

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa
Faculté des Sciences et Technologies
Département de Génie des procédés



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : *Génie des procédés*

Spécialité : *Génie chimique*

Par : BENABDERRAHMANE Zinebet GUENDA Bouchra

Thème

IMPACT DES PRETRAITEMENTS AVANT LE SECHAGE SUR LA
QUALITE DES PRODUITS AGRICOLES : ETUDE APPLIQUEE AUX
PRODUITS DE LA REGION DE GHARDAÏA

Soutenu publiquement le : 03/07/2024

Devant le jury :

LAGHOUTER Oum Kelthoum	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
ADAMOU Youcef	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
DAOUD Djamel	Directeur de recherche	URAER.Ghardaïa	Encadreur
BENSEDDIK Abdelouahab	MRA	URAER. Ghardaïa	Co-Encadreur

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Au nom de Dieu, le Très Gracieux, le Très Miséricordieux, nous exprimons notre profonde reconnaissance envers Dieu Tout-Puissant pour nous avoir octroyé la santé, la volonté, la patience et les ressources nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier chaleureusement notre superviseur, Dr. DAOUD Djamel, pour sa patience et sa disponibilité tout au long de l'élaboration de notre mémoire.

Nos sincères remerciements vont également à notre professeur, M. BENSEDIK Abdelouahab, pour sa généreuse transmission de connaissances scientifiques et ses précieux conseils.

Nous ne saurions oublier l'ingénieur de laboratoire de biomasse, Mlle OULAD HADJ YUCEF Khadîdja, pour son assistance inestimable.

Nous exprimons également notre profonde gratitude envers la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université de Ghardaïa pour nous avoir offert l'opportunité de suivre une formation de Master qui nous a préparés au monde professionnel.

Enfin, un grand merci à toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide et leurs conseils précieux au cours de ces années d'études.

Benabderrahmane ZINEB et Guenda BOUCHRA





Dédicace

Je suis très fière de dédier ce travail à:

À mon cher père, qui a été un exemple de courage et de détermination, et à ma chère mère, qui a toujours été une source de support et d'amour.

A ma chère grand-mère, exemple vivant de sagesse et de gentillesse, je lui souhaite une bonne santé.

À mes chers frères Zakaria, Abdelraouf, Ayoub et Mohamed Ihab, qui ont toujours été mon appui. À mon encadrant qui m'a guidé tout au long de mon parcours académique.

A mon cher binôme, Ben Abderrahmane Zineb, pour sa compréhension et sa sollicitude. À mes amis qui ont accompagné mon aventure et se sont tenus à mes côtés à chaque étape.

À Palestine, la terre des ancêtres et des souvenirs, qui m'a inspiré la patience, l'espoir et le défi.

À tous ceux qui ont cru en moi et m'ont aidée, je dédie ce travail comme l'expression de mes remerciements et de ma gratitude.

Merci du fond du cœur



Guenda bouchra



المخلص

في هذه الدراسة، قمنا بالتحقيق في تأثير المعالجة الاولية ما قبل التجفيف على جودة المنتجات الزراعية، مع التركيز على منتجات منطقة غرداية. تم إجراء تجارب على عينات مختلفة من اليقطين والجزر والطماطم والبطاطس والموز باستخدام تقنيات معالجة مسبقة متنوعة قبل التجفيف. أظهرت النتائج تأثيرات إيجابية لبعض معالجات المسبقة ما قبل التجفيف على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمنتجات، مثل الحفاظ على اللون والنكهة، وتحسين القوام، وزيادة فترة الحفظ. على سبيل المثال، أظهرت معالجة السلق البخار أو الغمر في محلول كلوريد الصوديوم تحسينات في الجودة مقارنة بالعينات غير المعالجة.

بناءً على هذه النتائج، نوصي باعتماد معالجات المسبقة ما قبل التجفيف المناسبة لكل نوع من المنتجات الزراعية للحفاظ على جودتها وزيادة قيمتها التسويقية. تطبيق هذه التقنيات سيساهم في تعزيز قطاع الصناعات الغذائية في منطقة غرداية وتحسين مردودية الإنتاج.

الكلمات مفتاحية: معالجات المسبقة،اليقطين،الجزر،الطماطم،البطاطس،الموز، الحفظ،خصائص فيزيائية وكيميائية.

Résumé

Dans cette étude, nous avons examiné l'effet des prétraitements préalables au séchage sur la qualité des produits agricoles, en nous concentrant sur les produits de la région de Ghardaïa tel que Citrouille, carottes, tomates et pommes de terre. Des expériences ont été menées sur différents échantillons en utilisant diverses techniques de prétraitement avant le séchage.

Les résultats ont montré des effets positifs de certains prétraitements avant le séchage sur les caractéristiques physiques et chimiques des produits, tels que la préservation de la couleur et de la saveur, l'amélioration de la texture et l'augmentation de la durée de conservation. Par exemple, le blanchiment à la vapeur ou l'immersion dans une solution de chlorure de sodium ont montré des améliorations de la qualité par rapport aux échantillons non traités.

Sur la base de ces résultats, nous recommandons l'adoption de prétraitements appropriés avant le séchage pour chaque type de produit agricole afin de préserver leur qualité et d'augmenter leur valeur commerciale. L'application de ces techniques contribuera à renforcer le secteur des industries alimentaires dans la région de Ghardaïa et à améliorer le rendement de la production.

Mots-clés : Prétraitements, citrouille, carotte, tomate, pomme de terre, banane, conservation, propriétés physiques et chimiques.

Abstract

In this study, we examined the effect of pre-drying treatments on the quality of agricultural products, focusing on products from the Ghardaïa region such as pumpkins, carrots, tomatoes, and potatoes. Experiments were conducted on different samples using various pretreatment techniques before drying.

The results showed positive effects of certain pre-drying treatments on the physical and chemical characteristics of the products, such as color and flavor preservation, texture improvement, and increased shelf life. For example, steam blanching or immersion in a sodium chloride solution showed quality improvements compared to untreated samples.

Based on these results, we recommend the adoption of appropriate pretreatments before drying for each type of agricultural product to preserve their quality and increase their commercial value. The application of these techniques will contribute to strengthening the food industry sector in the Ghardaïa region and improving production yield.

Keywords: Pre-treatments, pumpkin, carrot, tomato, potato, banana, preservation, physical and chemical properties.

listes de l'abréviation

B. E.C	Blanchiment à l'eau chaude
B.V	Blanchiment à la vapeur
B.S.C.So	Blanchiment en solution de chlorure de sodium
I.S.C.So	Immersion dans une solution de chlorure de sodium
I.S.Ci	Immersion dans une solution citrique
B.S.Ci	Blanchiment dans une solution citrique
B.V.I.S.Sc	Blanchiment à la vapeur puis immersion dans une solution sucrée
I.E.Di	Immersion dans l'eau distillée
I.S.Asc	Immersion dans une solution ascorbique
I.S.C.Ca	Immersion dans une solution de chlorure de calcium
T.U	Traitement par ultrasons ISOLAB (Laborgeräte GmbH)
B.E.C.I.S.Gl y.Cng	Blanchiment à l'eau chaude, immersion dans une solution de glycérine, puis congeler
B.E.C.Cng	Blanchiment à l'eau chaude et congélation
T.Cng	Traitement par congélation
Sn.T	Sant traitement
MR	Teneur en eau du produit à base humide (Kg d'eau /kg de M.h %)
X	Teneur en eau du produit à base sèche (Kg d'eau /kg de MS)

Sommaire

Introduction générale	2
Références	3
Chapitre I : Etude bibliographique	
I.1. Historique	5
I.2. Définition de séchage	5
I.3. Utilisations des produits alimentaires séchés	6
I.4. Le prix des légumes et fruits secs	7
I.5. Le séchage et l'énergie	7
I.6. Différentes méthodes de séchage	8
I.7. Les processus de séchage	9
I.8. Le séchage au soleil	10
I.9. Caractéristiques de l'air de séchage	14
I.10. La Cinétique de Séchage	16
I.11. Généralités sur les prétraitements	17
Références	19
Chapitre II : Revue bibliographique	
II.1. Citrouille (<i>Cucurbitacées</i>)	22
II.2. Carottes (<i>Daucus carota</i>)	26
II.3. Tomates (<i>Solanum lycopersicum</i>)	29
II.4. Pomme de Terre (<i>Solanum tuberosum</i>)	32
II.5. Bananes (<i>Musa sp</i>)	35
Références	40
Chapitre III : Matériels et méthodes	
III.1. Les produits utilisés dans les expériences	46
III.2. Les processus de prétraitement	49
III.3. Séchage	59
III.4. La teneur d'eau initiale	60

III.5. Capacité de réhydratation	61
III.6. Modélisation de la cinétique de séchage	61
III.7. Détermination de la diffusivité effective de l'eau	63
Références	64

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV. L'effet du prétraitement sur la qualité des légumes séchés	69
IV.1. L'effet du Prétraitement sur la qualité des Citrouille	69
IV.2. L'effet du Prétraitement sur la qualité des Carotte	75
IV.3. L'effet du Prétraitement sur la qualité Tomate	81
IV.4. L'effet du Prétraitement sur la qualité Pomme de terre	86
IV.5 L'effet du prétraitement sur la qualité des fruits séchés	91
IV.5 .1. Prétraitement sur la qualité Banane	91
Conclusion générale	97
Annexe	

Liste des Figures et photos

N°	Figure	Page
Figure. I.1	Séchage solaire	8
Figure. I.2	Présentation schématique d'un produit humide	8
Figure. I.3	(a) Séchage solaire direct sur une surface extérieure de béton, (b) séchage à l'air libre	11
Figure. I.4	classification des séchoirs solaires selon	11
Figure. I.5	séchoirs solaires directs	12
Figure. I.6	séchoirs solaires indirects	13
Figure. I.7	séchoirs de type mixte	14
Figure. I.8	séchoirs hybrides	14
Figure. I.9	cinétique de séchage	17
Figure. I.10	Méthodes de prétraitement des fruits ou légumes avant le séchage thermique	18
Figure. III.1.	Plateforme expérimentale pour les applications des énergies renouvelables en agriculture.	46
Figure.III.2	Caractéristiques de la morphologie de la citrouille utilisée dans notre étude	46
Figure.III.3	Caractéristiques de la morphologie de la Carottesutilisé dans notre étude	47
Figure.III.4	Caractéristiques de la morphologie de la Tomates utilisés dans les expériences	47
Figure.III.5	Caractéristiques de la morphologie de la pomme de terreutilisé dans notre étude	48
Figure.III.6	Caractéristiques de la morphologie de la bananeutilisé dans l'étude	48
Figure.III.7	Blanchimentdes tranches de citrouilleà la vapeur	49
Figure.III.8	Blanchimentdes tranches de citrouilleà l'eau chaude	50
Figure.III.9	Immersiondes tranches de citrouilledans une solution de sodium	50
Figure.III.10	Immersiondes tranches de citrouilledans une solution citrique	51
Figure.III.11	Blanchimentdes tranches de carotteà la vapeur	51
Figure.III.12	Blanchimentdes tranches de carotte à l'eau chaude	52
Figure.III.13	Immersiondes tranches de carotte dans une solution citrique	53
Figure.III.14	Immersiondes tranches de carotte dans l'eau distillée	53
Figure.III.15	Blanchimentdes tranches de tomate à la vapeur	54
Figure.III.16	Blanchimentdes tranches de tomate à l'eau chaude	54
Figure.III.17	Blanchimentdes tranches de tomate en solution chlorure de sodium	55
Figure.III.18	Immersiondes tranches de tomate dans une solution de chlorure	55
Figure.III.19	Immersiondes tranches de tomate dans une solution d'acide ascorbique	56
Figure.III.20	Blanchimentdes tranches de pomme de terreà la vapeur	56
Figure.III.21	Blanchimentdes tranches de pomme de terre à l'eau chaude	57
Figure.III.22	Blanchir, plonger des tranches de pomme de terre dans une solution de glycérine, puis congeler	57
Figure.III.23	Traitementdes tranches de pomme de terre par ultrasons ISOLAB	58
Figure.III.24	Immersiondes tranches de bananes dans une solution citrique	59
Figure.III.25	Traitementdes tranches de bananes par ultrasons ISOLAB	59
Figure.III.26	Les séchoirs (a) direct et (b) utilisés dans le sechage	60
Figure.III.27	Trois échantillons de carotte dans une étuve à 105 °C pendant 24 h	60
Figure.III.28	Pesée les trois échantillons de carotte séchés après refroidissement dans le	61

	dessiccateur	
Figure. IV.1	Le résultat du séchage direct des citrouilles	70
Figure. IV.2	Le résultat du séchage indirect des citrouilles	70
Figure. IV.3	Variation de la teneur en eau dans le temps pour citrouilles	73
Figure. IV.4	Colonnes de réhydratation de citrouille	73
Figure. IV.5	Variation de la faible teneur en eau en fonction du temps de séchage	74
Figure. IV.6	Le résultat du séchage direct des carottes	76
Figure. IV.7	Le résultat du séchage indirect des carottes	77
Figure. IV.8	Variation de la teneur en eau dans le temps pour carottes	79
Figure. IV.9	Colonnes de réhydratation des carottes	79
Figure. IV.10	Variation de la faible teneur en eau en fonction du temps de séchage des carottes	80
Figure. IV.11	Le résultat du séchage direct des tomates	81
Figure. IV.12	Le résultat du séchage indirect des tomates	82
Figure. IV.13	Variation de la teneur en eau dans le temps pour tomates	84
Figure. IV.14	Colonnes de réhydratation des tomates	84
Figure. IV.15	Variation de la faible teneur en eau en fonction du temps de séchage des tomates	85
Figure. IV.16	Le résultat du séchage direct des pommes de terre.	86
Figure. IV.17	Le résultat du séchage indirect des pommes de terre.	87
Figure. IV.18	Variation de la teneur en eau dans le temps pour pomme de terre.	89
Figure. IV.19	Colonnes de réhydratation des pommes de terres.	90
Figure. IV.20	Variation de la faible teneur en eau en fonction du temps de séchage des pommes de terre	90
Figure. IV.21	Le résultat du séchage direct des bananes	92
Figure. IV.22	Le résultat du séchage indirect des bananes	92
Figure. IV.23	Variation de la teneur en eau dans le temps pour bananes	93
Figure. IV.24	Colonnes de réhydratation des bananes	94
Figure. IV.25	Variation de la faible teneur en eau en fonction du temps de séchage des bananes	94

Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
Tableau. I.1	Quelques exemples des méthodes de séchage	9
Tableau. III.1	Modèles mathématiques du séchage solaire	62
Tableau. IV.1	Résultats du Contenu en humidité et en matière sèche du citrouillenon Traité	72
Tableau. IV.2	Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des citrouilles traitées et non traitées	72
Tableau. IV.3	Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment à vapeur des légumes citrouille	74
Tableau. IV.4	Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des citrouilles traitées et non traitées	78
Tableau. IV.5	Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment des légumes carotte	80
Tableau. IV.6	Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des tomates traitées et non traitées	83
Tableau. IV.7	Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par Immersion dans une solution de chlorure de calcium des légumes tomates	85
Tableau. IV.8	Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des pommes de terre traitées et non traitées	89
Tableau. IV.9	Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchimentdes légumes pommes de terre	90
Tableau. IV.10	Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des bananes traitées et non traitées	93
Tableau. IV.11	Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par immersion dans l'acide citrique des fruits banane	94

Introduction générale

La consommation alimentaire mondiale se déplace vers des régimes occidentaux riches en protéines, riches en viandes, en sucres raffinés, en graisses et en huiles, à mesure que les salaires et l'urbanisation augmentent [1]. L'augmentation de la consommation de fruits et légumes peut contribuer à atténuer ce problème en apportant des bénéfices significatifs pour la santé, en réduisant les émissions mondiales de gaz à effet de serre, en réduisant la déforestation et en prévenant de nombreuses maladies chroniques liées à l'alimentation telles que l'obésité, le diabète de type II, les maladies coronariennes et certains cancer [2].

En raison de leur forte teneur en humidité et de leur texture fragile, les fruits et légumes frais sont périssables et difficiles à conserver. Le séchage est l'une des stratégies les plus fréquentes pour augmenter la durée de conservation des fruits et légumes en abaissant la teneur en eau à un niveau qui empêche la croissance et la reproduction microbiennes et inactive de nombreuses réactions de détérioration dues à l'humidité[3]. Le séchage réduit considérablement le poids et le volume des légumes tout en offrant des avantages tels qu'une réduction des frais d'emballage, de stockage et de transport. De plus, le séchage des produits agricoles à faible teneur en eau crée de nouveaux modèles de produits tels que des chips de légumes avec une texture et des qualités physiques distinctes [4].

