux.
- N'exigent matériel ni d'œuvre qualifiée.
- Source d'énergie solaire gratuite et non polluante. Pas de dépense d'énergie

- Séchage doux grâce à l'alternance jour
- Peu de changement de couleur (brunissement).

**II. 9-1-2 Les inconvénients: [32]**

- Une longue durée de séchage (possibilité de moisissure).
- Altération de la qualité du produit par le rayonnement solaire
- L'efficacité du processus est faible compte tenu des nombreux aléas (météorologie, constituants du produit sensibles aux rayonnements ultraviolets, insectes, rongeurs, perte de vitamine...etc.).

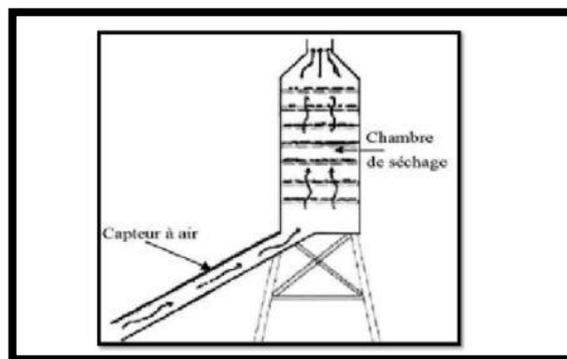
**II. 9-2 Les séchoirs solaires indirects :**

Ces systèmes sont plus performants que les séchoirs directs, ils présentent l'avantage de mieux préserver les caractéristiques de l'aliment : sa couleur, son aspect, sa valeur nutritive [ 33 ]

Ils sont donc particulièrement adaptés au séchage des produits alimentaires.

Le séchoir solaire indirect se compose de deux parties: un collecteur qui convertit le Rayonnement solaire en chaleur et une chambre de séchage qui contient le produit .

L'air chauffé dans le collecteur (capteur plan) est soufflé à travers des claies contenant des ( produits, légumes, fruits, poissons..) disposés en couche mince. La durée de séchage est très variable selon les conditions climatiques et la ventilation du séchoir [34].



**Figure 20:** séchoir solaire indirect [35]

**II. 9-2-1 Avantages du séchoir indirect:**

Le séchoir solaire indirect présente les avantages suivants [35].

- Le produit n'est pas exposé directement au soleil. Il conserve mieux sa couleur et sa valeur nutritionnelle (notamment la vitamine A etc.).
- Possibilité de construire ce type de séchoirs localement, avec un coût réduit.

- Son fonctionnement n'exige pas une énergie électrique ou des combustibles fossiles.

**II. 9-2-2 Inconvénients du séchoir indirect:**

Le séchage solaire indirect tout au long de a journée est un processus de séchage, mais nous avons constaté qu'il y a de nombreux avantages et inconvénients de ceux-ci comme suit [36].

- Coût important.
- Rapidité du séchage très variable suivant les conditions climatiques et la conception du séchoir.

**II. 9-3 Les séchoirs solaires mixtes :**

Ces séchoirs combinent les dispositifs des séchoirs directs et indirects. Dans ce type des séchoirs, l'action combinée du rayonnement solaire direct sur le produit à sécher et le capteur solaire est de fournir la chaleur nécessaire pour le processus de séchage.

Un séchoir mixte à circulation naturelle aurait les mêmes dispositifs

Structurant qu'un séchoir indirect (capteur solaire, chambre de séchage et cheminée) mais les parois sont équipées par des plaques de verre de sorte que le rayonnement solaire directement sur le produit comme le séchoir intégral [37].

Une autre conception se compose d'un capteur à air recouvert du ne plaque de verre. La chambre de séchage contenant des claies super posées, les parois sont des contreplaqués, la surface supérieure recouverte de verre. La cheminée solaire prend une forme cylindrique, fabriquée avec des feuilles galvanisées équipées d'un chapeau en métal pour conserver hors de la pluie [38]



**Figure 21 : Le séchoir solaire mixte à l'URERMS Adrar [39]**

## II. 9-4 Les séchoirs solaires directs :

Les séchoirs solaires directs sont des dispositifs simples à utiliser et à construire. Ils offrent de large possibilités de conception: du séchoir coffre à plateau et adapte au petite production, au séchoir cabane qui permet de traiter de grandes quantités [40].

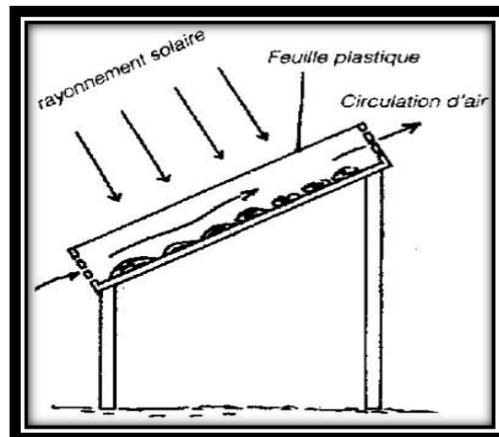


Figure 22: Un séchoir solaire direct[41]

### II. 9-4-1 Avantages :

- Meilleure protection contre la poussière, les insectes, les animaux et la pluie par rapport au séchage traditionnel.
- Pas besoin de main-d'œuvre qualifiée.
- Grandes possibilités de conception : séchoir coffre, tente, cabane, coquillage.
- Coût faible à moyen.

### II. 9-4-2 Inconvénients :

- Faible productivité: 5 à 10 kg de produits frais/m
- Dégradation de la qualité par exposition directe au soleil :destruction de la vitamine A et C, flétrissement, décoloration [42]
- Fragilité des matières en polyéthylène qu'il faut changer régulièrement.
- Température relativement élevée dans le séchoir qui contribue avec l'exposition au soleil à la destruction des nutriments [43]
- Faible circulation de l'air qui limite la vitesse du séchage et augmente les risques de moisures

## II. 10-Principe de fonctionnement :

Les rayons solaires frappent directement les produits. Le séchoir solaire direct se compose d'une seule pièce qui fait office à la fois de chambre de séchage et de collecteur solaire.

Le fond de la chambre de séchage est peint en noir pour augmenter la capacité d'absorption de chaleur, une feuille de plastique ou polyéthylène transparent sert généralement de toit mais on peut également utiliser d'autres matériaux plus chers comme le verre ou les plastiques spéciaux (polyéthylènes agricoles [44]).

**II. 11- Vitesse de séchage:**

La vitesse de séchage est définie comme le rapport entre la quantité d'eau évaporée de solide séché par unité de temps et de masse de solide sec, ou tout simplement la limite du quotient de la différence de teneur "Am" par l'intervalle de temps "At.", C'est la grandeur qui caractérise pratiquement l'allure du transfert

La vitesse de séchage est fonction de très nombreux paramètres dont les plus importants sont:

- La nature, la porosité, la forme et l'humidité du produit.
- La température, l'humidité et la vitesse de l'air. [45]

**II. 12- Cinétique du séchage:**

On étudie la cinétique de séchage des différents produits par des courbes représentant

l'évolution de la vitesse de séchage en fonction du temps, ou celle donnant la vitesse de séchage en fonction de X. Ces courbes sont généralement obtenues pour différentes conditions expérimentales (températures, vitesse de l'air asséchant, hygrométrie...). Elles caractérisent le comportement global du produit à sécher au cours du temps. Sur la courbe schématisée présentée à la Figure (1.2), on peut distinguer trois phases .

**II. 12-1- Période de mise en température (Période 0):**

L'humidité du produit dans cette période varie mais pas sensiblement et la température du produit varie (croît ou décroît) jusqu'à la température humide correspondant à

l'environnement séchant (zone A-B). Cette période est courte et n'apparaît véritablement que si les produits sont de grande taille, ou si la différence de température entre l'air et le produit est importante.

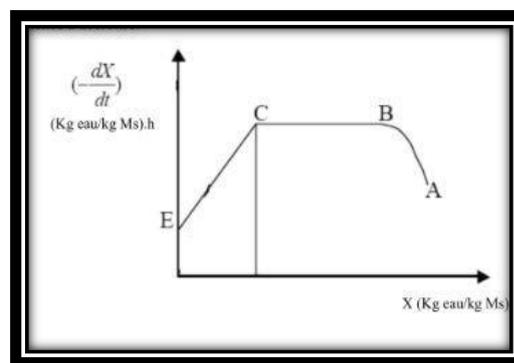
**II. 12-2. Période à vitesse constante:**

Durant cette période, la vitesse de séchage reste à peu près constante pour la plupart des produits. L'humidité se déplace vers la surface à l'état liquide principalement sous l'effet des forces capillaires, l'équilibre entre la diffusion dans la couche limite (à l'interface air matériau) et les mécanismes de transfert d'humidité interne au sein du produit vers la surface

est établi, la température reste uniforme dans le produit car le flux de chaleur échangé avec l'air chaud est entièrement utilisé pour la vaporisation de l'eau à la surface, cette période s'achève lorsque les forces capillaires ne peuvent plus soutenir la vaporisation de l'eau de surface, et couvre généralement une grande partie du temps de séchage.

### II. 12-3. Période de ralentissement :

Pendant cette phase, les forces capillaires ne sont plus suffisantes pour acheminer l'eau vers la surface du produit. La vitesse de séchage ne peut plus être maintenue constante et elle commence à décroître.



**Figure 23:** Cinétique de séchage

En réalité, le séchage est beaucoup plus complexe car le déplacement de l'eau est influencé par plusieurs phénomènes

- Les forces de capillarité qui entraînent une migration de l'eau en sens inverse du gradient de température
- Les différences de pression partielles qui entraînent un déplacement de l'eau sous forme de vapeur.
- La migration des matières solubles (sucre, sels) à la surface qui entraînent une résistance supplémentaire.
- La résistance au déplacement est fonction de la structure cellulaire ou fibreuse du produit.
- La formation du produit est très importante pour les produits biologiques. [46]

### II. 13- Caractéristique à l'air de séchage:

De nombreux facteurs s'affectent le processus de séchage, notamment:

#### II. 13-1- Humidité:

Cette variable représente le rapport entre la pression partielle (PV) et la pression de vapeur saturante. La relative à l'air est de 100% lorsque l'air est complètement saturé, et en

regardant la masse d'air humide qui occupe volume  $V$  à température  $T$  et sous pression  $P$

- $M_h$  représente la masse d'air humide et une somme de la masse d'air sec est égale à  $M_a$  et  $M_v$  la masse de vapeur d'eau

$$M_h = M_v + M_a \quad (\text{II.1})$$

- Représente la pression d'air humides est égale à la somme des pressions partielles d'air sec et de la pression de vapeur d'eau

$$P = P_v + P_a \quad (\text{II.2})$$

L'air a de nombreuses propriétés principales, et ce sont:

### II. 13-2- L'humidité relative:

L'humidité relative, ou comme on l'appelle aussi, le degré d'humidité est le rapport entre la pression moléculaire de la vapeur d'eau ce qui est présent dans l'air à la pression atmosphérique à l'état de saturation. [47]

Il est donné par la relation:

$$H_r = \frac{P_v}{P_s(T)} \times 100 \quad (\text{II.3}) \quad 0\% \leq H_r \leq 100$$

Ou

$H_r$ : humidité relative(%).

$P_v$ : pression partielle de vapeur(Pa).

$P_s$ : pression de saturation de vapeur(Pa).

### II. 13-3 l'humidité absolue:

L'humidité absolue est le rapport entre une masse de vapeur d'eau et son contenu dans un volume d'air humide sur sa masse l'air sec est inclus dans cet argument, et l'humidité absolue est souvent appelée le rapport de mélange.