La présente mémoire résume l'effet de plusieurs prétraitements sur les caractéristiques de séchage et les attributs qualitatifs des légumes obtenus dans la région du Sahara. Traitements par solutions chimiques (hyperosmotiques, alcalines, sulfites et acides par exemple) et gazeux (dioxyde de soufre, dioxyde de carbone et ozone), blanchiment thermique (eau chaude, vapeur, impact de vapeur surchauffée, chauffage ohmique et micro-ondes par exemple), et les processus non thermiques en font partie (ultrasons, congélation, champ électrique pulsé et haute pression hydrostatique, etc.)[5]. Les prétraitements chimiques améliorent efficacement la cinétique de séchage, tandis qu'ils entraînent une perte de nutriments solubles et déclenchent des problèmes de sécurité alimentaire en raison des résidus chimiques. Le blanchiment conventionnel à l'eau chaude affecte considérablement l'inactivation d'une variété de processus enzymatiques indésirables, tuant les germes, adoucissant la texture et accélérant la vitesse de séchage. Cependant, cela entraîne une qualité de produit défavorable, telle qu'une perte de texture, de nutriments solubles, de couleur et d'arôme [6].

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres :

- La première est consacrée à une étude bibliographique qui comprend les définitions et concepts de base liés au séchage, certains facteurs qui changent au cours du séchage et l'effet du prétraitement des produits séchés sur la qualité, la vitesse de séchage et la durée de conservation.

- Le deuxième chapitre présente une recherche bibliographique sur les travaux réalisés dans le domaine du prétraitement des légumes et fruits destinés au séchage, tels que la citrouille, les carottes, les pommes de terre, les tomates et les bananes.
- Le troisième présente les différents matériels et méthodes utilisés dans notre étude.
- Le quatrième chapitre était consacré à la discussion des résultats d'expériences sur l'effet du prétraitement sur la qualité des matériaux séchés.

En fin, une conclusion générale résume les principaux résultats et les perspectives de ce travail.

Références

- [1] Popkin, B. M. The nutrition transition and obesity in the developing world, *The Journal of Nutrition*, 131(3) (2001), 871S-873S.
- [2] Tilman, D., & Clark, M. Global diets link environmental sustainability and human health, *Nature*, 515(7528) (2014), 518-522.
- [3] Mujumdar, A. S. (Ed.). *Handbook of Industrial Drying*(2014). CRC Press.
- [4] Ratti, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review, *Journal of Food Engineering*, 49(4) (2001), 311-319.
- [5] Ade-Omowaye, B. I. O., Rastogi, N. K., Angersbach, A., & Knorr, D. Combined effects of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper, *Journal of Food Engineering*, 60(1) (2003), 89-98.
- [6] Fellows, P. *Food Processing Technology*(2009). Principles and Practice. Woodhead Publishing.

Chapitre I

Etude bibliographique

Le séchage des produits agricoles tels que les légumes et les fruits est une méthode ancienne de conservation des aliments largement utilisée par l'homme. Cette méthode est appréciée pour son impact significatif sur la qualité des produits séchés. Dans ce chapitre, nous aborderons les processus de séchage, les différents types de séchoirs utilisés, ainsi que l'importance du prétraitement et de ses différentes méthodes. Nous discuterons également des domaines d'utilisation des produits séchés et comment en tirer le meilleur parti.

I.1. Historique

La déshydratation est l'une des méthodes de préservation des aliments les plus anciennes connues. Les peuples primitifs déshydrataient ou faisaient sécher les herbes, les racines, les fruits et la viande en l'exposant au soleil. Ils avaient compris que la déshydratation des aliments leur permettait de survivre durant les hivers longs et rigoureux, lorsque la nourriture se faisait rare ou inexistante. La légèreté et la valeur nutritive élevée des aliments déshydratés permettaient également aux peuples anciens de parcourir de plus grandes distances lors de leurs voyages de chasse ou d'exploration [1].

Depuis le début de la civilisation, presque tous les peuples de notre planète ont eu recours à la déshydratation ou au séchage des aliments. En fait, les documents écrits les plus anciens sur le sujet mentionnent que les Phéniciens ainsi que d'autres peuples pêcheurs de la Méditerranée avaient l'habitude de faire sécher leurs prises au grand air. Le séchage au soleil des feuilles de thé était très répandu chez les Chinois. Plusieurs autres cultures anciennes consommaient divers aliments déshydratés. Par exemple, lors de l'excavation de certains tombeaux égyptiens anciens, les scientifiques ont découvert une variété d'aliments déshydratés, incluant des grains de blé. Ces aliments étaient censés soutenir l'esprit du défunt dans son voyage après la vie. Lors d'une expérience, des grains vieux de plusieurs siècles furent réhydratés et, miraculeusement, germèrent, prouvant que la déshydratation est un moyen naturel et viable de préservation de la nourriture à long terme[1].

I.2. Définition de séchage

La déshydratation des aliments est une technique ancienne de préservation. Les premiers peuples séchaient les herbes, les racines, les fruits et la viande au soleil pour survivre pendant les hivers difficiles. Cette méthode légère et nutritive leur permettait également de voyager sur de longues distances[2].

Depuis les débuts de la civilisation, la plupart des cultures ont utilisé la déshydratation des aliments. Les Phéniciens et d'autres peuples méditerranéens séchaient leurs poissons en plein air, tandis que les Chinois séchaient les feuilles de thé au soleil. Les anciens Égyptiens, quant à eux, utilisaient des aliments déshydratés dans leurs rituels funéraires, comme en témoignent les découvertes archéologiques[2].

Les aliments déshydratés sont des aliments dont une grande partie de l'eau a été retirée. Ce processus prolonge leur durée de conservation, réduit leur poids et leur volume, et intensifie leurs saveurs. Ils sont utilisés dans une variété de plats, des repas instantanés aux ingrédients de cuisine, ce qui facilite leur transport et leur stockage[3].

I.3. Utilisations des produits alimentaires séchés :

Les légumes et fruits séchés dans un séchoir solaire ont de nombreuses utilisations pratiques et bénéfiques. Voici quelques-unes :

I.3.1. Prolongation de la durée de conservation :

La déshydratation permet de conserver les fruits et légumes pendant de longues périodes sans nécessiter de réfrigération, ce qui est particulièrement utile dans les régions où l'accès à l'électricité est limité[4].

I.3.2. Réduction des pertes alimentaires :

Les surplus de production peuvent être séchés et stockés pour une utilisation future, réduisant ainsi le gaspillage alimentaire[4].

I.3.3. Facilité de stockage et de transport :

Les fruits et légumes séchés prennent moins de place et sont plus légers, ce qui facilite leur stockage et leur transport, surtout dans les zones rurales ou isolées[5].

I.3.4. Ingrédients pour la cuisine :

Les légumes et fruits séchés peuvent être réhydratés et utilisés dans diverses recettes telles que les soupes, les ragoûts, les sauces, les pâtisseries et les desserts[4].

I.3.5. Collations saines :

Les fruits séchés constituent des collations nutritives et pratiques, riches en vitamines et minéraux, parfaites pour les en-cas rapides et les boîtes à lunch[5].

I.3.6. Aide alimentaire d'urgence :

Les fruits et légumes séchés sont souvent inclus dans les rations alimentaires d'urgence en raison de leur longue durée de conservation et de leur valeur nutritionnelle[5].

I.4. Le prix des légumes et fruits secs :

Les prix des fruits et légumes séchés varient entre 3 et 15 dollars par 100 g, selon le type de produit et la région. Par exemple, les tomates séchées coûtent environ 4 à 10 dollars par 100 g, tandis que les pommes ou abricots séchés varient de 6 à 15 dollars par 100 g. Ces prix sont influencés par la qualité, la certification biologique et le lieu d'achat[6].

I.5. Le séchage et l'énergie :

Pour sécher un produit, qu'il soit liquide ou solide, il est nécessaire de fournir de la chaleur, c'est-à-dire de l'énergie. Globalement, les opérations de séchage consomment environ de 15 % d'énergie industrielle dans les pays développés. Cette proportion est significative, et il est crucial de chercher à optimiser les procédés de séchage pour des raisons économiques et écologiques[1].

Toutes les parties d'un même produit ne réagissent pas de la même manière à l'eau, et cela varie également d'un produit à l'autre en fonction de sa composition biochimique. Certaines structures ou molécules retiennent l'eau plus que d'autres. Lorsque le produit est très humide, l'eau qu'il contient est qualifiée de "libre" et, lors du séchage, elle se comporte comme de l'eau pure. Environ 2250 kJ/kg sont nécessaires pour vaporiser cette eau libre. Lorsque le produit est plus sec, l'eau qu'il contient est davantage retenue et est qualifiée de "liée". L'évaporation de cette eau est plus difficile et requiert plus d'énergie[1].

Pendant le séchage, c'est d'abord l'eau libre qui s'évapore, suivie par l'eau de plus en plus liée. Ainsi, la quantité d'énergie nécessaire pour vaporiser la même quantité d'eau augmente au fur et à mesure du processus de séchage[1].

Le séchage a pour objectif de réduire la teneur en eau des produits agroalimentaires jusqu'à des niveaux résiduels qui empêchent le développement de tout micro-organisme, permettant ainsi leur stockage dans des conditions ambiantes. Les avancées scientifiques et technologiques ont permis de diversifier et de développer de nombreuses méthodes et types de séchoirs. L'utilisation de capteurs solaires à air pour le séchage des récoltes est particulièrement adaptée pour le thé, le café, les fruits, les fèves, le riz, les épices, le caoutchouc, le cacao et le bois (Figure. I.1) [7].

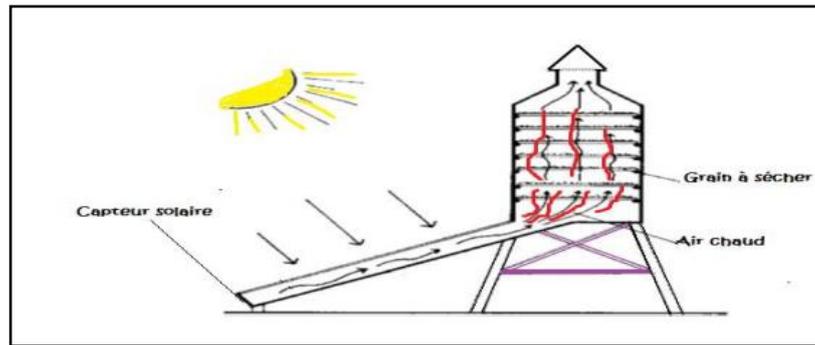


Figure. I.1 : Séchage solaire [7].

Pour sécher un produit, il suffit de le ventiler avec de l'air suffisamment chaud et sec. Un échange de chaleur et d'humidité se produit entre cet air et le produit humide. L'air chaud transmet une partie de sa chaleur au produit, ce qui augmente la pression partielle de l'eau à la surface du produit, la rendant supérieure à celle de l'air de séchage. Cette différence de pression entraîne un transfert de matière de la surface du solide vers l'air de séchage. Deux facteurs importants contrôlent les processus de séchage :

- ✓ Le transfert de chaleur pour fournir la chaleur latente de vaporisation nécessaire ;
- ✓ Le mouvement de l'eau ou de la vapeur d'eau à travers le produit humide pour l'extraire.

Un produit humide peut être représenté schématiquement comme sur Figure. I.2, où le solide présente un film d'eau adhérent à sa surface externe par des forces superficielles [8].

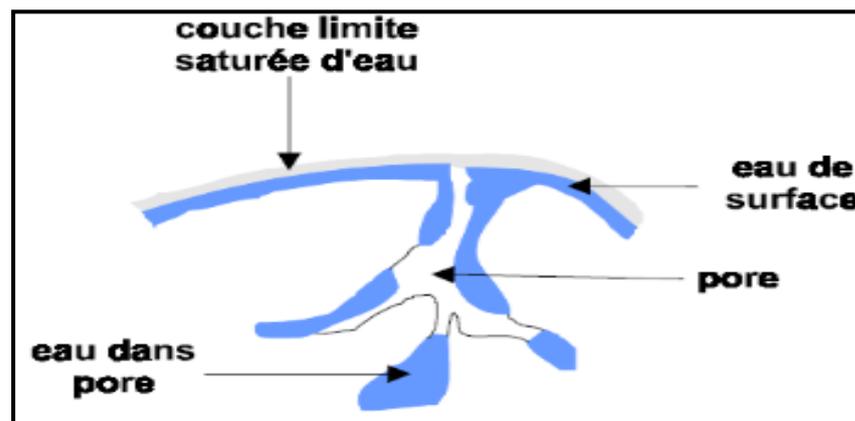


Figure. I.2 : Présentation schématique d'un produit humide [8].

I.6. Différentes méthodes de séchage

Le séchage repose sur deux types de transfert :

- ✓ Transfert d'énergie thermique : de l'environnement vers le liquide à évaporer.

- ✓ Transfert de masse : du cœur du solide vers sa surface, suivi du passage en phase gazeuse. La vitesse de séchage est directement influencée par la rapidité de ces deux phénomènes [2].

I.6.1. Séchage mécanique

Cette méthode consiste à éliminer le liquide à l'aide de forces purement mécaniques telles que le pressage, la centrifugation, la compression et la filtration [7].

Tableau. I.1 : Quelques exemples des méthodes de séchage

Opération	Technique	Mécanisme	Applications
Concentration	Centrifugation	Sédimentation force	Jus de tomate
	Filtration	Tamisage	Boues résiduaires
	Ultrafiltration	Tamisage moléculaire	Lactosérum
Séchage	Egouttage	Gravité	Fromage
	Essorage	Tamisage	Cristaux de sucre
	Pressage	Expression	Fourrages

I.6.2. Séchage chimique

Ce procédé repose sur l'utilisation de produits déshydratants, tels que le chlorure de calcium, qui extrait l'eau par équilibre osmotique [7].

I.6.3. Séchage thermique

Ce type de séchage implique essentiellement un transfert de masse nécessitant l'activation de l'eau par une certaine quantité d'énergie, fournie par un transfert de chaleur. Ce processus comprend plusieurs phases :

- ✓ Transfert de chaleur externe : de la source de chaleur vers la surface du produit.
- ✓ Transfert de chaleur interne : de la surface du produit vers son cœur.
- ✓ Transfert de masse interne : du cœur vers la surface du produit.
- ✓ Transfert de masse externe : de la surface du produit vers le milieu extérieur [7].

I.7. Les processus de séchage :

I.7.1. Par conduction :

Le produit à sécher est en contact avec une paroi solide chauffée à haute température (par des fumées, des vapeurs d'eau, etc.). La conduction à travers la paroi et la matière entraîne une augmentation de la température du produit, ce qui provoque la vaporisation du liquide par évaporation ou ébullition lorsqu'il atteint sa température d'ébullition [9].

I.7.2. Par convection

Ce mode de séchage est le plus couramment utilisé dans l'industrie chimique. L'échange thermique se réalise grâce à un contact direct entre le solide humide et le gaz caloporteur [9].

I.7.3. Par rayonnement

Les techniques utilisant des énergies radiantes (ultraviolets, infrarouges, haute fréquence, micro-ondes) permettent de réaliser un séchage de haute qualité, lorsque le produit le permet, et de réduire considérablement les coûts énergétiques [9].

I.7.4. Par perte diélectrique

Le séchage par perte diélectrique repose sur le chauffage par l'électricité de substances non conductrices (diélectriques). Lorsqu'un matériau isolant est placé dans un champ électrique, ses molécules se polarisent. Lorsque la polarité des électrodes est inversée, il en résulte une agitation moléculaire qui génère de la chaleur [10].

I.7.5. Par lyophilisation

La lyophilisation est une méthode de déshydratation à basse température consistant à éliminer la majeure partie de l'eau contenue dans un produit par sublimation. Cette technique permet une conservation à long terme en abaissant le niveau d'eau du produit [10].

I.8. Le séchage au soleil

Le séchage au soleil, tirant parti de la source d'énergie naturelle la plus abondante et gratuite, représente une solution efficace pour les pays pauvres en ressources énergétiques telles que le pétrole et ses dérivés. Il est particulièrement adapté aux régions bénéficiant de conditions climatiques idéales, telles qu'un fort ensoleillement et une faible pluviométrie [11].