### II. 13-4 Degré de saturation:

Il représente le rapport entre l'humidité de l'air spécifique et l'humidité de l'air saturé à la même température .Le degré de saturation avec la relation suivante [47]:

### II.13-5Températurehumide:

Il représente le degré d'équilibre de la masse d'eau qui s'évapore dans l'air, auquel cas la chaleur est prélevée pour l'évaporation de l'air d'une manière pratique il indique également la température dans le thermomètre, qui est intégré dans filament placé dans un courant de gaz avec mouillage permanent avec de l'eau pure, et il faut tenir compte du fait que le

degré de chaleur est appliqué la chaleur humide est la température prise par un solide humide dans une période de vitesse constante de le processus de séchage, et cette échelle est placée dans l'air dont le débit est relativement rapide.

**II. 13-6-Température sèche:**

La température sèche du gaz est la température indiquée dans le thermomètre, comme il se doit mettez un thermomètre extérieur pour obtenir cette température.

**II. 13-7-Température de la rose(rosée):**

Si l'air est refroidi à une pression constante, son humidité relative augmentera à la valeur de 100%, ce qui conduit à l'équilibre de la vapeur liquide et l'apparition des premières gouttes d'eau condensé, ou la température de la rosée est indiquée par un symbole par  $T_r$ , la température de rosée est considérée comme la température nécessaire pour refroidir l'air humide afin de l'atteindre saturation.

**II. 14- 1Influencedesparamètres de l'air sur la cinétique de séchage:****II. 14-1-Influence de la température de l'air:**

La température de l'air asséchant influe considérablement sur la vitesse de séchage. Cette influence est due à l'apport de chaleur au produit qui croit avec la température de l'air. Elle est aussi à la température du produit qui est d'autant plus importante que la température de l'air élevée. Par conséquent, les conductivités de l'eau dans le produit deviennent importantes.

**II. 14-2- Influence de la vitesse de l'air:**

La vitesse de l'air agit positivement sur la cinétique de séchage sur tout au début de L'opération. Cependant, pour des produits dont la cinétique de séchage est contrôlée par la migration interne de l'eau, l'influence de la vitesse de séchage de l'air devient très faible.

**II. 14-3- Influence de l'humidité de l'air:**

La teneur en eau de l'air, joue un rôle important sur le comportement des cinétiques de séchage de certains produits, il semble que cette influence est plus importante au début de séchage et diminue lorsque la température de l'air augmente. [48]

La température du produit qui est d'autant plus importante que la température de l'air élevée. Par conséquent, les conductivités de l'eau dans le produit deviennent importantes.

**II. 15- Conclusion:**

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques concepts de séchage solaire, des types de séchoirs solaires directs, indirects, mixtes avec certains de leur s'avantages et inconvénients, puis nous avons abordé les différentes méthodes de séchage.

*Chapitre III :*

*Partie Expérimentale*

### III. Le bute travail

Ce travail a été réalisé dans l'unité de recherché en énergie renouvelables Milieu saharien à Adrar, au niveau de l'équipe de solaire

On étudie dans ce travail, la cinétique de séchage solaire de navet en deux variété et se fait les analyse physicochimiques et microbiologiques de navet avant et après séchage en trois mode, le séchage solaire direct, indirect et l'air.

### III. 2-Matériels et méthodes

#### III. 2-1- Matériel végétal

##### III. 2-1-1-Le choix de la plante de navet(*Brassica Rapa*)

Nous avons choisi La plante de navet(*Brassica Rapa*) pour plusieurs raisons, dont les suivantes :

- La disponibilité de la plante, notamment dans notre milieu désertique.
- Elle contient plusieurs nutriments qui contribuent au traitement de plusieurs maladies.
- Résistant à la température conditions.

##### III. 2-1-2- Le lieu de prélèvement des graines (*Brassica Rapa*) :

Les *Brassica Rapa* étudié en deux variété (blanc ; violet) sont sélectionnées au niveau

De marché Bouda à Adrar au mois de mars.

##### III. 2-1-3-*Brassica Rapa* (Navet) :

Le navet (*Brassica Rapa*) est une plante bisannuelle à racines, de la famille des *Brassicaceae* .Il serait originaire de l'Europe ou encore de l'Asie (Inde) (Anonyme 1999). C'est une culture très ancienne qui était très répandue à la moyenne âge avant l'introduction de la pomme de terre et du haricot. Ses qualités culinaires sont moins estimées et appréciés aujourd'hui qu'au moyen âge mais sa valeur nutritive est loin d'être sous-estimée .En Algérie, c'est un légume qui est cultivé dans toutes les régions du pays en culture irriguée de printemps et d'été et non irriguée en fin d'automne et début de printemps. La superficie totale cultivée s'étend sur 7710 ha pour une production annuelle totale de 862 430 qx et les principales wilayas productrices sont Bourmedes, M'sila et Alger ( DSASI 2001)[49]

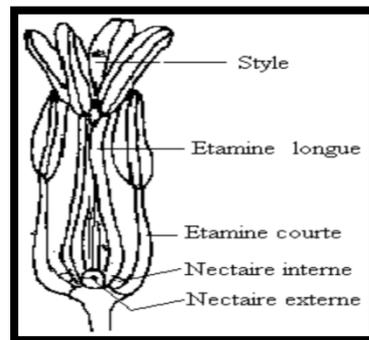


**Figure 24:** photographie du navet (*Brassica Rapa*) (blanche et violet)

**- La fleur :**

Les fleurs, fortement autostériles, du navet sont de couleur jaune (7-11 mm). Elles sont réunies dans des inflorescences en grappes allongées et très nombreuses, et portées par une hampe (tige) florale primaire

et des hampes secondaires (ramifications) et tertiaires.(Figure2)



**Figure 25 :**Fleur de *Brassica napus* avec pétales et sépales supprimés (d'après Ross -Craig 1949 in Free 1993).[49]

**III. 2-1-4- Protocole de séchage :**

Pour suivre la quantité d'eau de navet (*Brassica Rapa*) évaporée pendant un certain temps. Nous suivons les étapes suivantes :

- Préparer deux types de navet(*Brassica Rapa*) à peau blanche et peau violet et les laver à l'eau du robinet.
- Couper les navet (*Brassica Rapa*) en fines lanières de 3mm.
- Répartir les tranches en 5 (cinq) échantillons (2 échantillons de navet (*Brassica Rapa*) à l'air «Extérieur» et 2 échantillons dans l'indirect) et en direct, les deux échantillon dans une même clé, chaque échantillon contenant 0.4 Kg;
- Numération des échantillons  
 Clae N°1: navet violet, séchage à l'air  
 Clae N°2: navet blanche, séchage à l'air

Claie N°3: navet blanche séchage indirect

Claie N° 4: navet violet séchage indirect

Claie 5N°: navet violet et blanche direct



**Figure 26:** Préparation des échantillons de navet (*Brassica Rapa*) en deux variété (blanche et violet)



**Figure 27:** prototype d'un séchoir solaire indirect utilisé

### III. 2-1-5-Appareillages :

Balance de précision électronique (OHAUS) – PH mètre – Etuve (memmert) ; plaque chauffante munie d'un système d'agitation (VELP scient pica AM4) - Agitateur magnétique– Dessiccateur– spectrophotomètre UV- (réfractomètre (ATAGO) – bain marie – pompe à vide – four à moufle (Nobertherm) –Rota vapeur – Aw mètre – Les claies – Bec bunsen – Les verreries.

### III. 2-1-6- Réactifs chimiques :

L'eau distillé – l'acide sulfurique  $H_2SO_4$  – Acide chlorhydrique (HCL) (liquide ) – Hydroxyde de sodium (NaOH) (liquide ) – Indicateur phénophtaléine – phénol (5%) (liquide) – Bicarbonate de caesium ( $CaCO_3$ ) (solide) – Acétate de plomb ( $C_4H_4O_4Pb_3H_2O$ ) (solide) – Hexane – Acétone – oxalate de potassium ( $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$ ) ( solide) – Acide Borique ( $H_2BO_3$ ) – Sulfate du cuivre (solide) – Sulfate de potassium (solide).

### III. 2-2- Méthodes d'analyses :

Les expériences réalisées se résument comme suit :

- 1- Détermination de quelques paramètres physicochimiques des navets(*Brassica Rapa*)(blanche et violet)
- 2- Séchage du navet (*Brassica Rapa*) de deux modes : à l'air et au séchoir.
- 3- interprétation des résultats.

### **III. 2-2-1-Cinétique du séchage**

On a étudié la cinétique de séchage des différents produits par des courbes représentant l'évolution de la vitesse de séchage (masse d'eau évaporée par unité de temps et de surface d'évaporation du matériau (kg d'eau / m<sup>2</sup>.s) en fonction du temps. Ces courbes sont généralement obtenues pour différentes conditions expérimentales (températures, vitesse de l'air asséchant, hygrométrie...). Elles caractérisent le comportement global du produit pendant l'opération de séchage en fonction du temps. Les courbes de cinétique de séchage varient suivant le produit à sécher et contiennent de une à trois principales périodes de la cinétique de séchage, tout dépend du produit. [50] [51]

### **III. 2-3-Les analyses physicochimiques et microbiologiques du navet (*Brassica Rapa*)**

#### **III. 2-3-1-caractérisation de quelques paramètres physico-chimiques des Brassica**

##### **III. 2-3-1-1-Détermination de la teneur en eau (NF V 03-921) :**

###### **▫ Principe :**

La teneur en eau est déterminée sur une partie aliquote de 1g d'échantillon étalé dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve, à la pression atmosphérique, à une température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ . [52]

###### **● Mode opératoire :**

- Sécher des capsules vide à l'étuve durant 15mn à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur.
- Peser dans chaque capsule 1g d'échantillon à une précision de 0.001g, et les placer dans l'étuve réglée à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 3heures.
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).



**Figure 28:** Le produit dans le dessiccateur et avant et après son introduction en étuve



**Figure 29:** photographie de l'étuve et de la balance de précision

▪ **Expression des résultats :**

La teneur en eau est calculée selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{(M1-M2)}{P} \times 100 \quad (\text{III.1})$$

Où :

H% : est la Humidité

M1 : est la masse de capsule + matière fraîche avant étuvage

M2 : est la Masse de l'ensemble après étuvage

P : est la prise d'essai.

La teneur en matière sèche peut être déterminée par :

$$\text{Matière sèche \%} = 100 - H\% \quad (\text{III.2})$$

**III. 2-3-1-2 -Détermination de la teneur en PH :**

▪ **Principe :**

La Détermination du PH de la différence de potentiel existant cote deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de la navet (*Brassica Rapa*)[53]

- **Mode opératoire:**

- Couper en petits morceaux une partie de l'échantillon.
- Placer le produit dans un bécher et y ajouter au moins deux ou trois fois volume d'eau distillée.
- Chauffer au bain-
- Marie pendant 30 mn en remuant de temps avec une baguette de verre.
- Broyer en suite le mélange obtenu dans un mortier et procéder à la détermination en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.



Figure 30: Détermination de PH

### III. 2-3-1-3- Détermination de la Teneur en cendres (AFNOR V 03-922) :

On entend par "cendres brutes" le résidu obtenu après incinération à  $550^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$  [54].

- **Principe :**

Le navet est calciné à  $550^{\circ}\text{C}$  dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant.

- **Mode opératoire (NF V05-113, 1972) :**

- Dans des capsules en porcelaine, peser 2g d'échantillon broyé.
- Placer les capsules dans un four réglé  $550 \pm 15^{\circ}\text{C}$  durant 5heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre.
- Retirer les capsules du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur, puis les peser.



**Figure 31:** Répartition des capsules dans le four à moufle

### Expression des résultats :

Le pourcentage en masse de cendres brutes est exprimé par la formule suivante :

$$\text{MO}\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100 \quad (\text{III.4})$$

Soit :

MO% : Matière organique.

m1 : Masse de la capsule + prise d'essai.

m2 : masse de la capsule + cendres.

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendre (Cd) est calculée comme suit :

$$\text{Cd} = 100 - \text{MO}\% \quad (\text{III.5})$$

### III. 2-3-1-4- Détermination de la teneur en protéines (Méthode de kjeldhal) :

#### ▫ Principe :

Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, et dosé après déplacement en milieu alcalin et distillation sous forme d'ammonium[55].

#### • Mode opératoire :

- Introduire dans un matras de minéralisation 1g d'échantillon, ajouter une pince de catalyseur (sulfate de cuivre et de potassium).
- Ajouter 15 ml d'acide sulfurique pur

- Utiliser un chauffage progressif; d'abord une attaque à froid pendant 15 mn jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures.
- Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée.
- La distillation se fait dans un distillateur automatique (VELP) où l'ajout de 20 ml de lessive de soude à 35 % dans le matras et 25 % d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisée.
- Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle). L'excès d'ammoniac est alors dosé par l'acide sulfurique 0,05 N dans un triturateur automatique.

**NB:** Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans échantillon.



**Figure 32:** Distillateur et solution avant et après titrage

▪ **Expression des résultats :**

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N\% = \frac{V}{V'} \times \frac{(N - N') \cdot 0.05 \cdot 1.4}{P} \quad (\text{III.6})$$

Soit :

V: Solution minéralisée et complétée à 100 ml

P: Solution de la soude ajoutée 20 ml

N: La quantité d'acide sulfurique lue après titration

0,05: Normalité d'acide sulfurique

P: Masse de la prise d'essai 1 g.

Après avoir obtenu le pourcentage d'azote (N) on multiplie par 6.25 pour obtenir le pourcentage de protéines. (Khalil et al ,2002 . Ben Thabet et al, 2007)

**III. 2-3-1-5-Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974)****▫ Principe :**

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur [56].

**• Mode opératoire :**

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

**▫ Expression des résultats :**

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

$$A\% = \frac{(250 \times V1 \times 100)}{(V0 \times M \times 10)} \times 0.07 \quad (\text{III.7})$$

Soit:

M: La masse, en grammes de produit prélevé.

V0: volume en millilitres de la prise d'essai.

V1: Le volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée (0,1 N)

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



**Figure 33:** Détermination de l'acidité de titrage

### III. 2-3-1-6-Détermination de la teneur en sucres par HPLC :

#### ▫ Principe :

Le dosage des sucres réducteurs est effectué par la méthode de phénol/acide sulfurique introduite par Dubois et coll., il se forme des chromophores de couleur jaune-orange. Leur apparition est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique (D.O) à 400 nm [57].

#### ▫ Mode opératoire:

##### ➤ Préparation d'échantillon:

On prépare 1g(p) +300ml d'eau distillée +3g de CaCO<sub>3</sub> puis on réchauffe le mélange pendant 30min jusqu'à ébullition avec le maintien d'agitation. Après le refroidissement du mélange on lui ajoute l'eau distillée jusqu'à un litre de solution, de notre produit et une quantité d'acétate de plomb.

➤ 1<sup>er</sup> filtration: On réalise la première filtration pour éliminer les protéines par l'acétate du plomb, ensuite on ajoute une petite quantité d'oxalate de potassium.

Saccharose=(sucre totaux-sucres réducteurs)\*0.95

##### ➤ 2<sup>ème</sup> filtration :

Le but de la 2<sup>ème</sup> filtration, est d'éliminer le plomb précipité par l'oxalate de potassium.

##### ➤ Le dosage:

Après la 2<sup>ème</sup> filtration, on a eu un extrait filtré duquel on a pris 1 ml qu'on le mélange avec 1 ml de phénol (5%) et 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré avec le maintien d'agitation, puis on a lu la D.O du témoin et de l'échantillon. Pour pouvoir calculer la concentration en sucres réducteurs de l'échantillon utilisé on a préparé différentes

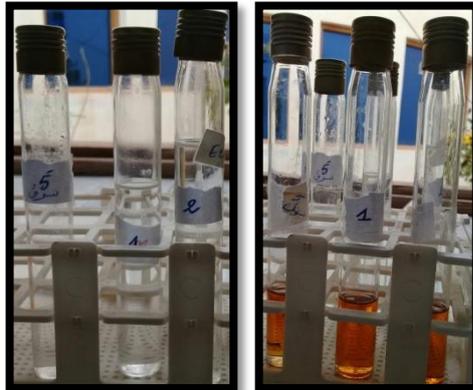
concentration du glucose (hexose) et d'arabinose (pentose) dont leur D.O est respectivement lues à 490 nm et 485 nm. Les concentrations pour les deux sucres, sont les suivantes: 0.01, 0.02, 0.1, 0.2, 0.5, 1. Par un simple calcul, on a pouvoir la concentration en hexose et pentose de notre échantillon.

**Remarque:**

Le témoin est composé de 1 ml d'eau distillée, 1ml de phénol (5 et 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré).



**Figure 34:** Mélange avant et après filtration.



**Figure 35:** Le mélange avant et après l'ajout des solutions



**Figure 36:** Détermination du Sucre réducteur par spectrophotomètre

**o Purification :**

- Evaporer la solution éthanolique au rotavapor et reprendre le résidu d'évaporation par l'eau distillée dans une fiole de 50 ml.

- Ajouter 1ml de solution de carrez I, agiter, puis 1ml de la solution carrez II (pour précipiter les protéines).
- Ajouter à 50 ml avec de l'eau distillée.
- Agiter et filtrer sur papier filtre Wattman.
- Cette solution concentrée et purifiée doit être conservée au congélateur, au cas où les différentes déterminations ne peuvent être réalisées le jour même.

### **III. 2-3-1-7- Détermination de la teneur en poly-phénols totaux :**

#### **▫ Principe:**

En présence de phénols, le mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et phosphomolibdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) est réduit en oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ), que l'on détermine par colorimétries[58].

#### **• Mode opératoire :**

Le dosage des poly phénols totaux est réalisé par la méthode décrite par **Juntachote et al,(2006)**.

#### **A) Préparation de la gamme d'étalonnage :**

- Peser 200 mg d'acide gallique;
- Les dissoudre dans 100 ml d'éthanol, soit une solution ( $S_1$ ) avec une concentration de 2 mg/ml
- Diluer la solution mère comme suit :
- Prélever 5 ml de la solution mère puis ajouter 5 ml d'eau distillée et l'en obtient la dilution  $S/2$
- Prélever 5 ml de la solution  $S/2$  puis rajouter 5 ml d'eau distillée et l'en obtient la dilution  $S/4$ ;
- Refaire la même procédure pour les autres dilutions.

#### **B) 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 20 %
- Laisser incuber pendant une heure à température ambiante et à l'abri de la lumière.

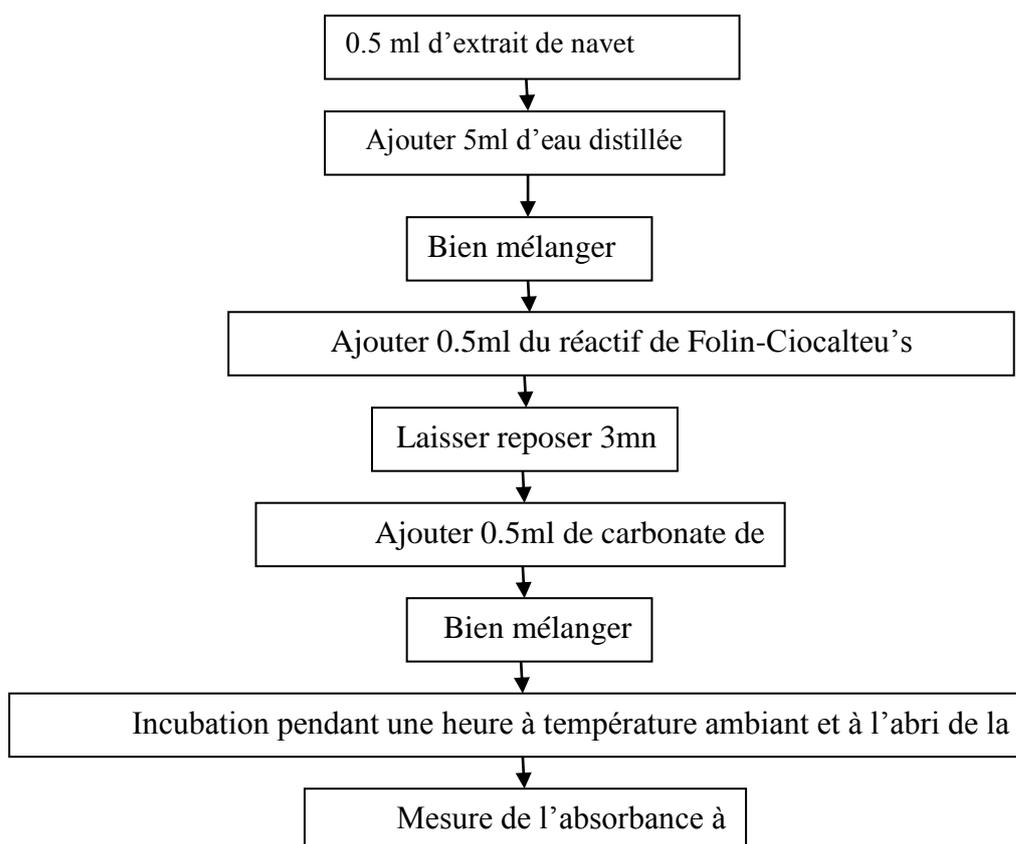
**Tableau 3:** Préparation des dilutions de l'acide gallique pour la réalisation de la courbe standard des poly-phénols totaux :

Dilutions	S	S/2	S/4	S/8	S/16	S/32	S/64	S/128	S/256	S/512
Concentration mg/ml	200	100	50	25	12.5	6.25	3.13	1.56	0.78	0.39

Le blanc est représenté par 5 ml d'eau distillée, additionnée de 0,5 ml de Folin-Ciocalteu's et 0,5 ml de carbonate de sodium à 20 %.

La lecture des absorbances est faite à 760 nm, après agitation et repos d'une heure. La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard d'étalonnage (voir Annexe).

Le dosage des poly phénols totaux dans l'extrait de dattes est représenté par l'organigramme de la figure III.2.



**Figure 37:** Organigramme représentant le dosage de poly-phénols totaux (Juntachote et al., 2006)



**Figure 38:** Les étapes de préparation des échantillons



**Figure 39:** L'échantillon avant et après titrage



**Figure40 :** poser l'échantillon au Rotavapor



**Figure41 :** détermination du polyphénols par spectrophotomètre

### III. 2-3-1-8-Activité d'eau:

L'activité de l'eau est un facteur critique qui détermine directement la conservation des aliments. La température, le pH et quelques autres facteurs ont une certaine influence sur la possibilité et le taux de croissance d'un organisme dans des denrées alimentaires. L'activité de l'eau représente le plus important de ces facteurs.