Ce processus implique généralement l'exposition directe des produits à sécher au soleil, que ce soit sur des nattes, des roches plates ou même sur les toits des maisons. Cependant, malgré ses avantages, le séchage au soleil présente quelques inconvénients significatifs :

- ✓ Les produits peuvent se charger de sable et de poussière, ce qui peut les contaminer.
- ✓ Ils sont sujets aux attaques d'animaux, d'insectes et de micro-organismes, entraînant des pertes importantes.
- ✓ De plus, une exposition prolongée au soleil peut endommager les produits, ce qui nuit considérablement à leur qualité.[11].

Ces limitations doivent être prises en compte lors de l'utilisation du séchage solaire, mais cette méthode reste néanmoins largement utilisée dans de nombreuses régions en raison de sa simplicité et de son coût réduit [11].

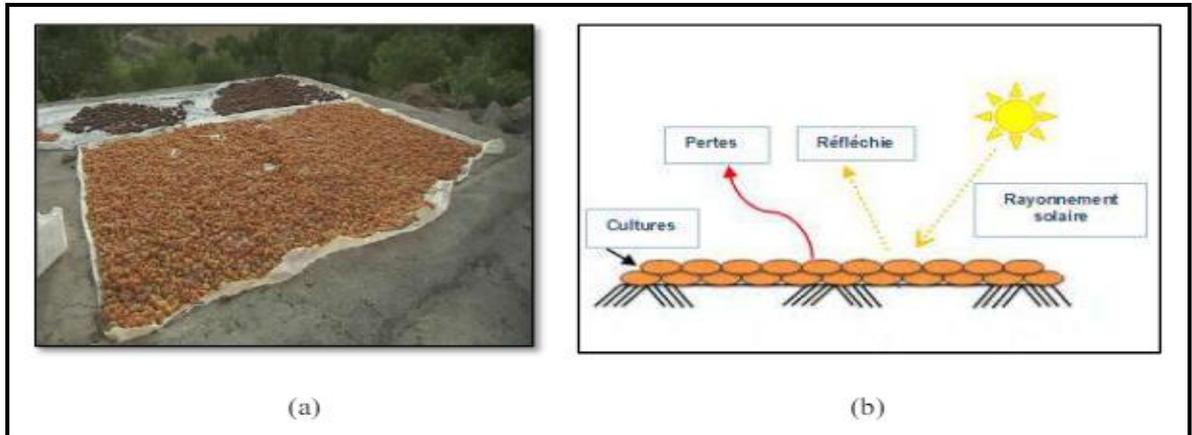


Figure. I.3.(a) Séchage solaire direct sur une surface extérieure de béton, (b) séchage à l'air libre [8].

I.8.1. Les séchoirs solaires

Les séchoirs solaires sont généralement catégorisés en fonction de deux critères principaux : leur mode de chauffage et leur mode de fonctionnement. On distingue ainsi les séchoirs directs, les séchoirs indirects, les séchoirs mixtes et les séchoirs hybrides [11].

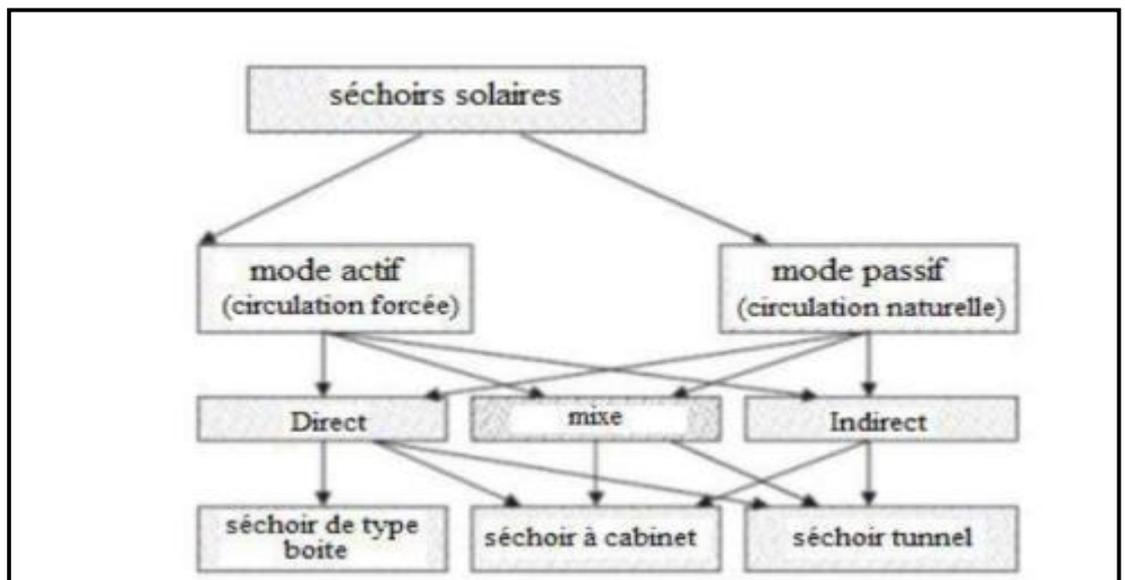


Figure. I.4 : classification des séchoirs solaires selon [12].

I.8.1.1. Les séchoirs solaires directs

Les séchoirs solaires directs, également connus sous le nom de séchoirs solaires de type intégral, sont des dispositifs simples où les produits à sécher sont disposés dans une chambre de séchage transparente. Cette transparence permet au rayonnement solaire d'entrer en contact direct avec les produits à sécher [11].

La chaleur fournie par le rayonnement solaire abaisse l'humidité relative de l'air à l'intérieur de la chambre de séchage, ce qui entraîne l'évaporation de l'eau des produits. De plus, elle favorise la circulation de l'air à l'intérieur de la chambre de séchage, ce qui permet d'éliminer l'humidité avec l'air chaud et de faciliter le processus de séchage [11].

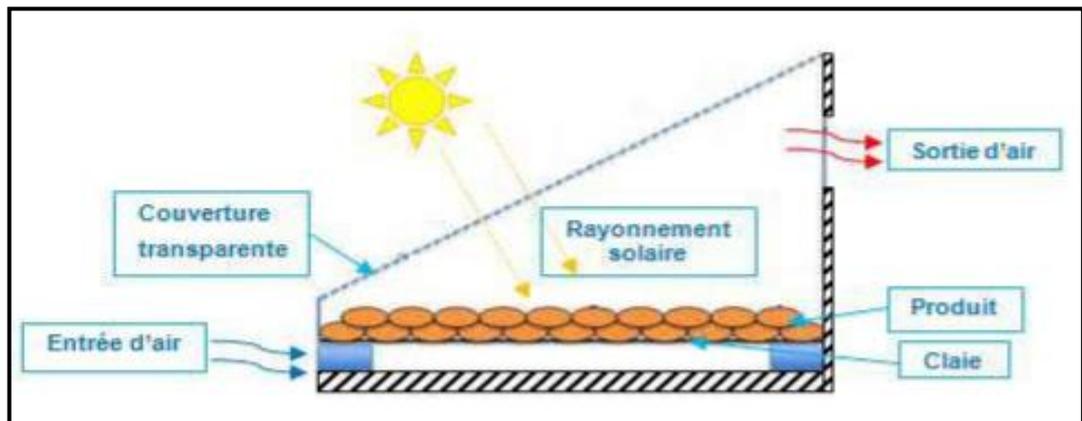


Figure. I.5 : séchoirs solaires directs [8].

Avantage

- ✓ Les aliments sont protégés derrière une vitre, ce qui permet d'atteindre des températures plus élevées.
- ✓ La vitre offre une protection contre les contaminations potentielles telles que la poussière et le sable [11].

Inconvénients

- ✓ Les rayons solaires peuvent détruire les vitamines et les éléments nutritifs sensibles à la lumière.
- ✓ L'exposition directe au rayonnement solaire peut altérer la saveur, le goût et la couleur des aliments.
- ✓ Une ventilation insuffisante peut favoriser la formation de moisissures en cas d'humidité ambiante [11].

I.8.1.2. Les séchoirs solaires indirects

Les séchoirs solaires indirects, également appelés séchoirs solaires de type distribué, sont des dispositifs industriels conçus pour le séchage de grandes récoltes. Les produits à sécher sont disposés sur des plateaux ou des claies à l'intérieur d'une chambre de séchage fermée et non transparente. Cette chambre est chauffée par de l'air chaud en circulation, lequel est réchauffé lors de son passage à travers un capteur solaire.

Généralement, des capteurs solaires à plaque plate sont utilisés pour chauffer l'air à des températures basses et moyennes. L'efficacité de ces capteurs dépend de leur conception et des conditions de fonctionnement. Les principaux facteurs influençant l'efficacité du collecteur comprennent la configuration du réchauffeur, le débit d'air, les propriétés spectrales de l'absorbeur, les pare-air, le coefficient de transfert de chaleur entre l'absorbeur et l'air, ainsi que l'isolation et l'ensoleillement. En optimisant ces facteurs, un rendement élevé peut être atteint. Des conceptions plus sophistiquées de collecteurs à plaques plates sont désormais disponibles pour améliorer encore cette efficacité [11].

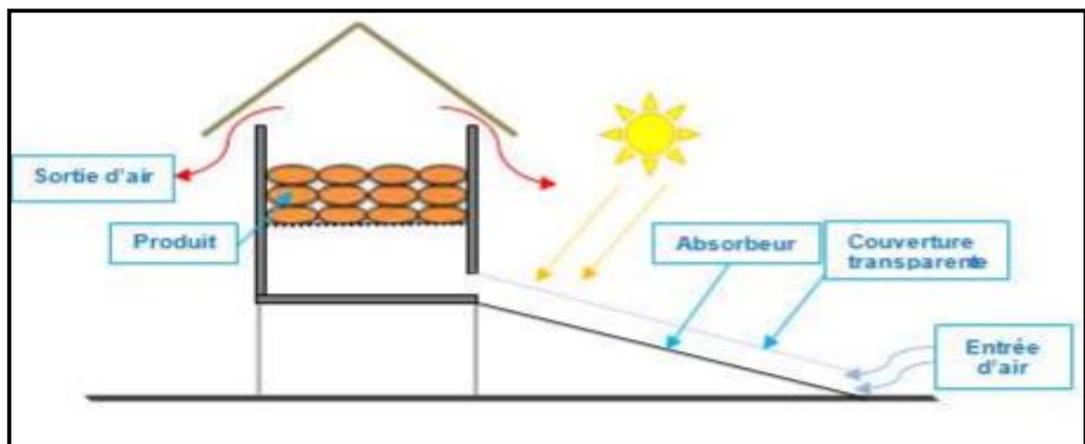


Figure. I.6 : séchoirs solaires indirects [8].

Avantage

- ✓ Meilleure préservation des vitamines et des éléments nutritifs, ainsi que de la couleur des aliments [11].

Inconvénients

- ✓ Structure relativement complexe entraînant des coûts de maintenance élevés.
- ✓ Durée de séchage très variable en fonction des conditions climatiques [11].

I.8.1.3. Les séchoirs de type mixte

Les séchoirs de type mixte combinent les caractéristiques des séchoirs directs et indirects. Ils possèdent une structure similaire à celle des séchoirs indirects, avec un aérotherme solaire,

une chambre de séchage séparée et une cheminée. Cependant, les murs de la chambre de séchage sont vitrés, permettant ainsi aux rayonnements solaires de frapper directement les produits à sécher [11].

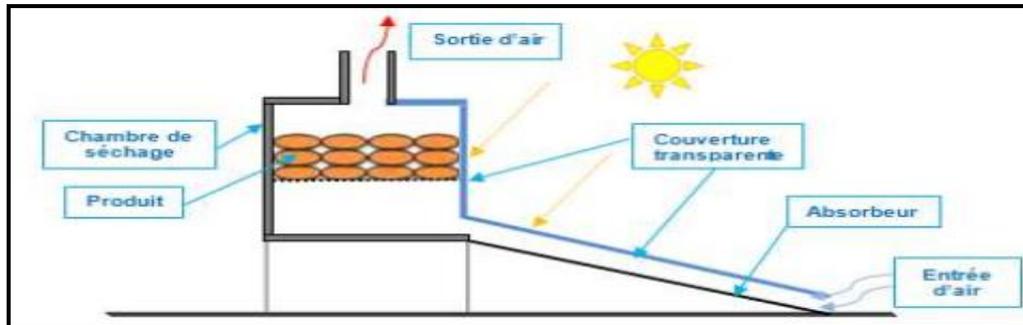


Figure. I.7: séchoirs de type mixte [8].

I.8.2. Les séchoirs hybrides

Les séchoirs hybrides sont des systèmes de séchage qui utilisent une autre forme d'énergie, telle que le carburant ou l'électricité, pour compléter l'énergie solaire nécessaire au chauffage et à la ventilation [11].



Figure. I.8 : séchoirs hybrides [12]

I.9. Caractéristiques de l'air de séchage

I.9.1. Humidité

Ce terme désigne le liquide présent dans un corps solide, liquide ou pâteux, qui doit être éliminé lors du processus de séchage [12].

I.9.1.1. Humidité absolue

L'humidité absolue, également appelée teneur en humidité, représente la masse d'humidité mélangée à un kilogramme de gaz sec. Elle est souvent désignée par la lettre H_a et est définie par la relation suivante [12] :

$$H_a = \frac{M_a}{M_e} \text{ (kgv/kgas)} \quad (I.1)$$

Où : M_a : Masse de l'eau

M_e : Masse de l'air sèche

I.9.1.2. Humidité relative

L'humidité relative, également appelée degré hygrométrique, est définie comme le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans un mélange et sa pression de saturation dans ce même mélange, à une température donnée [12].

$$H_r = \frac{P_v}{P_s} \quad (I.2)$$

Où : P_v : pression partielle de la vapeur dans le mélange.

P_s : Pression de saturation

I.9.2. Température

I.9.2.1. Température sèche

La température sèche d'un gaz est simplement la température mesurée par une sonde de température placée dans le courant gazeux. C'est la température du gaz telle qu'elle est couramment comprise et mesurée [13].

I.9.2.2. Température humide du gaz

La température humide, ou température de bulbe humide, est mesurée à l'aide d'une sonde enrobée d'une mèche placée dans le courant gazeux et constamment humidifiée par de l'eau pure. Il est important de noter que la température humide correspond à la température prise par un solide humide pendant la phase à vitesse constante d'un processus de séchage par entraînement [13].

I.9.3. Vitesse

La vitesse de séchage désigne la masse de liquide évaporée par unité de temps à travers une surface unitaire d'évaporation. Elle est déterminée par [14] :

$$Mv/A = \frac{M_s.dH}{A.d\tau} \quad (I.3)$$

Où : Mv = flux massique de vapeur.

M_s = masse du solide sec.

$dH/d\tau$ = variation de l'humidité du solide avec le temps.

A = surface à travers laquelle se produit l'évaporation.

Le signe- indique que l'humidité diminue avec le temps.

La vitesse de séchage dépend de nombreux paramètres, parmi les plus importants :

- ✓ La nature, la porosité, la forme et l'humidité du produit.
- ✓ La température, l'humidité et la vitesse du gaz de séchage.
- ✓ Les conditions de mise en contact des deux phases ainsi que le mode de transfert de chaleur.

I.10. La Cinétique de Séchage

La cinétique de séchage des différents produits est étudiée à l'aide de courbes représentant l'évolution de la vitesse de séchage en fonction du temps ou de la vitesse de séchage ($-dX/dt$) en fonction de X . Ces courbes sont généralement obtenues dans différentes conditions expérimentales (températures, vitesse de l'air asséchant, hygrométrie) et caractérisent le comportement global du produit à sécher au cours du temps. La courbe schématisée présentée à la Fig. I.8 distingue trois phases :

a. Période de mise en température (Période 0)

Au cours de cette période, l'humidité du produit varie légèrement tandis que la température du produit change (augmente ou diminue) jusqu'à atteindre la température humide correspondant à l'environnement de séchage (zone A-B). Cette période est courte et se manifeste principalement lorsque les produits sont de grande taille ou que la différence de température entre l'air et le produit est importante [12].

b. 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. Un équilibre est établi entre la diffusion de l'humidité dans la couche limite (à l'interface air-matériau) et les mécanismes de transfert d'humidité interne au sein du produit vers la surface. 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 [12].

c. 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 commence à décroître [12].