Pour mesurer l'activité d'eau de Navet (*Brassica Rapa*) on utilise l'appareil Hygrolab [59].



**Figure 42:** Appareil de mesure l'activité d'eau (Hygrolab)

**III. 2-4-Les analyses microbiologiques :**

Les analyses microbiologiques des aliments ont été réalisées selon les normes algériennes en vigueur relatives à chaque microorganisme. L'interprétation des résultats a été faite selon l'arrêté conjoint n°624-04 Safar 1425 (8 avril 2004) publié au bulletin officiel N°5214-30 rabb1-1425 (20-5-2004) relatif aux critères microbiologiques d'usage pour les aliments [60].

**a)-Objectif de ce travail**

Ce contrôle a pour but d'apprécier la qualité microbiologique de *Navet (Brassica Rapa)* blanche et violet. Il permet au laboratoire de se prononcer sur la présence éventuelle ou l'absence de microorganismes dans *Navet (Brassica Rapa)*

**b)-Matériel et appareil :**

- Erlenmeyer
- Barreau magnétique
- Plaque chauffante
- Sachet de Stomacher
- Tubes à essai stériles
- Pipettes stériles
- Bec benzène
- Compteur de colonie
- Autoclave
- Etuve
- Homogénéisateur

**c)-Milieu de culture :**

Les milieux de culture utilisés pour le dénombrement de la flore totale, des Coliformes totaux, des levures et moisissures et de *Staphylococcus aureus*, sont respectivement les suivants [61] :

- Standard Plate Count Agar (P. C.A)
- Gélose à la bile, au cristal violet et au lactose (VRBL)
- Gélose de Sabouraud
- Baird Parker

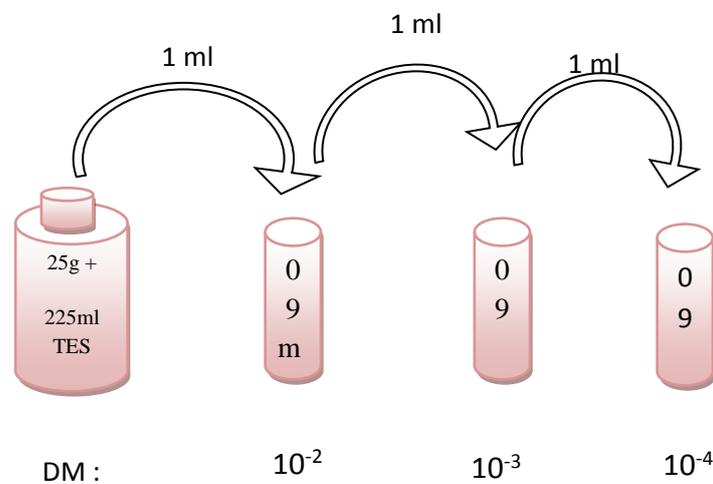
**d)-Technique de numérotation (UFC)**

La densité microbienne d'un produit peut s'exprimer par le nombre de micro-organismes présents par millilitre ou par gramme. Comme technique d'évaluation de la population microbienne, on a opté pour le dénombrement sur milieu nutritif gélose (Guiraud, 1998). La technique comprend quatre étapes consécutives :

- Préparation en série de la dilution jusqu'  $10^{-3}$
- Ensemencement
- Incubation
- Dénombrement des colonies et interprétation des résultats (Néji, 1983)

### III. 2-4-1-Préparation des échantillons:

25g de l'échantillon est homogénéisé dans 225 ml d'eau péptonée stérile. Une série de dilution décimale est réalisée afin de dénombrier la population microbienne, suivie d'un ensemencement des différents milieux de cultures. Ces analyses ont été réalisées dans le laboratoire URERMS Adrar .



**Figure 43:** les dilutions décimales de l'échantillon

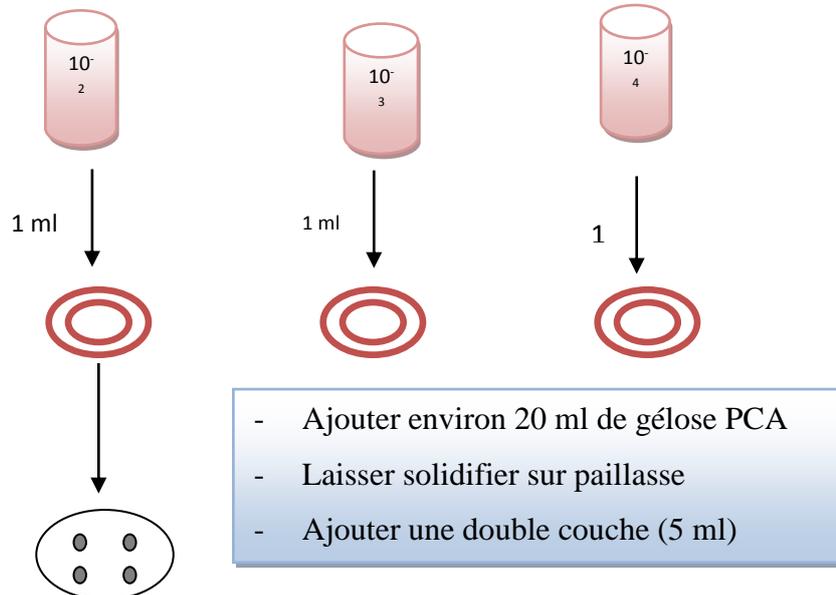


**Figure 44:** préparation de la dilution

### III. 2-4-2-Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale FMAT (NM 0.8.121,2004):

La méthode utilisée est l'ensemencement par incorporation à la gélose PCA qui consiste à dénombrier les microorganismes viables présents dans l'échantillon .Elle s'effectue en ensemençant 1ml de chaque dilution dans une boîte de pétri à laquelle est ajoutée de la gélose PCA, maintenue liquéfiée à environ  $45^{\circ}\text{C}$ . Les boîtes de pétri sont ensuite agitées doucement afin de répartir uniformément les bactéries dans toutes la boîte. Le milieu de culture étant non sélectif, toutes les espèces de bactéries aérobies peuvent croître et ainsi être dénombrees.

L'incubation des boîtes est effectuée à 30°C pendant 24 à 48h pour dénombrer les microorganismes revivifiés. Les résultats sont exprimés en UFC/g (unité formant des colonies) [62]



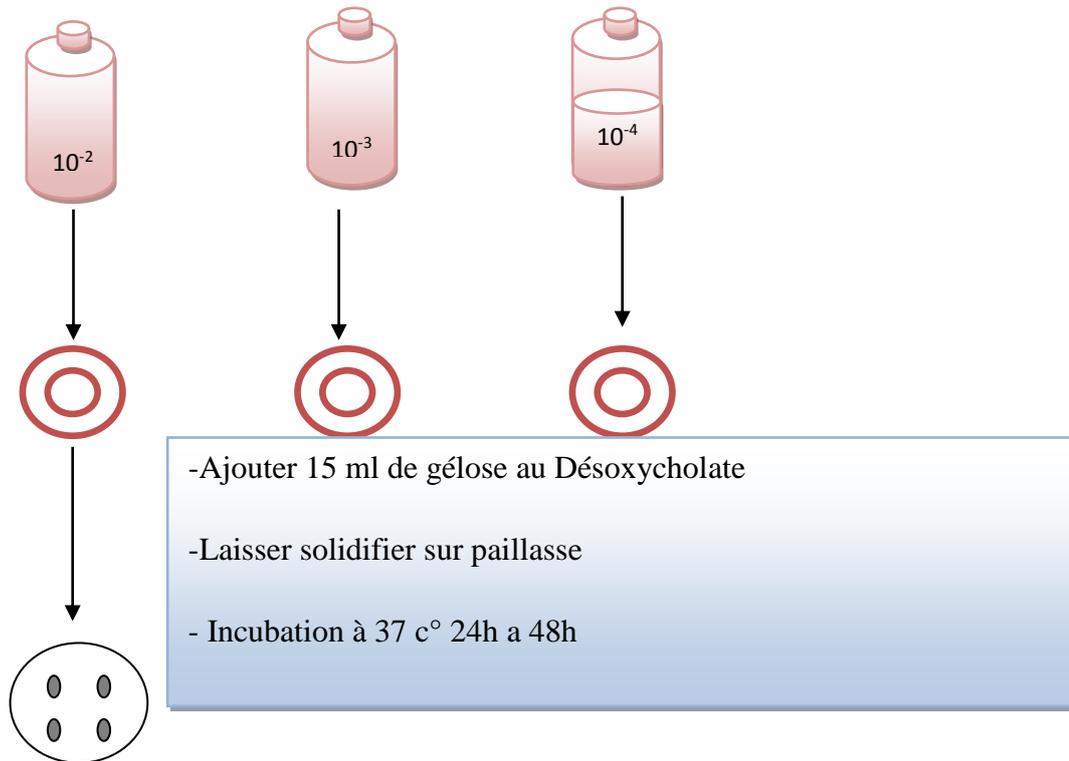
**Figure 45:** Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale FMAT



**Figure 46:** l'étape de l'incubation des bactéries recherchées

### III. 2-4-3-Dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

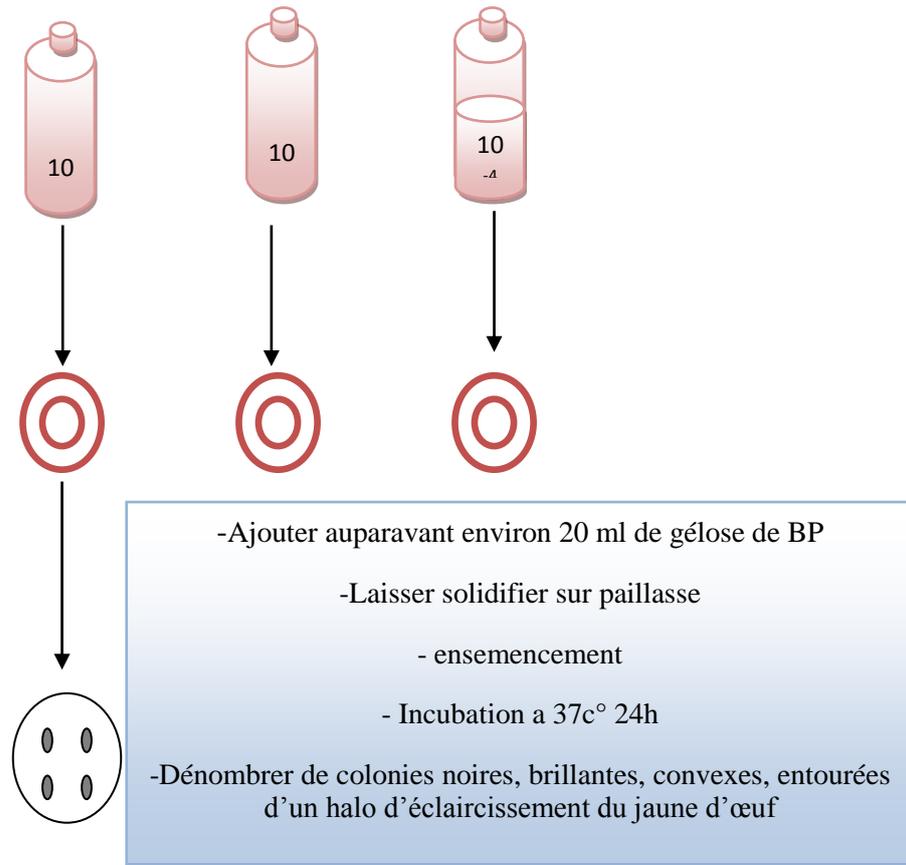
La méthode utilisée est le dénombrement par incorporation à la gélose DL. Pour les coliformes fécaux, l'incubation est réalisée à une température de 44°C (NM 08.0.124 ,2004) pendant 24 à 48h. Contrairement, aux coliformes totaux qui sont incubées à 30°C (NM ISO4832,2004) pendant 24 à 48h. Les colonies rouges sont dénombrées et les résultats sont exprimés en UFC/g.



**Figure 47:**Recherche et Dénombrement des coliformes totaux

### III. 2-4-4-Dénombrement de *Staphylococcus aureus* (NM ISO 6888, 2004):

Le dénombrement de *S. aureus* est réalisé par ensemencement à la surface de la gélose BP de 0,1 ml de l'échantillon à analyser et de ses dilutions décimales, suivi d'une incubation à 37°C durant 24 à 48h. *S. aureus* est caractérisé par la formation de colonies noires (réduction du tellurite en tellure), brillantes, convexes, entourées d'un halo d'éclaircissement du jaune d'œuf (2 à 5 mm de diamètre, correspondant à une protéolyse). A l'intérieure des halos, il peut apparaitre une zone opaque due à l'action d'une lécithinase. Les colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques, sont ensemencées sur bouillon BHI et incubées à 37°C pendant 24h. Ensuite le recherche de la coagulase est réalisée en utilisant le plasma de lapin lyophilisé pour confirmer le pouvoir pathogène. Les staphylocoques à coagulase négative ne sont pas des *S. aureus*.



**Figure 48:** Recherche et Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

### III. 2-4-5-Recherche et Dénombrement de levures et moisissure :

A partir des dilutions décimales,  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ou Sabouraud au Chloramphénicol, comme l'indique le schéma n°14.

Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incuber à 22°C pendant 5 jours.

Dans le souci de ne pas se trouver en face de boîtes envahies soit par les Levures soit par les Moisissures, on doit effectuer des lectures et des dénombrements tous les jours, Levures à part et les Moisissures à part.

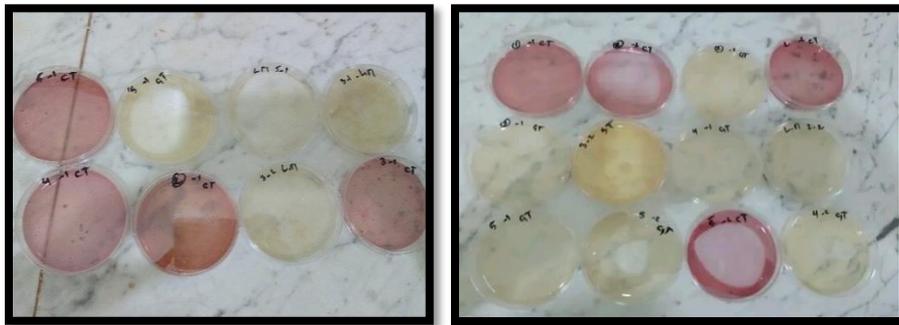
#### Remarque importance :

1. Opérer de la même façon et dans les mêmes conditions, avec le diluant (TSE), c'est-à-dire qu'il faut prendre quatre gouttes du diluant, les étaler avec un râteau à part et les incuber dans le même endroit que les boîtes tests, cette boîte constitue le témoin diluant.
2. Incuber telle quelle, une boîte du milieu utilisé à savoir OGA ou Sabouraud, cette dernière sera incubée également telle quelle dans le même endroit et dans les mêmes conditions de température, elle constitue le témoin du milieu.

3. Au moment de la lecture, commencer obligatoirement par les deux boîtes témoin milieu et diluant, si l'une d'entre elles est contaminée, l'analyse est ininterprétable donc à refaire.

**Interpretation des résultats:**

- Etant donné d'une part, qu'on a pris 4 gouttes des dilutions décimales,
- Etant donné d'autre part, qu'on considère que dans 1 ml, il y a 20 gouttes,
- Pour revenir à 1 ml, il faut multiplier le nombre trouvé par 5.
- Par ailleurs, étant donné qu'on a travaillé avec des dilutions décimales, on doit multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante, faire ensuite la moyenne arithmétique, puis exprimé le résultat final en ml ou en gr de produit à analyser.



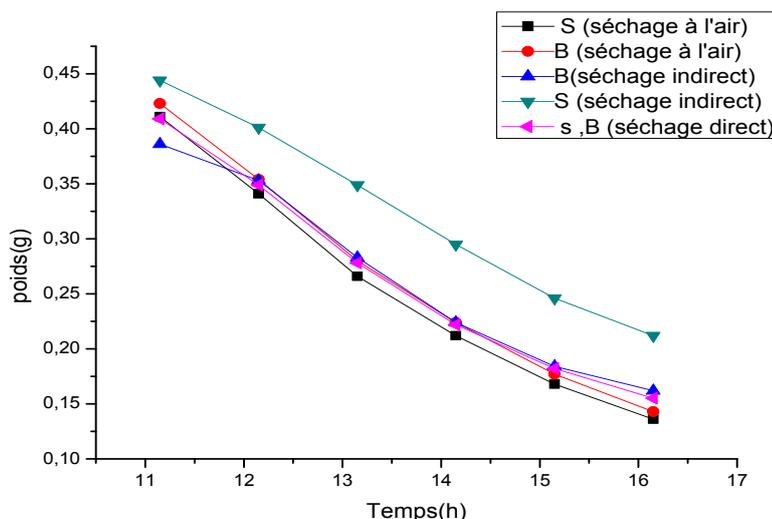
**Figure 49:** Les résultats des bactéries recherchées



**Figure 50:** Compteur des colonies

III. 3- Résultats et discussion :

III.3-1-Cinétique du séchage du Navet (*Brassica Rapa* ) blanc et violet



S : variété violet, B variété local blanche

Figure 51: évolution de la masse de navet (*Brassica Rapa*) en fonction du temps

En figure, on représente l'évolution du poids du navet (*Brassica Rapa*) durant le processus de séchage dans des claies différentes. Nous observons que la variation de poids de navet (*Brassica Rapa*) diminue au cours du temps dans trois phases. Cette diminution est due à l'évaporation de l'eau par navet (*Brassica Rapa*). Dans la première phase, la masse initiale du navet (*Brassica Rapa*) dans toutes les claies est abaissée de façon lente. Dans les trois premières heures, la masse est presque atteinte jusqu'à la moitié de la matière initiale. Dans la deuxième phase, il existe un excès de diminution de la masse initiale du navet (*Brassica Rapa*). À la phase stationnaire, ces masses ont diminué jusqu'à arriver à un poids constant pendant 16h, la valeur constante indiquant que le produit est séché. D'après les remarques notées précédemment, on peut confirmer que le produit est séché le plus vite dans la première claie (n°:1) dans le séchoir solaire, puisque l'air avance dans le séchoir de bas à haut. Ainsi que la masse initiale du navet (*Brassica Rapa*) dans la claie n° :5 se perd plus vite pendant le séchage direct (à l'aire libre), car il reçoit plus d'énergie et plus de chaleur, donc le processus est plus rapide à l'extérieur de séchoir solaire .

III.3-2-Composition biochimique de navet(*Brassica Rapa*) blanche et violet :

Tableau 4: Composition biochimique de La graine de navet(*Brassica Rapa*)(blanche et violet)

Composi tion biochimi que de la graine%	P.S à l'air (B« bla nche »)	P.S à l'air (S «viol et»)	P.S indirect (B«blanche »)	P.S indirect (S «violet »)	P.S direct (B «blanch»)	P.S direct (S «violet »)	P. fraîche(B « blanche » )	P. fraîche (S«violet» )
H	8.90	6.89	9.03	6.83	23.72	19.20	94.28	90.11

MS	91.10	93.11	90.97	93.17	76.28	80.80	5.72	9.89
MO	81.27	85.42	80.99	84.8	55.57	74.79	4.27	8.93
Mm	9.83	7.69	9.88	8.33	20.71	6.01	1.45	0.96
PH	6.47	6.45	6.53	6.45	6.17	6.41	/	/
AW	0.46	0.46	4.23	0.25	0.3	0.5	/	/
A	1.57	1.66	1.57	1.66	1.57	1.04	/	/
Poly-phynole	5.15	3.43	4.25	0.76	2.38	4.32	/	/
Sucre	19.2	24	14.9	17.7	22.4	26.5	/	/
Protène	0.59	0.21	2.25	0.10	0.41	1.35	/	/

p. s : produit sèche

S : variété violet, B variété local blanche

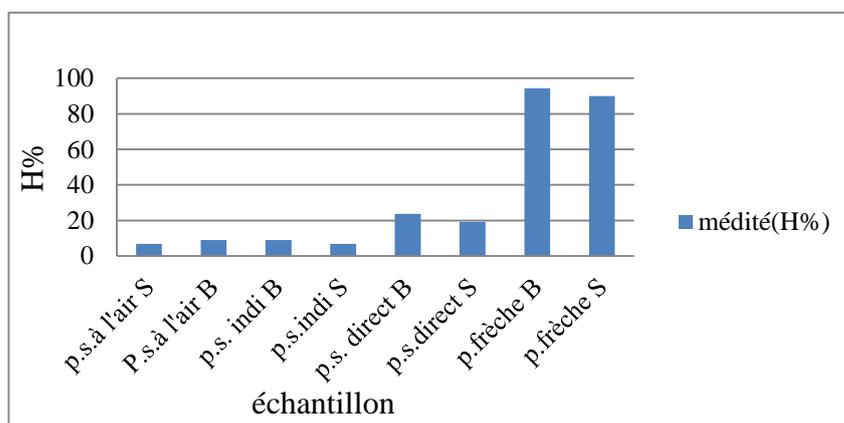
Nous remarque que le *Brassica Rapa* violet contient un taux plus élevé de matière organique et de sucre par rapport à la Brassica Rapa blanc. La remarque et inversée pour d'eau, ce veut dire que *Brassica Rapa* à une meilleure valeur alimentaire.