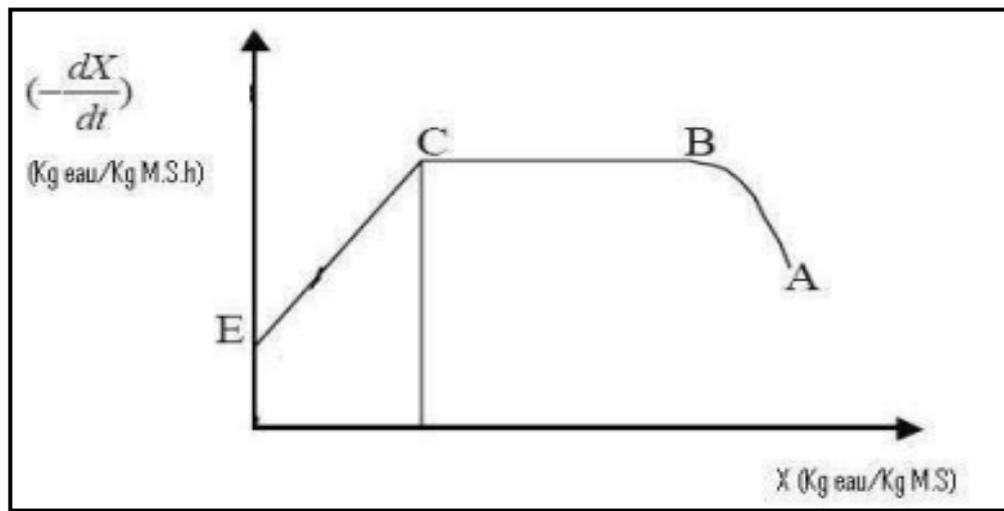


Figure. I.9 : cinétique de séchage [12].

I.10.1. Les paramètres influençant la cinétique de séchage :

Plusieurs paramètres influencent la cinétique de séchage, parmi lesquels on peut citer :

- ✓ La température de l'air de séchage (T_a).
- ✓ L'humidité relative de l'air de séchage (H_r).
- ✓ La vitesse de l'air de séchage (V_a).
- ✓ Le taux de recyclage de l'air de séchage.
- ✓ Le calibre du produit à sécher.
- ✓ L'épaisseur du produit à sécher (E_p) [12].

I.11. Généralités sur les prétraitements :

Le prétraitement améliore généralement la qualité des aliments et les rend plus sûrs à consommer. Des recherches montrent que le traitement des fruits et légumes avant le séchage avec une solution acide ou une solution de métabisulfite de sodium aide à éliminer les bactéries nocives présentes sur le produit pendant le processus de séchage. Les prétraitements

empêchent également les fruits de s'assombrir. De nombreux fruits de couleur claire, comme les pommes, s'assombrissent rapidement lorsqu'ils sont coupés et exposés à l'air. Si ces fruits ne sont pas prétraités, ils continueront à noircir après séchage. Pour le stockage à long terme des fruits séchés, la sulfuration ou l'utilisation d'un bain de sulfite sont les prétraitements les plus efficaces. Cependant, les sulfites présents dans les aliments après ces traitements peuvent provoquer des réactions asthmatiques chez une petite partie de la population asthmatique. Par conséquent, certaines personnes peuvent préférer utiliser des prétraitements alternatifs pour un stockage à court terme. Si les aliments séchés à la maison sont consommés rapidement, il peut y avoir peu de différence entre les prétraitements à court et à long terme [15].

Le prétraitement des produits à sécher est crucial même pour les activités de séchage traditionnelles à petite échelle. Il modifie la structure des produits pour faciliter le séchage, prévient la contamination microbienne avant et pendant la première phase de séchage, et limite les réactions biochimiques externes. Le choix du prétraitement dépend du produit final souhaité. Par exemple, pour obtenir un produit biologique, on évite les conservateurs chimiques et privilégie les produits naturels comme le vinaigre, le jus de citron, le salage et le sucre. Bien que ces méthodes soient généralement moins efficaces que des produits chimiques comme le métabisulfite ou le soufre, elles sont moins toxiques [16].

I.11.1. Différentes méthodes de prétraitement

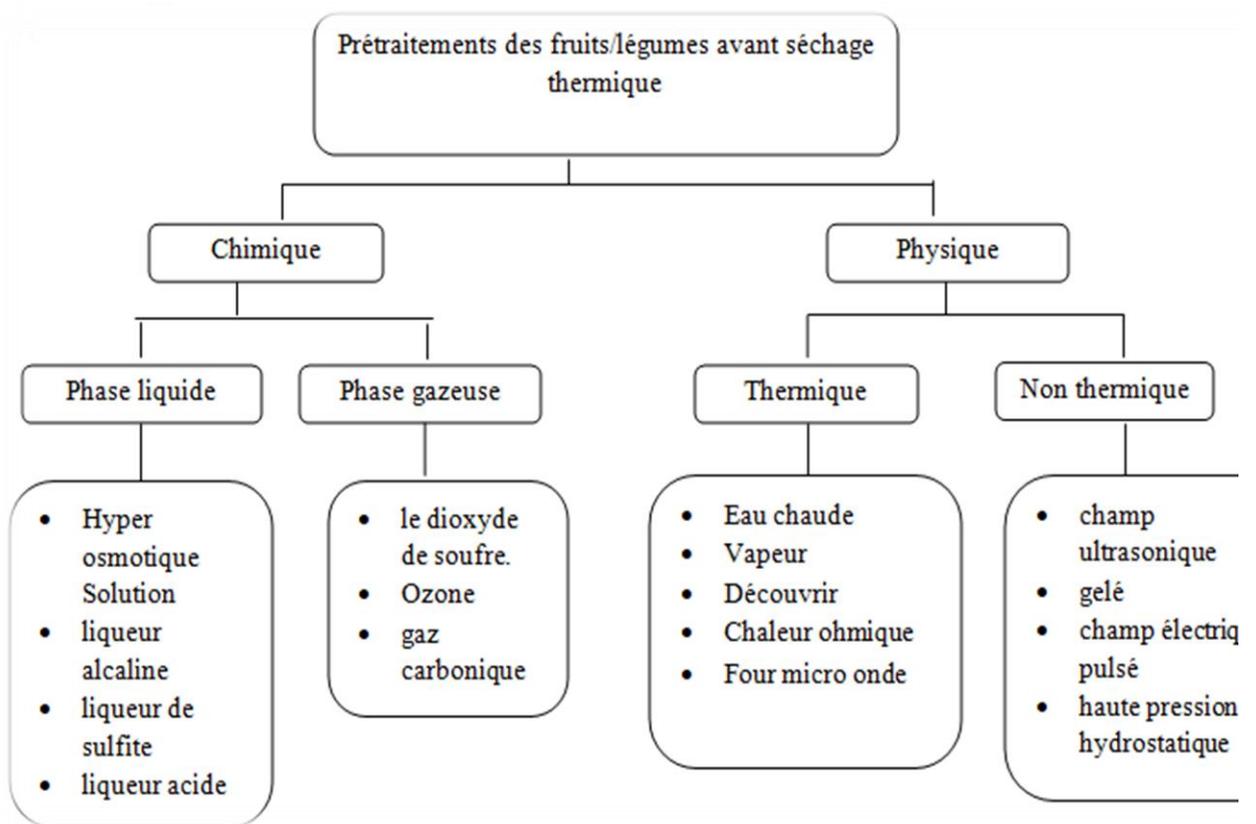


Figure. I.10: Méthodes de prétraitement des fruits ou légumes avant le séchage thermique [17].

I.11.2. Les avantages de prétraitement

- ✓ Nettoyer le produit
- ✓ Séparer les impuretés
- ✓ Éliminer les produits endommagés et avariés
- ✓ Homogénéiser la marchandise
- ✓ Faire mûrir les cultures climactériques
- ✓ Accélérer le processus de séchage
- ✓ Inactiver l'activité enzymatique
- ✓ Préserver la saveur et les vitamines
- ✓ Réduire le nombre de micro-organismes
- ✓ Prévenir la décoloration
- ✓ Améliorer la qualité organoleptique
- ✓ Développer une couleur et une saveur spécifiques
- ✓ Prolonger la durée de conservation [5].

une présentation exhaustive du processus de séchage et de prétraitement a été faite, mettant en avant leur importance, leurs caractéristiques, ainsi que leur objectif, leur stockage et leur transport. Il est essentiel de garder à l'esprit que le succès de cette opération dépend largement des méthodes et des techniques utilisées.

Références

- [1] A. Saf, S. Reddam, Technologies de séchage. Etude de cas : séchage de deux matrices végétales par étuve, mémoire de Master, Université de Bejaia, (2018).
- [2] M. Dadda, R. Medjouri, Séchage et qualité des aliments par le procédé de séchage solaire (indirecte) dans une zone aride, Mémoire de Master, Université de Ouargla, (2020).
- [3] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Fruits et légumes : Opportunités et défis pour la durabilité des petites exploitations agricoles, (Rome, Italie), (2021).
- [4] K.R. Kullayiswamy, S. Sandhyarani, T. Pullaiah, *Brachystelmannigidianum* (Apocynaceae: Asclepiadoideae), a new species from India, *Kew Bulletin*, 71 (2016).
- [5] W. Mühlbauer, J. müller, *Arying atlas, Drying Kinetics and Quality of Agricultural Products*,
- [6] <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/wholesale-fruit-and-vegetable-prices-weekly-average>
- [7] W. Harma, L'étude d'un capteur solaire thermique à air (Théorique et expérimentale), mémoire de Master, Université Ahmed Draia–Adrar, (2020).
- [8] S. Khaldi, Etude numérique du comportement thermique d'un séchoir solaire utilisant un lit thermique pour le stockage d'énergie, thèse de doctorat Université Abou BekrBelkaid (Tlemcen, Algérie), (2018).
- [9] B. Said, Modélisation mathématique de séchage solaire indirect des dattes Deglet-Nour réhumidifiées, mémoire master, université de Ouargla, (2015).
- [10] A. Khenblouche, Etude et réalisation d'un nouveau procédé de séchage couplé à un système de chauffe-eau solaire, Mémoire de Master, Université de Ouargla, (2014).
- [11] R. Chaouche, Maîtrise et contrôle de qualité des tomates et des poivrons séchés par ensoleillement, Mémoire de Master, université de Ouargla, (2020).
- [12] F. Bouziane, N. Fadji, Étude sur la qualité de fenouil poudre obtenu par Séchage solaire, Mémoire de

- Master, université de Ouargla, (2021).
- [13] H. Ben cheikh, M. Ould Sidi med, Y. Draoui, Conception et réalisation d'un séchoir solaire indirect opérant en mode convectif. Mémoire de l'ingénieur d'état. Université de Ouargla.
- [14] D. Schnell, Technique de séchage, Traduit de l'allemand, GMBH, Eschborn, (1983)
- [15] S.A. Bouafia, Étude de l'effet du prétraitement sur le séchage statique des fraises, mémoire master académique, université de Ouargla, (2018).
- [16] S.E Agarry, A.O Durojaiye, T.J Afolabi. Effects of pretreatment on the drying rates and drying time of potato, *Journal of Food Technology* 3 (2005) 361–364.
- [17] L.Z. Deng, A.S. Mujumdar, Q. Zhang, X.H. Yang, J. Wang, Z.A. Zheng, Z.J. Gao, H.W. Xiao: Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*,59 (2019) 1408–1432.

Chapitre I I

Revue bibliographique

La revue de littérature du deuxième chapitre offre un cadre complet pour comprendre comment les techniques de prétraitement des légumes et des fruits avant le processus de séchage ont été développées. Dans les temps anciens, les techniques de prétraitement reposaient sur des ressources locales simples. En revanche, à l'époque moderne, les techniques de prétraitement sont devenues plus complexes et précises grâce aux avancées technologiques. Aujourd'hui, des techniques avancées sont utilisées pour garantir la qualité et la sécurité des produits alimentaires, ce qui améliore l'efficacité du processus de séchage et prolonge la durée de conservation des légumes et des fruits. Cette revue de littérature met en avant les potentiels de développement économique des légumes et des fruits séchés après traitement

II.1. Citrouille (*Cucurbitacées*) :

A. Arévalo-Pinedo (2007) et al[1]. Ont examiné les effets des prétraitements, notamment la congélation et le blanchiment, sur le processus de séchage de la carotte et de la citrouille lors du séchage sous vide. Les auteurs ont réalisé des expériences pour comparer la cinétique de séchage de la carotte et de la citrouille avec différents prétraitements, à différentes températures (50, 60 et 70 °C) et pressions de la chambre sous vide (5 et 15 kPa). Ils ont utilisé le modèle de diffusion de Fick pour analyser les courbes de séchage expérimentales et déterminer les coefficients de diffusion de l'humidité dans les échantillons. Les résultats ont montré que les prétraitements avant le séchage affectaient significativement le transport de l'humidité dans les produits, et les coefficients de diffusion étaient plus élevés dans les échantillons de citrouille que dans ceux de carotte. L'article mentionne également les avantages du séchage sous vide par rapport aux méthodes de séchage à l'air conventionnel à pression atmosphérique, tels que des températures de séchage plus basses et une meilleure qualité du produit. Le séchage sous vide convient particulièrement aux produits alimentaires oxydables et sensibles à la température [1].

H. Kowalska (2008) et al[2], ont mené une étude analysant l'effet des prétraitements (blanchiment et congélation) sur la déshydratation osmotique de la citrouille. Des cubes de citrouille de 10 mm de côté ont été déshydratés dans des solutions de sirop de saccharose, de glucose et d'amidon durant 180 min. Les équations de Peleg et exponentielles ont été utilisées pour décrire la déshydratation osmotique de la citrouille brute et prétraitée[3]. Les résultats ont montré que la déshydratation osmotique de la citrouille dans une solution de sucre à 30 °C

dépendait du prétraitement. Les échantillons prétraités présentaient une perte d'eau plus élevée et une augmentation plus importante de la teneur en solides par rapport aux échantillons sans prétraitement. La perte d'eau la plus élevée a été observée lors de la déshydratation osmotique de la citrouille blanchie dans une solution de sirop d'amidon, tandis que la plus faible perte d'eau a été observée dans les échantillons congelés déshydratés dans une solution de saccharose. Cependant, le rapport perte d'eau/gain de solides le plus élevé a été obtenu lors de la déshydratation osmotique de la citrouille brute. Les prétraitements tels que le blanchiment et la congélation n'ont pas eu d'influence significative sur le coefficient de diffusion de l'eau et des solides lors de la déshydratation osmotique [2].

E. Aydin et D. Göcmen (2014) [3], ont consacré une étude qui explique les méthodes de séchage et de prétraitement du méta bisulfite pour caractériser la farine de citrouille, notamment sa couleur, ses propriétés fonctionnelles, sa teneur en acide phénolique et sa biodisponibilité. Ils ont examiné deux types de citrouille, *cucurbita mos chata* et *cucurbita maxima*, et ont souligné les avantages nutritionnels de la citrouille, tels que sa teneur en fibres alimentaires, en composés bioactifs, en vitamines et en minéraux. L'étude a examiné la production de farine de citrouille à partir de ces deux types de citrouille en utilisant deux méthodes de séchage : le séchage par four à air chaud et la lyophilisation (séchage par congélation). De plus, un prétraitement au métabisulfite a été appliqué à certains échantillons de citrouille avant le séchage. Les résultats ont montré que la farine de citrouille obtenue par lyophilisation avait une couleur orange profonde, tandis que le prétraitement au méta bisulfite entraînait une perte de la couleur fraîche de la citrouille. De plus, la lyophilisation a conduit à de meilleures propriétés fonctionnelles, notamment une capacité de rétention d'eau plus élevée et une synergie avec l'albumine de sérum bovin pour l'émulsion. Le séchage par four et le prétraitement au méta bisulfite ont tous deux augmenté la teneur en acides phénoliques et la biodisponibilité de ces composés. Les acides phénoliques les plus abondants étaient l'acide p-hydroxybenzoïque et l'acide chlorogénique dans toutes les farines de citrouille [3].

L.M. Filho (2016) et al[4]. Ont étudié la cinétique du séchage à l'air des tranches de citrouilles fraîches et l'effet des prétraitements tels que l'application d'un enrobage comestible contenant de la pectine ou le blanchiment. L'étude a été réalisée en soumettant les tranches de citrouille fraîche, blanchies et revêtues de pectine à des températures de séchage de 60 et 70 °C, avec des vitesses d'air de 0,85 et 1,70 m/s. Les chercheurs ont examiné les coefficients de rétrécissement pour tenir compte de la contraction des tranches pendant le séchage, en

utilisant une solution analytique de l'équation de fick. Ils ont également mesuré les taux de séchage constants et ont étudié l'influence de ces périodes de séchage sur l'estimation des coefficients de diffusion efficaces de l'eau. Les résultats ont montré qu'une période de taux de séchage constant a été observée, suivie d'une période de taux de chute décrite par l'équation de diffusion[5]. Les tranches blanchies ont présenté les valeurs de taux de séchage constant les plus élevées, suivies des tranches revêtues de pectine, puis des tranches fraîches. Les taux de séchage constants ont démontré que cette période n'influe pas significativement sur l'estimation des coefficients de diffusion efficaces. De plus, la diffusivité de l'eau du revêtement à base de pectine était élevée, mais n'a que légèrement augmenté le temps de séchage, n'affectant ainsi pas l'efficacité du séchage. En revanche, le blanchiment a favorisé le transfert d'eau et amélioré l'efficacité du séchage [4].

T. S. Workneh (2017) et al[5]. Ont testé l'effet des traitements de pré-séchage (tels que le trempage dans la saumure et le blanchiment) et des méthodes de séchage (séchage au soleil et au four) sur les propriétés chimiques des chips de citrouille. Les résultats ont montré que les traitements de pré-séchage avaient un impact significatif sur la qualité des tranches de courge séchées. Les tranches de courge trempées dans une solution saline à 10 % présentaient une bonne qualité chimique. L'interaction entre les méthodes de séchage et les traitements de pré-séchage avait également un effet significatif sur les qualités chimiques. Les tranches de courge soumises au traitement de trempage dans une solution saline et séchées au four présentaient des concentrations chimiques plus élevées. Parmi les accessions de courge testées, l'accession 8007 a montré des solides solubles totaux (SST), des sucres totaux et un rapport sucre-acide supérieurs après le séchage. Les chercheurs ont constaté que le traitement de trempage dans une solution saline combiné au séchage au four à basse température (60 °C) était le traitement de pré-séchage le plus efficace pour préserver la qualité des tranches de courge séchées. Cependant, ils ont noté que le séchage au soleil direct nécessitait un temps de séchage prolongé en raison des fluctuations de température. Par conséquent, ils ont recommandé le développement ou la sélection d'un séchoir solaire approprié à utiliser en combinaison avec des traitements de pré-séchage tels que le trempage dans une solution saline ou le blanchiment [5].

C.J. Marquez-cardozo (2021) et al[6]. Ont traité les effets du prétraitement et la température sur la citrouille (*cucurbita maxima*) pendant le processus de séchage révèle des insights significatifs. Les résultats démontrent que des prétraitements tels que le blanchiment ou la

déshydratation osmotique ont un impact sur la cinétique de séchage, réduisant le temps nécessaire pour atteindre la déshydratation souhaitée. Parallèlement, la température de séchage joue un rôle crucial, accélérant le processus mais nécessitant une gestion précise pour éviter des altérations indésirables de la qualité du produit. Les caractéristiques physico-chimiques de la citrouille, telles que la texture, la couleur et la composition nutritionnelle, sont directement influencées par ces paramètres. De plus, les propriétés techno-fonctionnelles, notamment la réhydratation et la solubilité, bénéficient de prétraitements appropriés. L'optimisation de la qualité implique une synergie entre le prétraitement et la température de séchage, visant à garantir un processus efficace tout en préservant la qualité sensorielle et nutritionnelle de la citrouille séchée. L'étude met en lumière des changements de microstructure, offrant des perspectives approfondies sur les mécanismes sous-jacents du processus de séchage. En résumé, cette recherche fournit des informations cruciales pour obtenir des produits de citrouille séchée de haute qualité, en tenant compte des interactions complexes entre le prétraitement, la température et les caractéristiques finales du produit [6].

H.H. Muhammad (2022) et al[7]. Ont étudié l'effets des prétraitements et des zones de séchage dans un séchoir solaire sur les propriétés fonctionnelles, la composition proximale et les composants bioactifs de la poudre de pulpe de citrouille (*Cucurbita maxima*). Dans cette étude, trois groupes de tranches de citrouille ont été soumis à différents prétraitements : trempage dans une solution d'acide citrique à 1% pendant 20 min, trempage dans une solution de sel à 2% pendant 20 min, et échaudage à 65 °C dans une solution de sel à 1% pendant 2 min. Un échantillon non traité a été utilisé comme témoin. Les tranches prétraitées ont ensuite été séchées dans trois zones différentes du séchoir solaire à tunnel (zone I, zone II et zone III). Les combinaisons de traitements ont été répliquées selon un dispositif expérimental factoriel RCBD (Randomized Complete Block Design) avec 3 répétitions[2]. Les résultats ont montré que la poudre de pulpe obtenue à partir de tranches prétraitées avec du sel et séchées dans la zone III présentait les valeurs les plus élevées de rétrécissement, de rapport de réhydratation, de capacité de rétention d'eau et de densité en vrac. La teneur en humidité diminuait de la zone I à la zone III, et le blanchiment au sel n'avait aucun effet sur la teneur en matières grasses brutes. Les tranches prétraitées dans une solution de sel à 2% présentaient une meilleure teneur en protéines brutes et en fibres dans les différentes zones. La rétention des polyphénols totaux, du bêta-carotène, de l'acide ascorbique, ainsi que l'activité de piégeage du radical libre DPPH étaient également meilleures pour les échantillons prétraités au sel et séchés dans la zone II du séchoir [7].

J.P. Stepuk (2023) et al[8]. Ont exploré l'impact des traitements thermiques sur les composés bioactifs et la couleur de certaines variétés de citrouille. L'étude montre que les traitements thermiques peuvent entraîner une dégradation significative des composés bioactifs tels que le β -carotène et les pigments lycopènes, qui sont essentiels pour les propriétés antioxydants et la valeur nutritionnelle des citrouilles [1]. Les résultats indiquent que des températures de séchage plus élevées et des durées de traitement plus longues accélèrent la dégradation de ces composés, affectant ainsi la qualité globale du produit séché. Des méthodes de prétraitement, telles que l'utilisation de méta bisulfite de sodium, peuvent aider à protéger ces composés contre la dégradation thermique et oxydative, préservant ainsi mieux les nutriments et la couleur du produit final [8].

II.2. Carottes (*Daucus carota*) :

P.S. Negi (2001) et S.K[9]. Roy ont exploré l'impact du blanchiment sur les carottes déshydratées pendant un stockage prolongé. L'étude montre que le blanchiment, qui consiste à plonger les carottes dans de l'eau bouillante puis à les refroidir rapidement, améliore la rétention de la couleur, la texture, et les nutriments comme la vitamine C et le bêta-carotène. Bien que le blanchiment entraîne une perte initiale de certaines vitamines, il aide à stabiliser leur niveau pendant le stockage. En résumé, le blanchiment la déshydratation améliore significativement la qualité des carottes déshydratées sur le long terme [9].

M.P. Escobar (2007) et al[10]. Ont examiné les effets du stockage à long terme et des prétraitements de blanchiment sur les propriétés de déshydratation osmotique des carottes. Les chercheurs ont réalisé des expériences pour étudier les coefficients de diffusion effectifs de l'eau et du saccharose dans le parenchyme des carottes, en comparant les carottes blanchies et non blanchies pendant différentes périodes de stockage. Les résultats ont montré que les coefficients de diffusion effectifs augmentaient avec l'augmentation du temps de blanchiment, ce qui était attribué à la mort des cellules dans le tissu des carottes. De plus, il a été constaté que cette augmentation dépendait également de la durée de stockage des carottes. Les chercheurs ont conclu que les changements structurels dans la paroi cellulaire des carottes pendant le stockage réduisent considérablement l'effet du blanchiment sur les coefficients de diffusion effectifs [10].

E. Amami (2007) et al[11]. Ont Examiné l'effet combiné de champs électriques pulsés (PEF), de l'ajout de sel et de la force centrifuge sur l'efficacité de la déshydratation osmotique

des carottes. Application de courtes impulsions électriques pour augmenter la perméabilité des membranes cellulaires des carottes. Utilisation d'une solution saline pour faciliter le mouvement de l'eau hors des cellules de carottes. Application de la force centrifuge pour accélérer l'extraction de l'eau des tissus des carottes. Les résultats obtenus montrent que l'application combinée de PEF, de sel et de la force centrifuge augmente significativement la vitesse et l'efficacité de la déshydratation osmotique. Les carottes traitées conservent mieux leur texture et leurs nutriments comparées aux méthodes traditionnelles de déshydratation. L'utilisation de ces techniques réduit le temps nécessaire pour atteindre les niveaux désirés de déshydratation [11].

B. Hiranvarachat (2011) et al[12]. Ont testé les effets de prétraitements acides sur les propriétés physico-chimiques de la carotte lors du séchage à l'air chaud. Les chercheurs ont utilisé de l'acide citrique comme agent de prétraitement afin d'atténuer les effets négatifs du séchage à l'air chaud sur la qualité du produit séché. Différents types de prétraitements, tels que le trempage et le blanchiment dans l'acide citrique, ont été appliqués à la carotte avant le séchage. Les carottes non traitées, trempées dans l'eau et blanchies dans l'eau, ont été utilisées comme échantillons de contrôle. Les chercheurs ont évalué les effets de ces prétraitements, combinés à un séchage à l'air chaud à des températures de 70, 80 et 90°C, sur plusieurs propriétés physico-chimiques des carottes séchées, notamment la couleur, le rétrécissement, la capacité de réhydratation, la teneur en β -carotène et l'isomérisation cis-trans du β -carotène. Les résultats ont montré que les carottes traitées à l'acide citrique étaient plus rouges que les carottes non traitées. Bien que les carottes traitées aient présenté un rétrécissement plus élevé, leur capacité de réhydratation était supérieure à celle des carottes non traitées. La teneur en β -carotène des carottes non traitées diminuait continuellement, tandis que la teneur en β -carotène des carottes trempées et blanchies dans l'acide citrique avait tendance à rester stable. Cependant, l'isomérisation du β -carotène dans tous les échantillons n'était pas différente [12].

U. Garba (2015) et al[13]. Ont évalué l'impact du temps de blanchiment à l'eau chaude et de la température de séchage sur la cinétique de séchage en couche mince des copeaux de carotte noire (*Daucus carota L.*) Ainsi que sur la dégradation des anthocyanes, des composés responsables de la couleur et des propriétés antioxydants. Le blanchiment, en inactivant les enzymes, vise à préserver la qualité du produit final en réduisant le temps global de séchage. Cependant, des périodes de blanchiment prolongées peuvent compromettre la stabilité des anthocyanes. De même, les températures élevées de séchage, bien qu'elles accélèrent le

processus, peuvent entraîner des pertes de qualité, notamment la dégradation des anthocyanes. L'optimisation de ces paramètres implique de trouver un équilibre délicat entre l'inactivation des enzymes, le temps de séchage efficace et la préservation des composants sensibles. Les cinétiques de séchage en couche mince permettent de modéliser le comportement du produit pendant le processus de séchage, avec des modèles mathématiques tels que Page, Henderson et Pabis, ou Logarithmique. Cette modélisation est cruciale pour estimer des paramètres clés tels que la constante de séchage et la teneur en humidité d'équilibre [13].

M. Nowacka (2016) et al[14]. Ont visé à évaluer l'effet du traitement par ultrasons sur les caractéristiques des carottes, notamment leur microstructure, leur couleur et leur teneur en caroténoïdes. Les chercheurs ont utilisé des tranches de carottes emballées sous vide et les ont soumises à un traitement par ultrasons à différentes fréquences (21 kHz et 35 kHz) et durées (10, 20 et 30 min). Les résultats de l'étude ont montré que le traitement par ultrasons avait un impact significatif sur la microstructure des carottes. L'analyse des images obtenues à l'aide d'un microscope électronique à balayage a révélé des différences notables entre les échantillons traités par ultrasons et ceux qui ne l'ont pas été. Cette observation suggère que le traitement par ultrasons altère la structure des carottes. En ce qui concerne la couleur, le traitement par ultrasons a également entraîné des modifications. Les paramètres de couleur L^* , a^* et b^* , mesurés à l'aide de la méthode CIE $L^*a^*b^*$, ont montré des variations significatives dans les échantillons traités par ultrasons pendant 30 min, indépendamment de la fréquence utilisée. Ces résultats indiquent que le traitement par ultrasons peut affecter la couleur des carottes. De plus, le traitement par ultrasons a conduit à une augmentation notable de la teneur en caroténoïdes des carottes par rapport aux échantillons non traités. Cette augmentation était particulièrement marquée lorsque les ultrasons étaient appliqués à une fréquence de 35 kHz. Les chercheurs ont suggéré que cette augmentation pourrait être due à la destruction de la structure d'origine des carottes, ce qui facilite l'extraction des caroténoïdes [14].

Y. Ando (2016) et al[15]. Ont étudié l'impact du blanchiment et du prétraitement de congélation-décongélation sur le taux de séchage des carottes et comment cela est lié aux changements de fonction de la membrane cellulaire et de la structure de la paroi cellulaire. L'étude a révélé que les échantillons décongelés présentaient le taux de séchage le plus élevé et que les échantillons blanchis à des températures plus élevées présentaient également des taux de séchage plus élevés. Cependant, les échantillons blanchis à 60 °C avaient un taux de séchage inférieur par rapport aux échantillons frais. Les chercheurs ont utilisé l'analyse de

l'impédance électrique et l'observation microscopique pour comprendre les effets des prétraitements sur les lésions de la membrane cellulaire et les changements de structure de la pectine dans les parois cellulaires, ce qui a influencé la perméabilité et le taux de séchage des échantillons. Le taux de séchage élevé des échantillons décongelés était attribué à la formation de cristaux de glace qui facilitaient la migration de l'eau. L'étude a également examiné l'activité de la pectine méthylestérase (PME), une enzyme impliquée dans la modification de la pectine, et sa relation avec le taux de séchage. Les échantillons blanchis à 60 °C présentaient la plus forte activité résiduelle de PME, indiquant que la diminution du taux de séchage pour ces échantillons était due à l'inhibition de la migration de l'eau causée par la structure réticulée des pectines formées par l'activité de la PME [15].

Z.P. Mina (2022) et al[16]. Ont examiné l'effet de la gomme arabique et de l'éthanol en tant que prétraitements sur la cinétique de séchage et les caractéristiques de qualité de tranches de carottes séchées. Les carottes fraîches ont été transformées en tranches fines et immergées dans de la gomme arabique à 3 %, de l'éthanol à 99,9 % ou de l'eau distillée (témoin). Elles ont ensuite été soumises à un ultrason cation et séchées dans un four à air chaud. La perte d'humidité des carottes a été enregistrée périodiquement et ajustée à des modèles mathématiques pour déterminer la cinétique de séchage. L'étude a également évalué les effets des prétraitements sur la rétention de composés bioactifs et les propriétés physiques et chimiques des carottes. Les résultats ont montré que les modèles de diffusion, de Henderson et Pabis modifié, et à deux termes présentaient la meilleure correspondance avec les données expérimentales des carottes prétraitées à la gomme arabique et à l'éthanol. Ces carottes prétraitées ont présenté une meilleure couleur, une teneur en composés phénoliques totaux, en β -carotène et une activité de capture des radicaux libres DPPH par rapport aux échantillons témoins. La vitesse de séchage des tranches de carottes n'a pas été affectée par le prétraitement à la gomme arabique. D'autres propriétés telles que le rapport de solides solubles totaux/titre d'acidité, la capacité de réhydratation et le taux de rétraction n'ont pas varié de manière significative entre les traitements [16].

F. Salehi (2023) et al[17]. Ont examiné les effets des prétraitements par micro-ondes (MWP) et par ultrasons (USP) sur les tranches de carotte avant le processus de séchage. Les tranches de carotte ont été séchées dans un séchoir à air chaud, et différents paramètres ont été mesurés, tels que le temps de séchage, la cinétique de transfert de masse, la diffusivité effective de l'eau, le taux de réhydratation et les indices de couleur. Les résultats ont montré

que les prétraitements par micro-ondes et par ultrasons ont réduit le temps de séchage des tranches de carotte, ce qui signifie une perte d'eau plus élevée. La diffusivité effective de l'eau était également plus élevée pour les tranches de carotte prétraitées par micro-ondes par rapport à celles qui n'avaient pas été traitées. Les chercheurs ont utilisé l'équation de Page pour modéliser la cinétique de séchage des tranches de carotte, et cette équation s'est avérée être la plus adaptée pour décrire le processus de déshydratation. En ce qui concerne les propriétés de couleur, les tranches de carotte prétraitées par micro-ondes présentaient des paramètres de rougeur et de jaunissement plus élevés par rapport aux tranches non traitées. Les tranches de carotte prétraitées par ultrasons présentaient des paramètres de luminosité et de rougeur plus élevés que les tranches non traitées [17].