**III. 3-3- Analyse physico-chimique de navet (Brassica Rapa) violet et blanche :**

**III. 3.3-1 : la teneur en eau :**

**Tableau 5:** Teneur en eau dans le navet(Brassica Rapa blanc et violet)

Echantillon	Humidité
P.S à l'air(B« blanche »)	8.90
P.S à l'air(S « violet »)	6.89
P.S indirect(B« blanche »)	9.03
P.S indirect(S « violet« )	6.83
P.S direct(B« blanche »)	23.72
P.S direct(S « violet« )	19.20
P. fraîche (B« blanche »)	94.28
P. fraîche (S «violet»)	90.11



S : variété violet, B variété local blanche

**Figure.28 :** Teneur en eau dans le navet(Brassica Rapa)

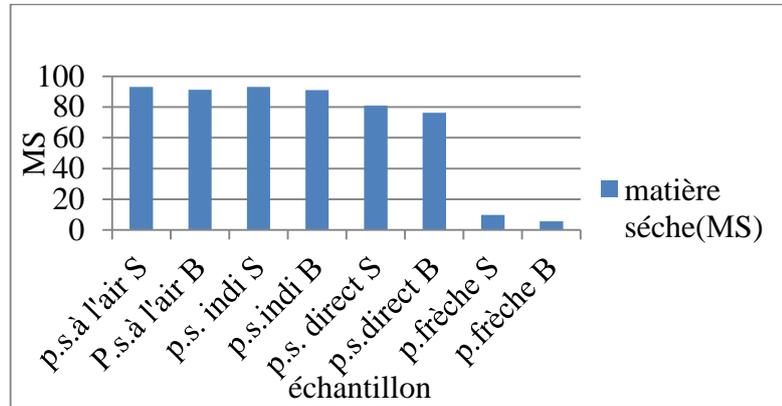
A travers les résultats obtenus, on remarque le navet fraîche contient un taux de la teneur de l'eau très élevés de valeurs de 94.28 et 90.11 dans les deux variétés. Pour le séchage solaire , on constate que le taux de la teneur en eau dans le navet blanc (local) est supérieur au navet violet, avec un taux de 8,90% et 6.89 % pour le navet violet dans le cas de séchage à l'air

(extérieur).par contre dans le séchoir solaire indirecte le taux de la teneur est 6,83% pour le navet violet et de 23.72% pour le navet blanc, en fin au séchage directe, on remarque que le taux de la teneur de l'eau est moins par rapport au séchage direct avec un taux de 19.20%

**III. 3-3-2 : Matière sèche (MS%):**

**Tableau 6:** Les résultats de matière sèche dans le navet (Brassica Rapa blanc et violet)

nom d'échantillon	matière sèche(MS%)
p. s. à l'air S	93,11
P. s. à l'air B	91,1
p. s. indirect S	93,17
p. s. indirect B	90,97
P. s. direct S	80,8
p. s. direct B	76,28
P. friche S	9,89
p. friche B	5,72



S : variété violet , B variété local blanche

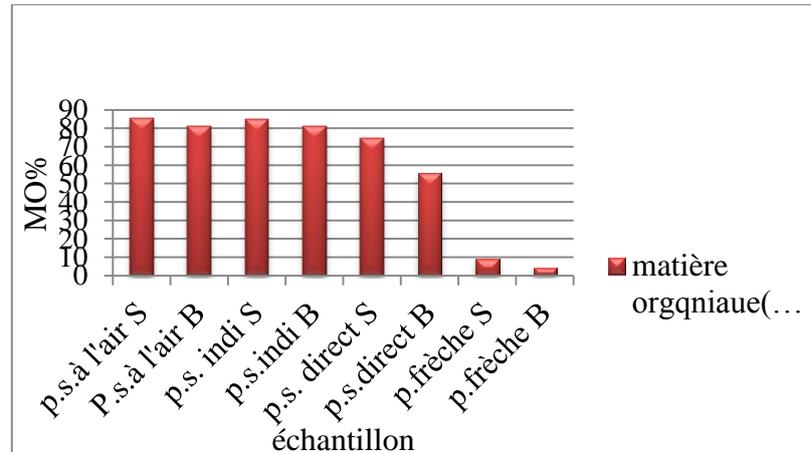
**Figure 52:** La matière sèche de Navet (Brassica Rapa) B et S

Résultats obtenus sont présentés dans le tableau, où il a été noté que le taux de matière sèche dans le navet de couleur violet est supérieur au de matière sèche de navet de couleur blanche blanc de campagne. Les taux de matière sèche de navet de deux variétés est respectivement 93,11% et 93,17% dans le cas de séchage de l'air, est des valeurs de 93.17%, 90.97% c'est le cas de séchage indirect, par contre au séchage direct on remarque que le taux est moins élevés par rapport séchage indirect et l'air de valeur de 80.80%,76.28% respectivement.

**III. 3-3-3-Matière organique:**

**Tableau 7:** résultats de matière organique dans le navet (Brassica Rapa)

nom d'échantillon	matière organique(MO%)
p. s. à l'air S	85,42
P. s. à l'air B	81,27
p. s. indirect S	84,8
p. s. indirect B	80,99
p. s. direct S	74,79
p. s. direct B	55,57
p. fraiche S	8,93
p. fraiche B	4,27



S : variété de couleur violet, B variété local de couleur blanche

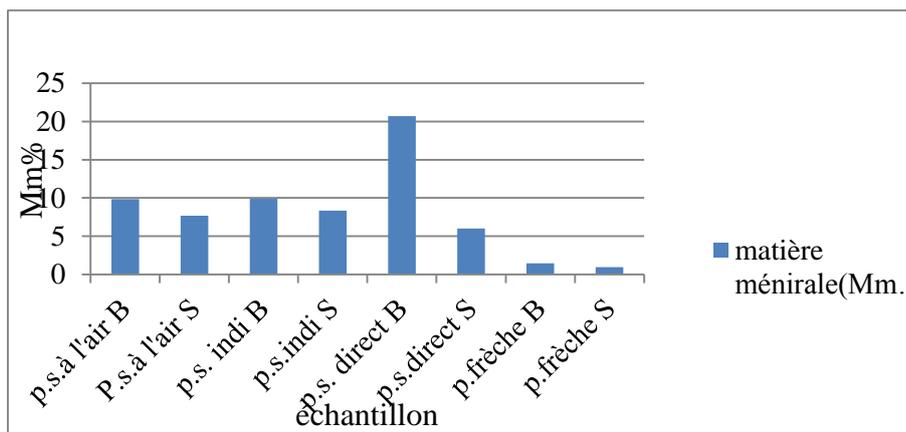
**Figure 53:** La matière organique Navet (Brassica Rapa) B et S

D'après les résultats de tableau ci-dessous, on constate que le taux de matière organique pour le navet à l'état frais est de valeur de 8.93% et 4.27% pour les deux variétés violet et blanche, par contre à l'état séché on remarque le taux de matières organiques est très élevé en comparant avec l'état frais de valeur de 85.42% et 81.27% dans le cas de séchage à l'air, et de valeur de 84.80%, 80.99% dans le cas de séchage indirect, enfin, au séchage direct les valeurs sont 74.99% et 55.57%.

III. 3-3-4- Matière minérale :

Tableau 8: Résultats de matière minérale dans le navet (Brassica Rapa)

nom d'échantillon	matière minérale(Mm%)
p. s. à l'air B	9,83
P. s. à l'air S	7,69
p. s. indirect B	9,88
p. s. indirect S	8,33
p. s. direct B	20,71
p. s. direct S	6,01
p. fraîche B	1,45
p. fraîche S	0,96



S : variété violet, B variété local blanche

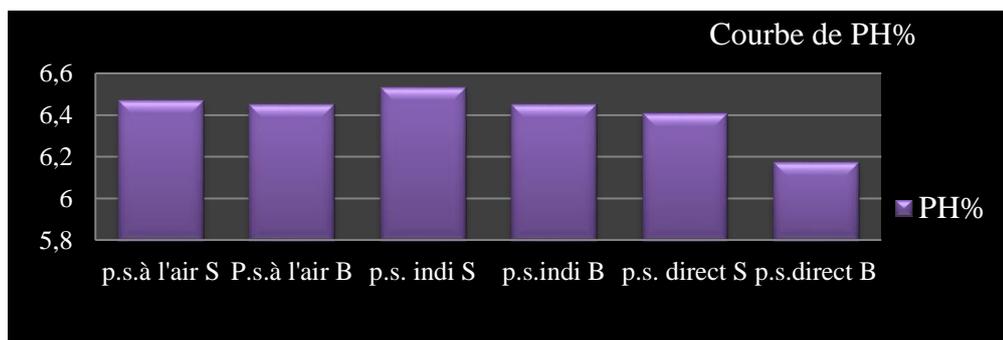
Figure 54: matière minérale de navet (Brassica Rapa) B et S

Les résultats obtenus dans le tableau montrent la teneur en minéraux du navet frais et séché en trois modes de séchage solaire. D'après les résultats nous montrent que la teneur en matières minérales de navet blanc et violet à l'état frais est très pauvre de valeur 1.45% et 0.96% par contre, au séchage à l'air est élevée avec un taux de 9,83% et 7.69% et un taux de 9,88%,8.33% au séchage indirect par rapport au séchage direct de valeur de 20,71%, 6.01% respectivement.

III. 3-3-5-Le PH :

Tableau 9: Les valeurs du PH de navet (Brassica Rapa blanc et violet)

nom d'échantillons	PH%
p. s. à l'air S	6,47
P. s. à l'air B	6,45
p.s. indirect S	6,53
p.s. indirect B	6,45
p.s. direct S	6,41
p.s. direct B	6,17



S : variété violet, B variété local blanche

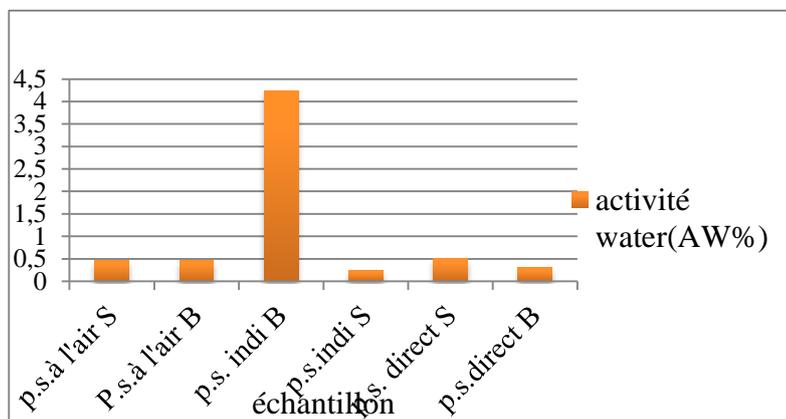
Figure 55: Le PH de navet(Brassica Rapa) B et S

Les résultats obtenus dans le tableau représentent la valeur de pH des navets blanc et violets. On constaté que le taux de PH de navets violets séchés du marché est légèrement élevé et proche de celui des navets blancs séchés, où les valeurs sont: 6,47 % dans l'air et 6,53% en indirect et 6,41% en direct, tandis que le pH est un peu plus bas dans le navet blanc séché, où il reste constant à 6,45% dans l'air (extérieur) et indirect et atteint 6,17% en direct.

III. 3-3-6-activité water:

Tableau 10: Les valeurs du l'activité water de navet(Brassica Rapa blanc et violet)

nom d'échantillon	activité water(AW%)
p. s. à l'air S	0,46
P. s. à l'air B	0,46
p. s. indirect B	4,23
p. s. indirect S	0,25
p. s. direct S	0,5
p. s. direct B	0,3



S : variété violet , B variété local blanche

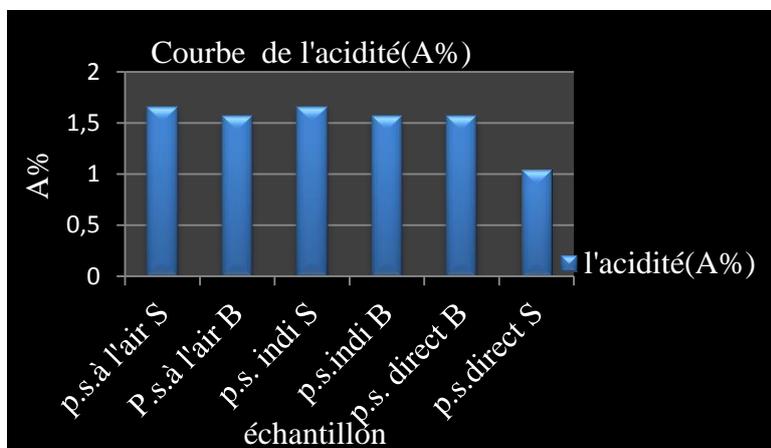
Figure 56: l'activité water de navet(Brassica Rapa) B et S

D'après les résultats obtenus, on constate que le pourcentage d'activité de l'eau dans le navet de violet séché et le navet blanc séché se situe dans l'intervalle de 4,2 % -0,2 %, où il reste constant dans les deux échantillons de 0,46 % dans le séchage à l'air ( à l'extérieur), tandis que le taux augmente dans séchage l'indirect de valeur de 4,23% dans le navet blanc et diminue jusqu'à 0,25% dans le navet de couleur violet, d'autre part dans le séchage direct, le taux de d'activité de l'eau est de 0,5% dans le navet de couleur violet et 0,3 % dans le navet de couleur blanc.