II.3. Tomates (*Solanum lycopersicum*) :

V.R.N. Telis (2004) et al[18]. ont présenté une étude sur les coefficients de diffusion apparente du saccharose, du NaCl et de l'eau lors de la déshydratation osmotique des tomates dans des solutions ternaires. L'objectif de l'étude était de déterminer les coefficients de diffusion effectifs et de comprendre les mécanismes impliqués dans le processus de déshydratation osmotique des tomates. Des expériences à long terme ont été réalisées sur une durée allant jusqu'à 60 h pour déterminer les concentrations d'équilibre à l'intérieur des tomates. Ces expériences ont fourni des informations sur les concentrations de solutés atteintes à des temps plus longs et ont permis de comprendre le comportement de diffusion à l'équilibre. Des expériences à court terme ont également été menées sur une durée allant jusqu'à 4 h pour examiner les premières étapes du traitement osmotique, en se concentrant sur la perte d'eau et le gain de matières solides. Ces expériences ont permis d'obtenir des informations détaillées sur la cinétique de ces processus et ont contribué à la compréhension globale de la déshydratation osmotique des tomates. Les résultats ont montré que les taux de transfert de masse pour l'eau et les solutés étaient fortement influencés par les concentrations de NaCl et de saccharose dans la solution osmotique. Des modèles de régression simples ont été développés pour estimer les coefficients de diffusion en fonction de la concentration des solutés. Il a été observé que les diffusivités du sel et du saccharose étaient interdépendantes, avec une concentration croissante de NaCl entraînant une perte d'eau accrue, tandis que des teneurs plus élevées en saccharose avaient un effet inhibiteur sur la pénétration excessive du sel [18].

L'étude réalisé par G. Latapi et D.M. Barrett (2006) [19]. A examiné les effets de différents prétraitements sur la qualité nutritionnelle et sensorielle des tomates séchées au soleil après stockage. Les prétraitements avant le séchage ont un impact significatif sur la qualité des tomates séchées après trois mois de stockage. Cinq prétraitements ont été évalués : sulfuration directe avec 2,3 kg et 3,6 kg de SO₂, trempage dans une solution de sel à 10 %, trempage dans du métabisulfite de sodium à 8 %, et une combinaison de méta bisulfite de sodium à 8 % et de sel à 10 %. Les résultats montrent que l'utilisation de SO₂ améliore la couleur, le ratio de réhydratation et minimise la perte d'acide ascorbique et de lycopène. Les tomates trempées dans du métabisulfite de sodium présentent un meilleur ratio de réhydratation et une meilleure couleur par rapport aux tomates sulfitées au gaz. Les consommateurs non formés ont préféré les tomates traitées au SO₂ (3,6 kg), qui ont obtenu des scores de satisfaction plus élevés que celles trempées dans le métabisulfite de sodium ou la combinaison métabisulfite de sodium + sel. Le prétraitement avec 10 % de sel a produit les tomates de moins bonne qualité [19].

M.G. Davoodia (2007) et al[20]. Ont présenté une étude approfondie sur les méthodes de déshydratation des tranches de tomate pour produire de la poudre de tomate de haute qualité. L'étude examine l'impact de différents prétraitements, tels que le chlorure de calcium, le méta bisulfite de potassium, le chlorure de sodium et des échantillons non traités, sur les caractéristiques de qualité des tranches de tomate. Deux méthodes de déshydratation, à savoir le séchage solaire et le séchage en tunnel continu, ont été utilisées pour évaluer leur effet sur les caractéristiques de qualité des tranches de tomate déshydratées. Les caractéristiques de qualité étudiées comprennent la teneur en humidité, le taux de sucre, l'acidité triturable, la teneur en lycopène, le taux de déshydratation, le taux de réhydratation et le brunissement non enzymatique (NEB). De plus, une étude de stockage a été réalisée sur une période de 6 mois pour évaluer la stabilité de conservation de la poudre de tomate conditionnée dans différents matériaux d'emballage, tels que le film de polyester métallisé (MP) et le polyéthylène basse densité (PEBD). Les variations de la teneur en lycopène et du NEB ont été mesurées pendant le stockage à température ambiante. Les résultats de l'étude ont montré que le prétraitement des tranches de tomate d'une épaisseur de 5 mm avec du chlorure de calcium en combinaison avec du métabisulfite de potassium, suivi d'un séchage en tunnel continu et d'un stockage dans des sacs en polyester métallisé, était le processus le plus efficace pour obtenir une poudre de tomate de haute qualité [20].

İ. Doymaz et Ö. Özdemir (2014) [21]. Ont étudié l'impact de la température de l'air, de l'épaisseur des tranches et du prétraitement sur le processus de séchage et de réhydratation des

tomates révèle des considérations cruciales pour la qualité finale du produit. En ce qui concerne le séchage, des températures élevées accélèrent généralement le processus, mais le risque de casse superficielle (case-hardening) nécessite une régulation précise. L'épaisseur des tranches influe sur le temps de séchage, avec des tranches plus fines favorisant une élimination plus efficace de l'humidité. Les prétraitements, comme le blanchiment ou la déshydratation osmotique, sont fréquemment utilisés pour améliorer la qualité du séchage en inactivant les enzymes et en préservant la couleur. Quant à la réhydratation, l'épaisseur des tranches joue également un rôle dans la cinétique du processus. Des tranches plus épaisses peuvent nécessiter plus de temps pour absorber l'eau de manière homogène. En résumé, l'optimisation de ces paramètres est essentielle pour atteindre la texture, l'apparence et la qualité désirées des tomates séchées et réhydratées. Les résultats dépendent des objectifs spécifiques du produit final, et des essais approfondis sont souvent nécessaires pour déterminer la combinaison optimale de ces facteurs [21].

S. Siriamornpun (2015) et al [22]. ont examiné les effets des traitements pré-séchage sur la qualité nutritionnelle et sensorielle des tomates séchées au soleil après trois mois de stockage. Les cinq traitements préalables étudiés sont : sulfuration directe avec 2,3 kg ou 3,6 kg de SO_2 , immersion dans une solution de 10% de sel, immersion dans une solution de 8 % de métabisulfite de sodium, et une combinaison de 8 % de métabisulfite de sodium avec 10 % de sel. Les résultats montrent que l'utilisation de SO_2 améliore la couleur, le ratio de réhydratation et minimise la perte d'acide ascorbique et de lycopène. Les tomates traitées avec du métabisulfite de sodium ont présenté un meilleur ratio de réhydratation et une meilleure couleur par rapport aux tomates sulfureuses. Les consommateurs ont préféré les tomates traitées au SO_2 à celles traitées avec du métabisulfite de sodium seul ou en combinaison avec du sel. La conservation à long terme a révélé que les tomates traitées au SO_2 (3,6 kg) conservaient mieux l'acide ascorbique et étaient les plus appréciées lors des évaluations sensorielles [22].

Le document présenté par A.O. Abioye et al (2024) [23]. A étudié l'impact de différentes combinaisons de traitement sur la qualité des tomates séchées dans un séchoir à air chaud convectif. Les expériences ont été planifiées à l'aide de la technique de Taguchi, et trois méthodes de prétraitement ont été utilisées : le blanchiment à l'eau (WBP), l'acide ascorbique (AAP) et le métabisulfite de sodium (SMP). L'épaisseur des tranches de tomates et la température de l'air ont été variées. Les attributs de qualité, tels que le pourcentage de

rétrécissement, le rapport de réhydratation et les niveaux de lycopène, de β -carotène et d'acide ascorbique dans les tomates séchées, ont été évalués selon des protocoles normalisés. Des modèles de réseaux neuronaux artificiels (ANN) et de systèmes d'inférence neuro-flous adaptatifs (ANFIS) ont été entraînés à l'aide des données. Les résultats ont montré que dans les conditions optimales de SMP, d'épaisseur de tranche de 6 mm et de température de l'air de 40 °C, les attributs de qualité étaient les suivants : 90,89 % de rétrécissement, un rapport de réhydratation de 4,22 à 10,74 mg/100 g de lycopène, 9,14 mg/100 g de β -carotène et 25,14 mg/100 g d'acide ascorbique. Les modèles ANN et ANFIS ont fourni des prédictions précises, L'ANFIS montrant une plus grande efficacité en termes de coefficient de détermination et de mesures d'erreur. La vérification expérimentale a confirmé l'exactitude des modèles prédictifs [23].

II.4. Pomme de Terre (*Solanum tuberosum*) :

M.K. Al-Khuseibi (2005) et al[24]. ont examiné les effets de deux méthodes de traitement, à savoir le blanchiment à l'eau et la pression hydrostatique élevée, sur la cinétique de séchage et la qualité des pommes de terre. L'étude a été réalisée en utilisant des cubes de pommes de terre qui ont été soumis à un traitement par pression hydrostatique à 400 MPa pendant 15 minutes, tandis que le blanchiment à l'eau a été effectué en plongeant les cubes dans l'eau bouillante pendant 3 minutes. Les taux de séchage, la réhydratabilité, la texture, la couleur et la densité apparente des échantillons traités ont été évalués. Les résultats de l'étude ont montré que les taux de séchage étaient plus élevés dans la période initiale de séchage pour les échantillons traités par pression hydrostatique. Le modèle de Page a mieux décrit les données de séchage des échantillons traités thermiquement, tandis que le modèle à deux termes a mieux décrit le comportement de séchage des échantillons traités par pression hydrostatique. Les échantillons traités par pression hydrostatique présentaient une réhydratabilité similaire à celle des échantillons traités thermiquement. En termes de texture, les échantillons traités par pression hydrostatique avaient une valeur de dureté proche de celle des échantillons frais, tandis que le traitement thermique conduisait à une texture plus molle. Après réhydratation, les échantillons des deux traitements retrouvaient leur texture d'origine avant le séchage. En ce qui concerne la couleur, la différence de couleur totale pour les échantillons blanchis thermiquement était plus élevée que celle des échantillons traités par pression hydrostatique, à la fois avant et après le séchage. Les cubes de pommes de terre traités par pression

hydrostatique et séchés à l'air présentaient une densité apparente plus élevée que les échantillons traités thermiquement [24].

L'article réalisé par S. Mukherjee (2007) et al[25]. a présenté une nouvelle technique de blanchiment appelée "whirlingbed" et étudie ses effets sur la qualité des cubes de pomme de terre blanchis. Les chercheurs ont comparé cette méthode de blanchiment avec le blanchiment à l'eau chaude et le blanchiment à la vapeur, en évaluant plusieurs paramètres. Les résultats de l'étude ont montré que le blanchiment par "whirlingbed" à une température de 85°C nécessitait moins de temps et entraînait une meilleure conservation des solides et des nutriments par rapport au blanchiment à l'eau chaude et au blanchiment à la vapeur. Les cubes de pomme de terre blanchis par cette méthode présentaient une inactivation plus efficace des enzymes, une perte de solides réduite, une teneur en humidité optimale et une meilleure rétention d'acide ascorbique et de sucre réducteur. Les chercheurs ont également étudié les taux de perte et les coefficients de diffusion de l'acide ascorbique et du sucre réducteur. Ils ont observé que le blanchiment par "whirlingbed" permettait une meilleure préservation de ces nutriments par rapport aux autres méthodes de blanchiment [25].

P. Pimpaporn (2007) et al[26]. ont étudié les effets de différents prétraitements combinés sur la cinétique de séchage et la qualité des chips de pommes de terre lors du séchage à la vapeur surchauffée à basse pression. Les chercheurs ont réalisé des expériences en utilisant différents prétraitements combinés tels que l'échaudage, la congélation, l'immersion dans une solution de glycérol et la congélation, ainsi que l'immersion dans une solution de monoglycéride et la congélation. Ces prétraitements ont été effectués à différentes températures de séchage (70, 80 et 90 °C) à une pression absolue de 7 kPa. Les résultats de l'étude ont montré que le prétraitement combiné d'échaudage et de congélation à une température de séchage de 90 °C était le plus favorable pour le séchage des chips de pommes de terre. Ces conditions ont permis d'obtenir des chips de pommes de terre sans matière grasse de qualité supérieure en termes de couleur, de texture (dureté, croustillance) et de microstructure. Les chercheurs ont constaté que d'autres prétraitements combinés ou des températures de séchage différentes pouvaient entraîner des variations dans la qualité des chips de pommes de terre séchées. En conclusion, cet article met en évidence la possibilité de produire des chips de pommes de terre sans matière grasse en utilisant le séchage à la vapeur surchauffée à basse pression en combinaison avec des prétraitements appropriés [26].

P. Liu (2015) et al[27]. ont présenté une étude sur les effets de différents traitements de blanchiment sur le processus de séchage de patates douces à chair violette. L'étude se concentre sur l'inhibition de l'oxydation et le maintien du niveau d'anthocyanine lors du séchage assisté par micro-ondes en lit fluidisé. Les chercheurs ont comparé trois traitements de blanchiment : le blanchiment à la micro-onde (MWB), le blanchiment à l'eau chaude (HWB) et le blanchiment à la vapeur (SB). Ils ont examiné les effets de ces traitements sur la dégradation de la peroxydase (POD), le temps de séchage, la couleur et le niveau d'anthocyanine des cubes de patates douces séchés. Les résultats ont montré que le blanchiment à la micro-onde entraînait une dégradation rapide de la POD, réduisait le temps de séchage et donnait le niveau d'anthocyanine le plus élevé après le séchage assisté par micro-ondes en lit fluidisé. Cependant, la couleur du produit séché n'était pas aussi vive et violette que celle obtenue par les traitements de blanchiment à l'eau chaude et à la vapeur. Le blanchiment à la micro-onde s'est avéré améliorer le processus de séchage en maintenant le niveau d'anthocyanine dans les produits séchés tout en réduisant le temps de séchage. L'étude met en évidence l'importance du blanchiment en tant que méthode pratique pour inhiber l'oxydation dans le traitement des aliments. Elle aborde également le potentiel du blanchiment à la micro-onde comme une alternative aux méthodes de blanchiment traditionnelles, compte tenu de ses avantages pour préserver la qualité nutritionnelle [27].

D. Zhao (2016) et al[28]. ont examiné les effets du prétraitement par macération carbonique sur le comportement de séchage et les compositions physicochimiques de la patate douce séchée par micro-ondes intermittentes ou continues. Les chercheurs ont comparé le séchage par micro-ondes intermittentes (IMD) et continues (CMD) avec ou sans prétraitement par macération carbonique. Ils ont étudié le temps de séchage, l'énergie d'activation, la diffusivité effective de l'humidité et diverses compositions physicochimiques des patates douces séchées. Les résultats ont montré que la combinaison de la macération carbonique et de l'IMD avait le temps de séchage le plus court, l'énergie d'activation la plus basse et la plus grande diffusivité effective de l'humidité par rapport aux autres méthodes. Elle a également entraîné des taux de rétention plus élevés de phénols totaux, d'anthocyanines, de flavonoïdes, de β -carotène et d'acide ascorbique, ainsi qu'une meilleure capacité à piéger les radicaux libres (DPPH) du produit séché. Les mesures de couleur ont indiqué que la macération carbonique associée à l'IMD produisait la couleur la plus souhaitable des patates douces séchées. L'étude suggère que le prétraitement par macération carbonique présente des perspectives d'application industrielle dans le séchage des fruits et légumes [28].

M.T. Rashid (2019) et al[29]. ont examiné les effets de la prétraitement par ultrasons combinés au séchage à l'air chaud sur la qualité des patates douces séchées. Les chercheurs ont utilisé deux fréquences d'ultrasons différentes (40 et 60 kHz) et deux températures de séchage à l'air chaud différentes (70 et 80°C) pour étudier l'impact sur le profil phénolique, les composés phytochimiques et les changements texturaux des patates douces séchées. Les résultats de l'étude ont montré que le prétraitement par ultrasons à 40 kHz avec une température de séchage à l'air chaud de 70°C permettait de conserver les composés phytochimiques dans les patates douces séchées. L'analyse par HPLC a révélé la présence d'acide ellagique et d'acide chlorogénique comme principaux acides phénoliques, tandis que la découverte de deux nouveaux composés bioactifs, la quercétine-3-rhamnoside et la quercétine 3-β-D-glucoside. Des changements structuraux ont également été observés à l'aide de techniques telles que la FTIR et la SEM. Une nouvelle bande est apparue dans la spectroscopie FT-IR dans tous les traitements, ce qui indique la présence d'un groupe fonctionnel C=C alcène. L'analyse multivariée a montré une grande influence des ultrasons à 40 kHz et des ultrasons à 60 kHz sur la plupart des composés bioactifs étudiés [29].