III. 3-3-7-L'acidité :

Tableau 11: Les valeurs de l'acidité de Navet (Brassica Rapa)

nom d'échantillon	l'acidité (A)
p. s. à l'air S	1,66
P. s. à l'air B	1,57
p. s. indirect S	1,66
p. s. indirect B	1,57
p. s. direct B	1,57
p. s. direct S	1,04



S : variété violet, B variété local blanche

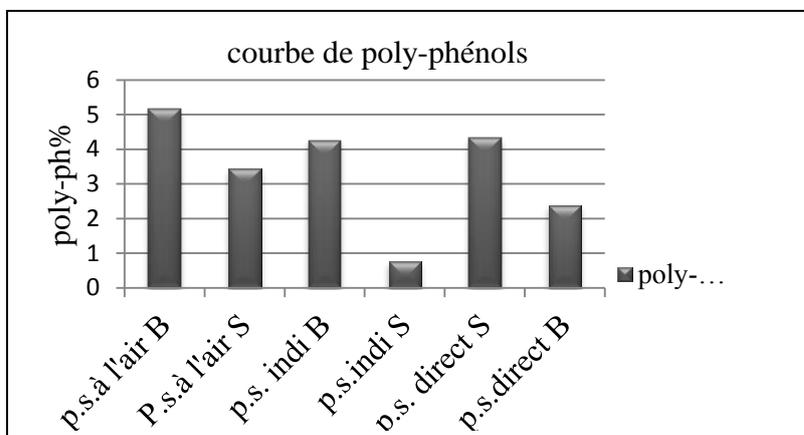
Figure 57: l'acidité de Navet (Brassica Rapa) B et S

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'acidité des échantillons de navet de couleur violet et de navet blanche sont de valeurs presque porche dans tous les modes de séchages avec des valeurs 1.66 ,1.57, 1.66, 1.57,1.04 respectivement .

III. 3-3-8-polyphénols :

Tableau 12: résultats des polyphénols de navet (Brassica Rapa de couleur blanche et violet)

nom d' d'échantillon	polyphénols
p. s. à l'air B	5,15
P. s. à l'air S	3,43
p. s. indirect B	4,25
p. s. indirect S	3,76
p. s. direct S	4,32
p. s. direct B	2,38



S : variété violet, B variété local blanche

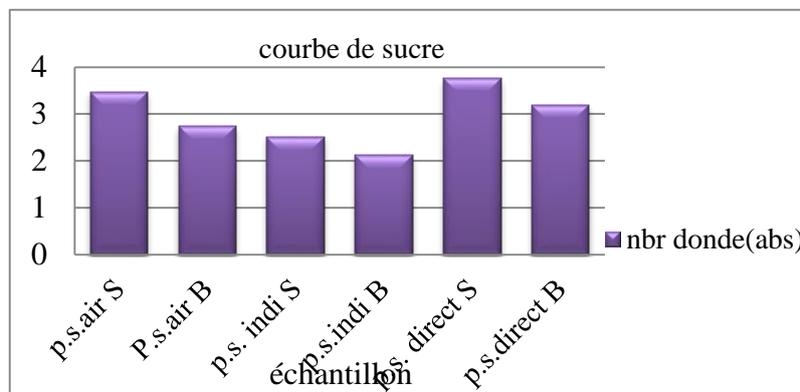
Figure 58: polyphénols de Navet (Brassica Rapa) B et S

Les résultats suivants représentent les dosages de polyphénols de deux échantillons de navet blanc local et de navet de couleur violet. A travers ce, nous avons remarqué que le dosage de polyphénols dans le navet blanc est supérieur au taux de polyphénols dans le navet violet du dans séchage à l'air (extérieur) de valeur de 5.15mg et 3.43m et varie entre de 4.25 et 4.32 au cas de séchage solaire indirect , est plus faible au cas de séchage direct dans les deux variétés de valeurs de 2.38mg.

III. 3-3-9 : Le sucre :

Tableau 13: résultats du sucre de navet (Brassica Rapa) B et S

nom d'échantillon	Dosage de sucre (g/l)
Séchage à l'air (s)	3,477
Séchage à l'air (B)	2,732
Séchage indirect (S)	2,513
Séchage indirect (B)	2,125
Séchage direct (S)	3,764
Séchage direct(B)	3,188



S : variété violet, B variété local blanche

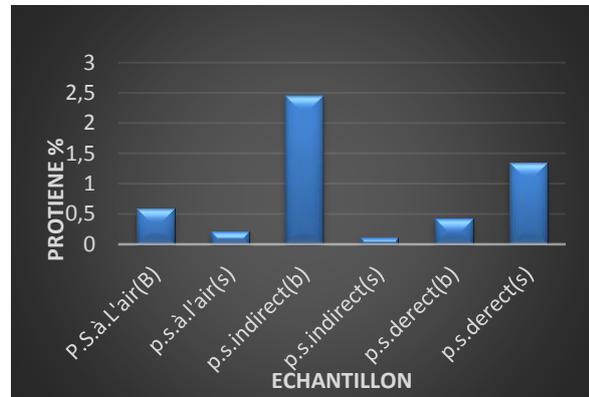
Figure 59: sucre de Navet (Brassica Rapa) B et S

D'après le tableau, on note que le navet (*Brassica Rapa*) violet contient un taux très élevé de sucre dans tous les types de séchage solaire de valeur de 3.477g/l,2.51g/l,3.76 par rapport au

navet (*Brassica Rapa*) blanc qui prend une valeur inférieure varie entre 2.73g/l, 2.12g/l, et 3.18g/l

**Tableau 14-** Le résultats du Protéine :

Nom d'échantillon	Protéine (g/l)
séchage à l'aire (B)	0,59
Séchage à l'aire (S)	0,21
Séchage indirect (B)	0,45
Séchage indirect (S)	0,10
Séchage direct (B)	0,41
Séchage direct (S)	0,35



S : variété violet, B variété local blanche

**Figure 60:** dosage de protéine de deux variétés de Navet (*Brassica Rapa*) violet et blanche

D'après ces résultats, de façon général on note le taux de protéine chez le produit agroalimentaire de navet est plus faible dans tous les modes de séchage. De valeur varie entre 0,59g/l et 0,35g/l avec une augmentation légère chez le navet local de couleur blanche on constate que le taux de protéines est élevé pour le navet (*Brassica Rapa*) blanc par rapport au navet (*Brassica Rapa*) violet, et ceci est uniquement dans le séchage solaire à l'air et le séchage solaire indirect, contrairement au séchage solaire direct dans lequel le pourcentage de protéines

### III. 3-3-9 : les analyses Microbiologiques

**Tableau 15:** Les résultats des analyses microbiologique (cfu/g)

L'échantillon	Germes totaux	Coliforme totaux	Levure et moisissure	<i>Staphylococcus aureus</i>
séchage à l'air (navet blanche)	Absence	14.8×10 <sup>2</sup>	Absence	Absence
séchage à l'air (navet violet)	Absence	Absence	Absence	Absence
séchage indirect (navet violet)	Absence	6.4×10 <sup>2</sup>	Absence	Absence
séchage indirect (navet blanche)	Absence	Absence	10 <sup>3</sup>	Absence
séchage direct (navet blanche)	Absence	1.9×10 <sup>2</sup>	Absence	Absence

séchage direct (navet violet)	$9.2 \times 10^2$	Absence	Absence	Absence
----------------------------------	-------------------	---------	---------	---------

D'après les résultats microbiologiques, on remarque l'absence des germes totaux, les levures et moisissures enfin les *Staphylococcus aureus* et quelques germes de coliformes totaux de valeur de  $6.4 \times 10^4$  au cas de séchage indirect et  $1.9 \times 10^4$  au cas de séchage direct de navet local de couleur blanche cette contamination est moins des valeurs usuelles de journal officiel algérien, et qui n'ayant aucun risque sur la consommation humaine, on conclure que le séchage a effet bénéfique sur les produits agroalimentaires sensibles périssables car il fait la décontamination des bactéries pathogènes d'autre part, l'apparition de quelques germes refait sur la poussière dans les séchoirs ou par la contamination d'origine bactérienne lors de prélèvement d'échantillon au moment de transport au laboratoire d'analyse, enfin, ces résultats microbiologiques donnent une qualité satisfaisante.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale :

La technique du séchage solaire reste une opération plus vieille, très avantageuse que toutes les autres les méthodes de préservation, des produits agro-alimentaire en raison de la conservation longue, de la facilité de stockage à température ambiante et évité la dégradation des produits frais due à la chaleur lors des transports.

En effet, notre travail a consisté à l'étude théorique et expérimentale du séchage solaire de *navet (Brassica Rapa)*, nous avons essayé de contribuer à la résolution d'un problème majeur qui la sur la production de *navet* au moment de la récolte dans la région d'Adrar.

Dans la suite de notre travail, on a focalisé sur l'influence de certains paramètres physicochimique sur la cinétique du séchage, ce qui nous a permet de conclure que la température de l'air asséchant, la teneur de l'eau et teneur de matière sèche représente les paramètres les plus importants agissant sur la cinétique du séchage ainsi que la variation de masse de produit agro-alimentaires à sécher. Sachant que, notre objectif principale a été déshydraté au maximum *navet* fraîche car absence de l'eau est le partie responsable sur la dégradation microbienne.

L'augmentation de le teneur de matière sèche après séchage et la réduction du taux d'humidité permet donc de conservation *navet (Brassica Rapa)* plus longue temps possible afin répondre aux problèmes de conservation (économique, hygiénique ..... ) de *navet (Brassica Rapa)* et leur disponibilité à tous les moments.

Finalement, on a réalisé des comparaissant entre les caractéristiques physico-chimiques, et microbiologiques de *Brassica Rapa* fraîche et de *Brassica Rapa* séché, à partir de résultats de cette réalisation, on conclure que le séchage moderne très bon technique par rapport le séchage traditionnel, car il est conservé et optimisé la qualité et la valeur nutritionnelle des produits agro-alimentaires et de qualité microbiologique satisfaisante et apte à la consommation humaine.