M.T. Rashid (2019) et al[30]. ont visé à déterminer le processus de séchage des patates douces en utilisant des prétraitements à ultrasons multifréquences et un séchage infrarouge. L'objectif de l'étude était d'évaluer les propriétés phytochimiques, le potentiel antioxydant et la qualité texturale des patates douces séchées. Les chercheurs ont utilisé des prétraitements à ultrasons multifréquences à différentes fréquences (20, 40 et 60 kHz) et un séchage infrarouge à différentes températures (60, 70 et 80 °C) pour sécher les patates douces. Ils ont observé que le temps de séchage était significativement réduit lors de l'utilisation d'une fréquence d'ultrasons modérée (40 kHz) à 70°C. Les échantillons séchés présentaient des teneurs plus élevées en composés phytochimiques par rapport aux échantillons frais. L'activité antioxydante des échantillons augmentait particulièrement à 60 kHz et 80 °C. Les traitements aux ultrasons et infrarouges avaient également un impact positif sur les teneurs totales en caroténoïdes et en β-carotène. L'étude a identifié deux nouveaux composés, la quercétine-3-rhamnoside et la quercétine 3-β-D-glucoside, pour la première fois dans les patates douces. Les spectres infrarouges à transformée de Fourier (FTIR) ont montré une synthèse réussie du groupe OH et des composés phénoliques dans les échantillons traités aux ultrasons à 20 kHz [30].

II.5. Bananes (*Musa sp*) :

R. Dandamrongrak(2002) et al[31]. ont exploré de manière approfondie l'efficacité de différents prétraitements pour la déshydratation des bananes, ainsi que la sélection de modèles de séchage appropriés. Les chercheurs ont étudié plusieurs méthodes de prétraitement telles que le blanchiment, le trempage dans des solutions salines ou sucrées, ainsi que l'application de solutions acides ou basiques. Chaque prétraitement a été évalué en termes de son impact sur la vitesse de séchage, la rétention des nutriments, la couleur, la texture et la saveur des bananes séchées. Les résultats ont montré que le choix du prétraitement avait une influence significative sur les caractéristiques finales des bananes séchées. Par exemple, le blanchiment a été efficace pour maintenir la couleur des bananes, tandis que le trempage dans une solution sucrée a amélioré la saveur. De plus, l'article discute de l'application de modèles de séchage tels que le modèle de diffusion et le modèle d'ingénierie cinétique pour mieux comprendre et prédire les processus de déshydratation des bananes sous différents prétraitements [31].

R. Dandamrongrak(2003) et al[32]. ont étudié comment différents traitements appliqués avant le séchage influencent la vitesse à laquelle les bananes se dessèchent et la qualité du produit final. Les chercheurs ont examiné diverses méthodes de prétraitement pour voir comment elles affectent la texture, la couleur et la teneur en nutriments des bananes séchées. Les résultats indiquent que certains prétraitements peuvent accélérer le processus de séchage tout en préservant les qualités désirables des bananes. Cette étude souligne l'importance de choisir le bon traitement préalable pour optimiser la qualité des bananes séchées, offrant ainsi des perspectives utiles pour l'industrie alimentaire [32].

Kephas Nowakunda(2004) et al[33]. ont exploré l'utilisation de la déshydratation osmotique comme prétraitement pour les processus de séchage des tranches de banane. La déshydratation osmotique est une méthode qui implique l'immersion des tranches de banane dans une solution concentrée de saccharose ou d'autres agents osmotiques, afin de provoquer la sortie d'eau des cellules de la banane par osmose. L'étude examine comment cette technique préalable affecte différents aspects du processus de séchage des bananes, notamment la vitesse de séchage, la réduction du temps de séchage nécessaire, et l'amélioration de la qualité du produit final. Les chercheurs ont évalué l'influence de paramètres tels que la concentration de la solution osmotique, la durée du traitement et la température sur les propriétés physico-chimiques des bananes séchées. Les résultats montrent que la déshydratation osmotique peut significativement réduire le temps de séchage ultérieur des tranches de banane, tout en

améliorant leur texture, leur couleur et leur saveur. De plus, l'article discute des mécanismes sous-jacents à l'amélioration de la qualité grâce à cette méthode préalable, notamment l'effet sur la structure cellulaire et la conservation des nutriments [33].

P.M. Azoubel(2010) et al[34]. Ont examiné l'effet des ultrasons sur la cinétique de séchage de la variété de banane Pacovan. Deux modèles, le modèle de diffusion (deuxième loi de Fick) et le modèle empirique de Page, ont été utilisés pour modéliser le processus de séchage. Le prétraitement par ultrasons a été réalisé dans un bain ultrasonique à une température de 30 °C. Le séchage a été effectué dans un séchoir à lit fixe à deux températures différentes (50 et 70 °C) et à une vitesse d'air de 3,0 m/s. Les résultats ont montré que le modèle empirique de Page était le mieux adapté pour décrire les courbes de séchage. Le modèle de diffusion a été utilisé pour décrire le transfert d'humidité et les diffusivités effectives de l'eau ont été déterminées. Les diffusivités ont augmenté avec la température et l'application des ultrasons, ce qui indique une amélioration du transfert d'humidité. Cela suggère que le prétraitement par ultrasons peut accélérer le processus de séchage et réduire la consommation d'énergie par rapport aux méthodes de séchage conventionnelles à l'air chaud. L'article souligne également l'importance de la banane en tant que fruit largement consommé dans de nombreux pays et la nécessité de technologies post-récolte pour prolonger sa durée de conservation. Les méthodes de séchage conventionnelles à l'air chaud peuvent altérer la qualité du produit final, tandis que le prétraitement par ultrasons offre des avantages tels que des températures plus basses, une dégradation réduite des aliments et la capacité de retirer l'humidité sans provoquer de changement de phase [34].

U.D. Chavan (2010) et al[35]. ont exploré différentes méthodes de traitement et conditions pour le processus de déshydratation osmotique et évalue les changements chimiques, microbiens et organoleptiques des tranches de banane pendant une période de stockage de 6 mois. L'article met en évidence le potentiel de la déshydratation osmotique en tant que méthode efficace de conservation des fruits et légumes. La déshydratation osmotique consiste à retirer l'eau des fruits en les plongeant dans un sirop de sucre, ce qui permet d'obtenir un produit qui conserve sa couleur, son goût et sa texture. L'étude a montré que les tranches de banane déshydratées par osmose, préalablement traitées au soufre et trempées dans un sirop de sucre contenant du métabisulfite de potassium (KMS), du citrate et de l'acide ascorbique, présentaient une meilleure couleur, apparence, saveur, texture et acceptabilité globale par rapport aux autres traitements. L'étude de stockage a révélé une diminution marginale de la teneur en humidité et de la qualité organoleptique, ainsi qu'une augmentation des solides

solubles totaux, des sucres totaux et des sucres réducteurs des tranches de banane déshydratées par osmose. Cependant, les produits se sont révélés microbiologiquement sûrs et sensoriellement acceptables pendant une période de stockage de 6 mois dans des conditions ambiantes [35].

S. Tabtiang(2012) et al[36]. Ont étudié les effets du traitement osmotique et de la température de soufflage à la vapeur sur les caractéristiques de séchage et les propriétés de texture des tranches de banane. Le traitement osmotique, qui consiste à immerger les tranches de banane dans une solution hypertonique, offre plusieurs avantages significatifs. Il favorise l'élimination de l'eau, réduisant ainsi le temps de séchage ultérieur. De plus, il agit comme agent de préservation en diminuant l'activité de l'eau, ce qui inhibe la croissance des micro-organismes indésirables et prolonge la durée de conservation des tranches. Par ailleurs, le traitement osmotique améliore la texture des tranches de banane en renforçant leur fermeté et en préservant leur intégrité structurelle. Le soufflage à la vapeur surchauffée expose les tranches de banane à de la vapeur à haute température, entraînant une évaporation rapide de l'eau et une expansion des structures cellulaires. Les effets de cette étape incluent une augmentation de la porosité des tranches, une réduction de leur densité, ainsi qu'une modification significative de leur texture. Les paramètres de la température de soufflage à la vapeur jouent un rôle essentiel, influençant la porosité, la croustillance, et d'autres propriétés sensorielles des tranches de banane. En ce qui concerne les caractéristiques de séchage, l'effet combiné du traitement osmotique et du soufflage à la vapeur surchauffée se traduit par une réduction du temps de séchage global, une amélioration de l'uniformité du processus, et une diminution de la teneur en humidité des tranches de banane[36].

L'article mené par D. Verma(2014) et al[37].a présenté une étude sur l'optimisation des variables de processus pour la déshydratation osmotique de tranches de banane. L'objectif de l'étude était d'évaluer l'effet de la haute pression hydrostatique (HHP) en tant que prétraitement sur la perte d'eau, le gain de matière solide, l'activité de l'eau et l'indice de brunissement lors de la déshydratation osmotique. Les variables de processus étudiées étaient la pression hydrostatique, la concentration en saccharose, le temps d'immersion et la température d'immersion. La méthodologie de surface de réponse a été utilisée pour optimiser ces variables et déterminer les conditions de fonctionnement optimales. Les résultats de l'étude ont montré que les échantillons traités sous haute pression hydrostatique présentaient une perte d'eau et un gain de matière solide significativement plus élevés lors de la

déshydratation osmotique, ce qui était attribué à la rupture de la paroi cellulaire sous l'effet de la pression appliquée, rendant ainsi les cellules plus perméables. Les conditions de fonctionnement optimales identifiées étaient une pression hydrostatique de 200 mpa, un temps de trempage de 5 minutes à une température ambiante de 26 °C, une concentration en saccharose de 60 °Brix, un temps d'immersion de 4 heures et une température d'immersion de 40°C. L'article aborde également l'étude des profils de concentration pendant la déshydratation osmotique et décrit le séchage du produit optimisé à l'aide d'un séchoir à air déshumidifié. Une température de séchage de 55 °C a été identifiée comme donnant des tranches de banane déshydratées de haute qualité en termes de réduction de volume, de saveur améliorée, de faible activité de l'eau ($<0,60$) et de réduction du temps et de l'énergie de déshydratation [37].

G.G. Abd El-Wahhab(2023) et al[38]. Ont présenté l'impact de différents traitements préalables et méthodes de séchage sur la qualité physico-chimique, phytochimique et sensorielle des bananes séchées. Dans le but d'atteindre cet objectif, quatre solutions de prétraitement ont été utilisées avant le séchage pour améliorer les caractéristiques de qualité des tranches de banane : Acide citrique à 1% et acide ascorbique à 1%, saccharose à 10%, bisulfite de sodium à 0,5% et jus de citron à 5% et acide acétique à 0,5%. Deux méthodes de séchage ont été appliquées : Le séchage au soleil (SD) et le séchage en tunnel (TD). Les tranches séchées ont été évaluées pour leur teneur en humidité, en acidité totale, en activité de l'eau (a_w), en indice de brunissement, en rapport de réhydratation (RR), en sucre réducteur, en acide ascorbique, en phénol total et en DPPH %, ainsi que pour leurs attributs sensoriels (couleur, odeur, goût, texture et acceptabilité globale). Les résultats ont montré que la rétention de la teneur en acide, de l'acide ascorbique, des phénols totaux et du DPPH dans les échantillons de tranches séchées en TD était supérieure à celle des échantillons séchés en SD. Les valeurs de l'indice de brunissement dans les échantillons de TD étaient inférieures à celles des échantillons de SD. De plus, les échantillons de TD présentaient un RR plus élevé que les échantillons de SD. Il est à noter que les solutions de prétraitement utilisées jouent un rôle important dans l'amélioration des caractéristiques de qualité finales des tranches de banane séchées. Les résultats de l'évaluation sensorielle ont révélé une différence significative dans les degrés de couleur et de texture pour les tranches prétraitées au bisulfite de sodium. En revanche, les taux de goût et d'odeur étaient significativement plus élevés pour les tranches prétraitées au saccharose. Le TD peut améliorer la cinétique de séchage, réduire le temps de séchage et maintenir la qualité des tranches séchées [38].

Il est indéniable que le prétraitement joue un rôle crucial dans la production de fruits et légumes séchés tels que la citrouille, les carottes, les pommes de terre, les tomates et les bananes. Le rôle de ce processus est crucial pour maintenir la qualité sensorielle et nutritionnelle des produits finis. Les méthodes de prétraitement adaptées à chaque type de fruit ou légume peuvent être choisies et appliquées de manière judicieuse afin d'améliorer la texture, la couleur, le goût et la valeur nutritionnelle des produits séchés. En outre, l'utilisation du prétraitement permet de prolonger la durée de conservation. De cette manière, l'investissement dans des méthodes de prétraitement performantes améliore non seulement la qualité des aliments séchés, mais assure également une offre alimentaire plus sécurisée, nutritive et séduisante pour les consommateurs.

Références

- [1]A. Arévalo-Pinedo, F.e.X. Murr, Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin, *Journal of Food Engineering*, 80 (2007) 152–156.
- [2]H. kowalska, A. Lenart, D. Leszczyk, te effect of blanching and freezing on osmotic dehydration of pumpkin, *Journal of Food Engineering*, 86 (2008) 30–38.
- [3]E. Aydin, D. Gocmen, The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour, *LWT-Food Science and Technology*, 60 (2014) 385–392.
- [4]L.M. Filho, E.C. Frascareli, M.A. Mauro, Effect of an edible pectin coating and blanching pretreatments on the air-drying kinetics of pumpkin (*Cucurbita Moschata*), *Food Bioprocess Technology*, 9 (2016) 859–871.
- [5]T. S. Workneh, A. Zinash, K. Woldetsadik, Blanching, salting and sun drying of different pumpkin fruit slices; *Journal of Food Science and Technology*, 51 (2014) 3114–3123.
- [6]C.J. Marquez-Cardozo, B.L. Caballero-Gutierrez, H.J. Ciro-Velazquez, D.A. Restrepo-Molinana, Effect of pretreatment and temperature on the drying kinetics and physicochemical and techno-functional characteristics of pumpkin (*Cucurbita Maxima*), *Heliyon*, 7 (2021) e06802.
- [7]H.H. Mohammed, Y.B Tola, A.H. Taye, T.k. Abdisa, Effect of pretreatments and solar tunnel dryer zones on functional properties, proximate composition, and bioactive components of

- pumpkin (*cucurbita maxima*) pulp powder, *Heliyon* 8 (2022) e10747.
- [8] J. Piepiorka-Stepuk, I. Wojtasik-Kalinowska, M. Sterczynska, S. Mierzejewska, M. Stachnik, M. Jakubowski, the effect of heat treatment on bioactive compounds and color of selected pumpkin cultivars; *LWT-Food Science and Technology*, 175 (2023) 114469.
- [9] P.S. Negi, S.K. Roy, The effect of blanching on quality attributes of dehydrated carrots during long-term storage; *European Food Research and Technology*, 212 (2001) 445–448.
- [10] M.P. Escobar, F.G. Galindo, L. Wadso, J.R. Nájera, I. Sjöholm, Effect of long-term storage and blanching pre-treatments on the osmotic dehydration kinetics of carrots (*Daucus carota* L. Cv. Nerac), *Journal of Food Engineering* 81(2007)313–317.
- [11] E. Amami, A. Fersi, E. Vorobiev, N. Kechaou, Osmotic dehydration of carrot tissue enhanced by pulsed electric field, salt and centrifugal force; *Journal of Food Engineering*, 83 (2007) 605–613.
- [12] B. Hiranvarachat, S. Devahastin, N. Chiewchan, Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying; *Food and Bioproducts Processing* 89 (2011)116–127.
- [13] U. Garba, S. Kaur, S. Gurumayum, P. Rasane, Effect of hot water blanching time and drying temperature on the thin layer drying kinetics of and anthocyanin degradation in black carrot (*Daucus carota* L.) Shreds, *Food Technology and Biotechnology*, 53 (2015) 324–330.
- [14] M. Nowacka, M. Wedzik, Effect of ultrasound treatment on microstructure, color and carotenoid content in fresh and dried carrot tissue, *Applied Acoustics* 103 (2016) 163–171.
- [15] Y. Ando, Y. Maeda, K. Mizutani, N. Wakatsuki, S. Hagiwara, H. Nabetani, Impact of blanching and freeze-thaw pretreatment on drying rate of carrot roots in relation to changes in cell membrane function and cell wall structure, *LWT-Food Science and Technology* 71(2016) 40–46.
- [16] Z.P. Mina, T. Kaseke, T. Fadiji, O.A. Fawole, Effect of gum Arabic and ethanol pretreatments on drying kinetics and quality attributes of dried carrot slices, *Heliyon* 8 (2022) e12037.
- [17] F. Salehi, K. Goharpour, H.R. Kamran, Effects of ultrasound and microwave pretreatments of carrot slices before drying on the color indexes and drying rate, *Ultrasonics Sonochemistry*, 101(2023)106671.
- [18] V.R.N. Telis, R.C.B.D.L. Murari, F. Yamashita, Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions, *Journal of Food Engineering* 61 (2004) 253–259.