# Referencias bibliográficas

**Références bibliographiques :**

- [1] <https://mothakirat-takharoj.com/>( Notes de fin d'études et base d'études académiques)
- [2] <http://ar.m.wikipedia.org/wiki/>
- [3] <http://www.twinkl.com.br/teaching-wiki/altaqt-almjtjddt>
- [4] <http://mawdoo3.com>
- [5]<http://www.voltiat.com>
- [6] <http://www.gricultureegypt.com/News/>
- [7] Dr. RAED Khader Salman Al-Fahdawi; Des conférences de livres dans des énergies renouvelables; Faculté d'éducation de l'Université AL-Anbar pour les science pures; 2015/2016
- [8] Ahmed BAKHOSH et Zarara PATASH; Les énergies renouvelables comme alternative au secteur pétrolier; Etudiant dans une unité de recherche appliquée dans les énergies renouvelables ARAER -GHARDAÏA-2012/2013
- [9]<https://bo7ooth.info/2019/08/17>
- [11] Ahmed BAKHOSH et Zarara PATASH; Les énergies renouvelables comme alternative au secteur pétrolier; Etudiant dans une unité de recherche appliquée dans les énergies renouvelables ARAER -GHARDAÏA- 2012/2013
- [12]<https://wikiarab.com>
- [13] Dr SAIDI Hemza; Energies Renouvelable; 1<sup>ère</sup> année master électrotechnique; 2016/2017
- [14] Djelloul Benatallah; Etude et simulation de flux solaire avec intégration d'un système d'information géographique(S.I.G) pour la wilaya d'Adrar; université Africane Ahmed Draia Adrar; 2013/2014
- [15] Benoît DROLET; Développement de l'énergie solaire; Demande R-3671-2008; AEE-9, Document 4; 2007 (droletbd@gmail.com)
- [16] Amna OMRI; Analyse de la transition vers les énergies renouvelables en Tunisie: Risque, enjeux et stratégies à adopter; Université de Sfax et Université côte d'azur; 2016
- [17] GHRAIBI Saida et BEKKA Safia; estimation du rayonnement solaire reçu par un capteur solaire ; Université Ahmed Draia Adrar; 2021

- [18] Nia MOHAMED ;Etude comparative des méthodes d'estimation du rayonnement solaire ; Université FERHAT ABBAS-SETIF ;2010
- [19] Luis MERINO; Modélisation du rayonnement solaire pour la simulation thermique en milieu urbain; Université de technologie Compiègne; 2013
- [20] MERAD Faiza ; conception d'un programme de calcul du rayonnement solaire, cas particulier de la région de Mostaganem ; Université Abdel Hamid Ibn Badis de Mostaganem; 2013
- [21] Luis MERINO; Modélisation du rayonnement solaire pour la simulation thermique en milieu urbain; Université de technologie Compiègne; 2013
- [22] MERADFaiza ; conception d'un programme de calcul du rayonnement solaire, cas particulier de la région de Mostaganem ; Université Abdel Hamid Ibn Badis de Mostaganem; 2013
- [23] M. TOUTI "Etude expérimentale du séchage solaire des plantes feuillues " Mémoire Master ,Univ .Echahidhammalakhdar d'el-ouuuuel,2017-2018
- [24] BOUGHALI, Slimane. Etude et optimisation du séchage solaire des Produits agro-alimentaires dans les zones Arides et désertiques.PhDThesis. Université de Batna 2.
- [25] N.Chalal, Etude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect. Mémoire de magister. Université Mentouri-Constantine(2007).
- [26] A.Bensedik, Modélisation et simulation du séchage de la figue par des séchoirs solaires indirects fonctionnant en convection forcée. Mémoire de magister. Université Abou-BekrBelkaid-Tlemcen. (2011).
- [27] p.Dudez, A.Thémelin ,and M. Reynes, Le séchage solaire à petite échelle des fruit et légumes: expériences et procédés. Edition du Gret, 1999.
- [28]Technique de l'ingenieur-génie des procédés séchage par André charreau et Roland cavailléj 2480-2 :2480-22
- [29]Vasseur, J. (2009). "Séchage : principe et calcul d'appareils: séchage convectif par air chaud partie 1)." Technique de l'ingénieur : Génie des procédés, (U2451)

- [30] Herba bio La journée annuelle technico-économique des plantes à parfum, aromatiques et médicinales bio dans le Puy de Dôme, 9 octobre 2008.
- [31] a. Essalih, modilisation des isothermes de désorption du produit agroalimentaire, thèse master, université ahmedDraia Adrar, jun, 2018.
- [32] S.Bouchali, étude et optimisation du séchage solaire des prouduit agro-alimentaires dans les zones arides et désertiques. Thèse de doctorat : université hadj lakder. Batna. 2010.
- [33] DUDEZ, Philippe; THEMELIN, André; REYNES, Max. Le séchage solaire à petite échelle des fruits et légumes: expériences et procédés. Edition du Gret, 1996.
- [34] MAHDADI, Roukia. Etude Comparative de L'etficacité Energétique de Deux Prototypes de Séchage Solaire. PhDThesis. 2009.pp30-35.
- [35] DADDA, B., KHERROUR, S.; SERIR, L. Réalisation d'un séchoir solaire indirect.Revue des Energies Renouvelables, 2009, 127-134.
- [36] EKECHUKWU, O. Va ; NORTON, Brian. Review of solar-energy drying systems II:an overview of solar drying technology. Energy conversion and management, 1999, 40.6:615-655.
- [37] AYENSU, Akwasi. Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heatflow. Solar energy, 1997, 59.4-6: 121-126.
- [38] Ekechukwe OV. Norton B. Review of solar energy drying systems: an overview of solar drying technology. Energy conversion and management, 1999,40.
- [39] MENNOUCHE, Djamel. Valorisation des produits agro-alimentaires et des plantesmédicinales par les procédés de séchage solaire. Mémoire de Magister, Université deOuargla, 2006.pp33.
- [40] le séchage solaire petite échelle des fruit et légumes, GRET, 1996
- [41] MADHLOPA, A.; JONES, S. A.; SAKA, JD Kalenga. A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. Renewable energy, 2002, 27.1: 37.
- [42] LAHSASNI, Siham, et al. thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntiaficusindica*). Energy, 2004, 29.2: 211-224.

[44] HAIDOUR, A., & MEDIANI, M. (2018). Etude d'un système de chauffage pour une installation d'élevage de volaille en utilisant les énergies renouvelables (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draia-ADRAR)

[45] Moungar, H., et al. "Séchage solaire des produits alimentaires-Caractérisation et modélisation du rayonnement solaire du site d'Adrar par deux approches semi empiriques." *Revue des Energies Renouvelables ICESD 11* (2011): 221-226

[46] Boubeghal, A., et al. "Etude numérique d'un séchoir solaire fonctionnant en convection naturelle." *Revue des Energies Renouvelables ICRES-07, Tlemcen* (2007): 315-320.

[47] Mediani, Ahmed, et al. "The Isothermal Sorption Measurement and the Isosteric Heats Determinations for the South Algerian Date Varieties." *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/i2m> 18.4* (2019): 389-396.

[48] Mediani, A., Moungar, H., Larbi, A. A., Loumani, A., Chaouch, W. B., Djaber, A., ... & Benatiallah, A. (2019). The Isothermal Sorption Measurement and the Isosteric Heats Determinations for the South Algerian Date Varieties. *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/i2m>, 18(4), 389-396.*

[49] Benachour Karima; Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera: Apoidea) sur les plantes cultivées; 2008

[50] Semmani Ibtiham et Elaloui Fatima ; Appréciation microbiologique et physico chimique du *Mentha pulegium* L avant et après le séchage solaire; Université Ahmed Adrar; 2021

[51] Loumani, Akil, et al. "Experimental Measurement of Isothermal Sorption, Microbiological and Physicochemical Analysis of Dried Tomatoes Cultivated in Adrar, Algeria." *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/ijdne> 15.5* (2020): 721-728.

[52] Loumani, A., Larbi, A. A., Mediani, A., Chaouch, W. B., Moungar, H., Tigani, C., ... & Bekada, A. M. A. (2020). Experimental Measurement of Isothermal Sorption, Microbiological and Physicochemical Analysis of Dried Tomatoes Cultivated in Adrar, Algeria. *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/ijdne>, 15(5), 721-728*

- [53] Loumani, A., Larbi, A. A., Mediani, A., Chaouch, W. B., Mounzar, H., Tigani, C., ... & Bekada, A. M. A. (2020). Experimental Measurement of Isothermal Sorption, Microbiological and Physicochemical Analysis of Dried Tomatoes Cultivated in Adrar
- [54] Meriama, F., Said, B., Akil, L., Ahmed, M., Houcine, M., Abdelkrim, D., ... & Belkacem, D. (2021). Experimental Determination and Modeling of the Moisture-Sorption Isotherms and Isotheric Heat of Tobacco Leaves. *Instrumentation, Mesures, Métrologies*, 20(5).
- [55] SEMMANI, I., ELALOU, F., & LOUMANI, A. (2021). Appréciation microbiologique et physico chimique du *Mentha pulegium* L avant et après le séchage solaire (Doctoral dissertation, universite Ahmed Draia-ADRAR)
- [56] AKIL, L., FATIMA, B., & AHMED, B. ENUMERATION, ISOLATION AND IDENTIFICATION PHENOTYPIC THERMOPHILE LACTIC ACID BACTERIA ISOLATED FROM DIFFERENT FERMENTED MILK COLLECTED IN ALGERIA
- [57] Briki, A., ZIDANI, Z., & LAKSACI, H. (2021). Etude De Séchage Et Caractérisation Physicochimique Et Hygiénique D'un Produit Alimentaire Du Site D'Adrar (Doctoral dissertation, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR).
- [58] Menad, N., Bensoltane, A., Loumani, A., Maghnia, D., Slimane, N., Chougrani, F., & Cheriguene, A. (2012). Antimicrobial Activity of Probiotics on Swiss Mice. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(7), 382
- [59] Mediani, A., Mounzar, H., Larbi, A. A., Loumani, A., Chaouch, W. B., Djaber, A., ... & Benatiallah, A. (2019). The Isothermal Sorption Measurement and the Isotheric Heats Determinations for the South Algerian Date Varieties. *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/i2m>*, 18(4), 389-396.
- [60] LOUMANI, A. (2011). Etude microbiologique et hygiénique du yaourt fabriqué et commercialisé dans l'Ouest Algérien (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- [61] AKIL, L., FATIMA, B., & AHMED, B. ENUMERATION, ISOLATION AND IDENTIFICATION PHENOTYPIC THERMOPHILE LACTIC ACID BACTERIA ISOLATED FROM DIFFERENT FERMENTED MILK COLLECTED IN ALGERIA

[62]Larbi, A. A., Loumani, A., Mediani, A., Bennaceur, S., & Tigani, C. (2019). Experimental Measurement of Moisture Sorption Isotherms and Isotheric Heat of Palm Hearts (Jomare) Harvested in the Algerian Sahara. *Instrumentation, Mesures, Métrologies*, 18(3).

## Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier le séchage solaire de *navet* (*Brassica Rapa*) dans la région de l'Adrar, de suivre et de déterminer la cinétique de ce séchage .

Nous avons effectué des analyses physicochimiques, et microbiologiques de *navet* (*Brassica Rapa*) dans un séchoir et traditionnel afin de connaître l'effet du séchage sur ce produit.

A travers de cette étude, on a assuré que le séchage solaire est efficace et indispensable dans la transformation et la conservation alimentaire au niveau individuel ou industriel et joue un rôle positif dans le domaine d'économie.

## Les mots clés :

Séchage solaire, cinétique, analyse physico-chimique. Analyses microbiologiques

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة التجفيف الشمسي للفت في منطقة أدرار لمتابعة وتحديد حركية هذا التجفيف .

أجرينا التحليلات الفيزيائية والميكروبيولوجية للفت قبل وبعد التجفيف , تم إجراء مقارنة بين طريقتين حديثتين للتجفيف في المجفف الشمسي والتقليدي من أجل معرفة تأثير التجفيف على هذا المنتج .

من خلال هذه الدراسة، تم التأكد من أن التجفيف الشمسي فعال وأساسي في تحويل وحفظ الغذاء على المستوى الفردي أو الصناعي ويلعب دورا ايجابيا في مجال الاقتصاد .

الكلمات الدالة :

التجفيف الشمسي، حركية التجفيف، التحاليل الفيزيائية والكيميائية .