- [19]G. Latapi and D.M. Barrett, Influence of pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part I: use of steam blanching, boiling brine blanching, and dips in salt or sodium metabisulfite, *Journal of Food Science*, 71(2006) s24–s31.
- [20]M.G. Davoodia, S.G. Kulkarnib, K.V.R. Ramana, Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder, *LWT- food science and technology*, 40 (2007) 1832–1840.
- [21]İ. Doymaz et Ö. Özdemir, effect of air temperature, slice thickness and pretreatment on drying and rehydration of tomato; *International Journal of Food Science and Technology*, 49 (2014) 558–564.
- [22]S. Siriamornpun, J. Ratsewo, N. Kaewseejan, N. Meeso; Effect of osmotic treatments and drying methods on bioactive compounds in papaya and tomato; *The Royal Society of Chemistry*, 5 (2015) 18579–18587.
- [23]A.O. Abioye, J.B. Hussein, M.O. Oke, I.F. Bolarinwa, Modelling some quality attributes of a convective Hot-Air dried tomato slices using ANN and ANFIS techniques; *measurement: food*, 13 (2024) 100140.
- [24]M.K. Al-Khuseibi, S.S. Sablani, C.O. Perera, Comparison of water blanching and high hydrostatic pressure effects on drying kinetics and quality of potato, *Drying Technology, An International Journal*, 23 (2005) 2449–2461.
- [25]S. Mukherjee, P.K. Chattopadhyay, Whirling bed blanching of potato cubes and its effects on product quality, *Journal of Food Engineering*, 78 (2007) 52–60.
- [26]P. Pimpaporn, S. Devahastin, N. Chiewchan, Effects of combined pretreatments on drying kinetics and quality of potato chips undergoing low-pressure superheated steam drying, *Journal of Food Engineering* 81 (2007) 318–329.
- [27]P. Liu, A.S. Mujumdar, M. Zhang, H. Jiang, Comparison of three blanching treatments on the color and anthocyanin level of the microwave-assisted spouted bed drying of purple flesh sweet potato, *Drying Technology: An International Journal*, 33 (2015) 66–71.
- [28]D. Zhao, Y. Wang, Y. Zhu, Y. Ni, Effect of carbonic maceration pre-treatment on drying behaviour and physicochemical compositions of sweet potato dried with intermittent or continuous microwave, *Drying Technology: An International Journal*, 34 (2016) 1604–1612.

- [29] M.T. Rashid, H. Ma, M.A. Jatoi, M.M. Hashim, A.W.B. Safda, Influence of ultrasonic pretreatment with hot air drying on nutritional quality and structural related changes in dried sweet potatoes, *International Journal of Food Engineering*, 15 (2019) 20180409.
- [30] M.T. Rashid, H. Ma, M.A. Jatoi, A. Wali, H.S. El-Mesery, Z. Ali, F. Sarpong, Effect of infrared drying with multifrequency ultrasound pretreatments on the stability of phytochemical properties, antioxidant potential, and textural quality of dried sweet potatoes, *Journal of Food Biochemistry*, 43 (2019) e12809.
- [31] R. Dandamrongrak, G. Young, R. Mason, Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models; *Journal of Food Engineering* 55 (2002) 139–146.
- [32] R. Dandamrongrak, R. Mason, G. Young, The effect of pretreatments on the drying rate and quality of dried bananas, *International Journal of Food Science and Technology*, 38 (2003) 877–882.
- [33] K. Nowakunda, A. Andrés, P. Fito, Osmotic dehydration of banana slices as a pretreatment for drying processes; *Drying—Proceedings of the 14th International Drying Symposium, São Paulo, Brazil*, vol. C, (2004) 2077–2083.
- [34] P. M. Azoubel, M.A.M. Baima, M.R. Amorim, S.S.B. Oliveira, Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics, *Journal of Food Engineering*, 97(2010)194–198.
- [35] U.D. Chavan. A.E. Prabhukhanolkar. V.D. Pawar, Preparation of osmotic dehydrated ripe banana slices; *Journal of Food Science and Technology*, 47 (2010) 380–386.
- [36] S. Tabtiang, S. Prachayawarakon, S. Soponronnarit, Effects of osmotic treatment and superheated steam puffing temperature on drying characteristics and texture properties of banana slices, *Drying Technology: An International Journal*, 30 (2012) 20–28.
- [37] D. Verma, N. Kaushik, P.S. Rao, Application of high hydrostatic pressure as a pretreatment for osmotic dehydration of banana slices (musacavendishii) finish-dried by dehumidified air drying, *Food Bioprocess Technol*, 7 (2014) 1281–1297.
- [38] G.G. Abd El-Wahhab, H.A. A. Sayed, M.A. Abdelhamid, A. Zaghlool, A. Nasr, A. Nagib, M. Bourouah, A.M. Abd-elgawad, Y.M. Rashad, M. Hafez, I.M. Taha, Effect of pre-treatments on the qualities of banana dried by two different drying methods; *Sustainability*, 15 (2023)15112.

Chapitre III

Matériels et

Méthodes

Le processus de séchage est l'une des principales méthodes de préservation des légumes et des fruits, et il est essentiel pour prolonger la durée de conservation de ces aliments tout en préservant leur qualité. La qualité finale et les propriétés des légumes et des fruits séchés dépendent largement des facteurs précédant le processus de séchage, tels que le prétraitement. Cette étude vise à examiner l'impact de différentes méthodes de prétraitement sur des légumes et des fruits sélectionnés avant le processus de séchage. Plusieurs méthodes de prétraitement ont été appliquées, telles que le blanchiment à la vapeur, le blanchiment à l'eau chaude, le blanchiment dans différentes solutions, ainsi que le maintien d'un groupe témoin sans traitement selon le protocole résumé dans (Schéma 01).

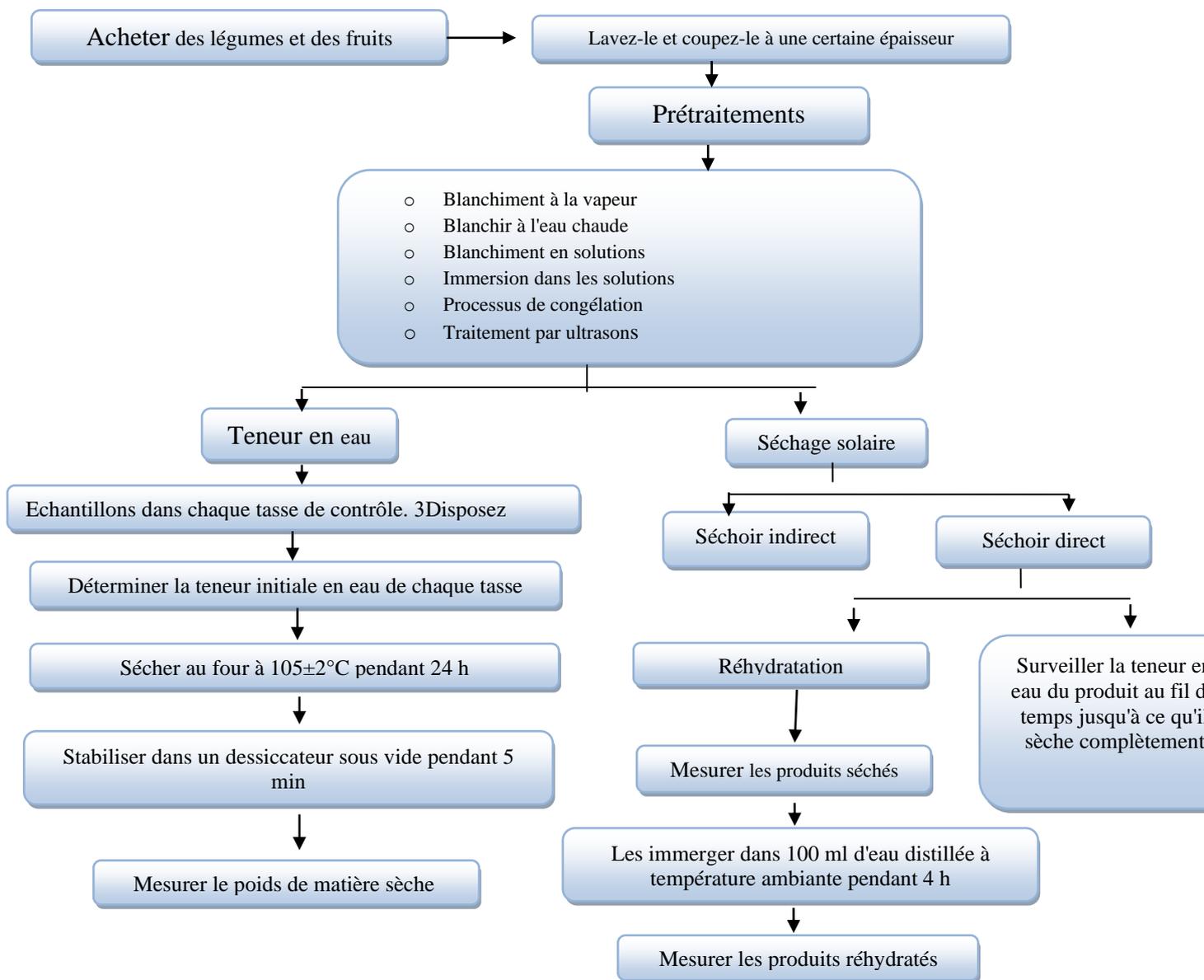


Schéma 01. Différentes étapes suivies dans les processus de prétraitement, séchage et réhydratation.

La Figure 01 représente la localisation de toutes les expérimentations menées sur certains légumes et fruits dans le domaine expérimental pour les applications des énergies renouvelables en agriculture (URAER) à Ghardaïa.



Figure. III.1. Plateforme expérimentale pour les applications des énergies renouvelables en agriculture.

III.1. Les produits utilisés dans les expériences

III.1.1. Citrouille

La citrouille, également connue sous le nom de courge, appartient à la famille *des cucurbitacées* et se distingue par sa couleur orange et sa forme ronde ou ovale. C'est un aliment riche en nutriments, contenant de la vitamine A, bénéfique pour la santé des yeux et le renforcement du système immunitaire, ainsi que de la vitamine C, du potassium et des fibres. Sa haute teneur en eau, environ 91%, en fait un aliment faible en calories et idéal pour l'hydratation [1].

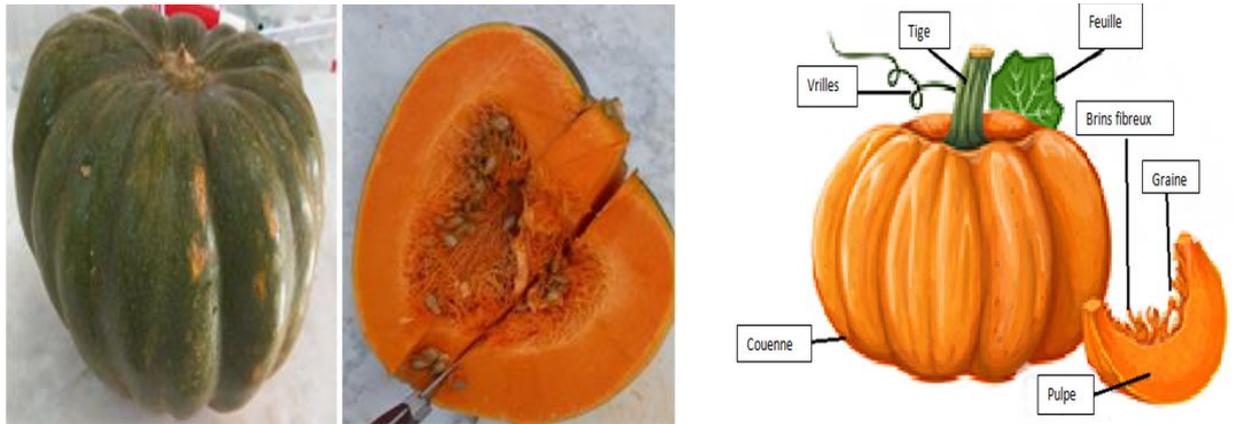


Figure. III.2. Caractéristiques de la morphologie de la citrouille utilisée dans notre étude.

III.1.2. Carottes

Les plantes qui poussent sous terre incluent les légumes-racines, caractérisés par leur couleur orange éclatante et leurs racines épaisses et charnues. Les carottes sont une partie importante de l'alimentation humaine et offrent de nombreux bienfaits pour la santé. Elles contiennent des quantités élevées de vitamines A et C, ainsi que du potassium et des fibres alimentaires. La teneur en eau des carottes varie généralement entre 85% et 90% de leur poids frais, ce qui en fait des légumes riches en eau [2].

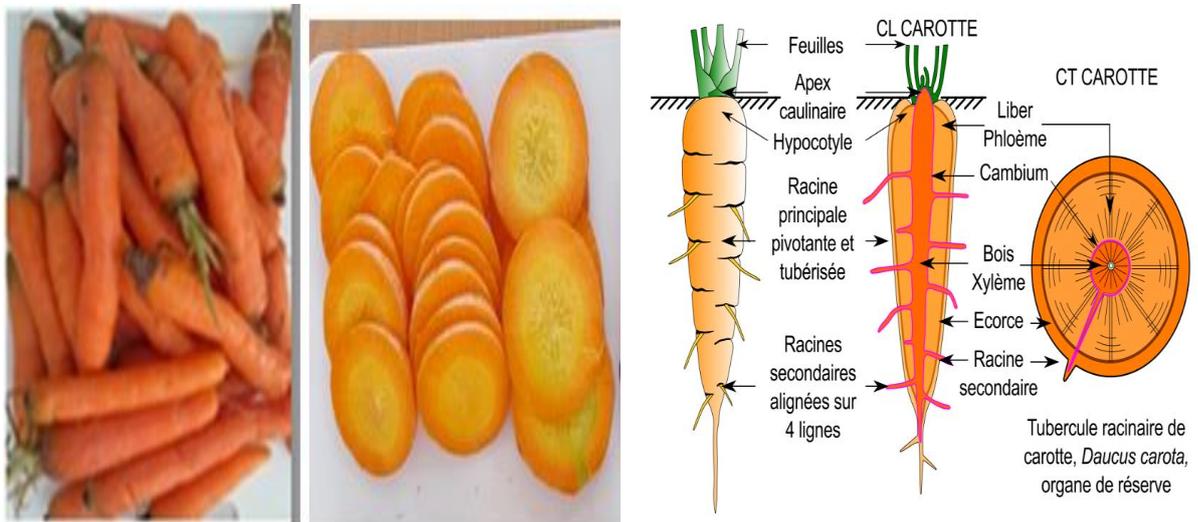


Figure. III.3. Caractéristiques de la morphologie de la Carottes utilisé dans notre étude.

III.1.3. Tomates

Les tomates, bien qu'elles soient des fruits, sont généralement utilisées comme des légumes dans la cuisine. Elles sont célèbres pour leur texture aqueuse et leur saveur unique, et leur importance dans les cuisines du monde entier, composées à environ 95% d'eau.

Les tomates contiennent de nombreuses vitamines et minéraux tels que la vitamine C, la vitamine K, le potassium et l'acide folique, ce qui contribue à la santé générale et à la prévention des maladies [3].

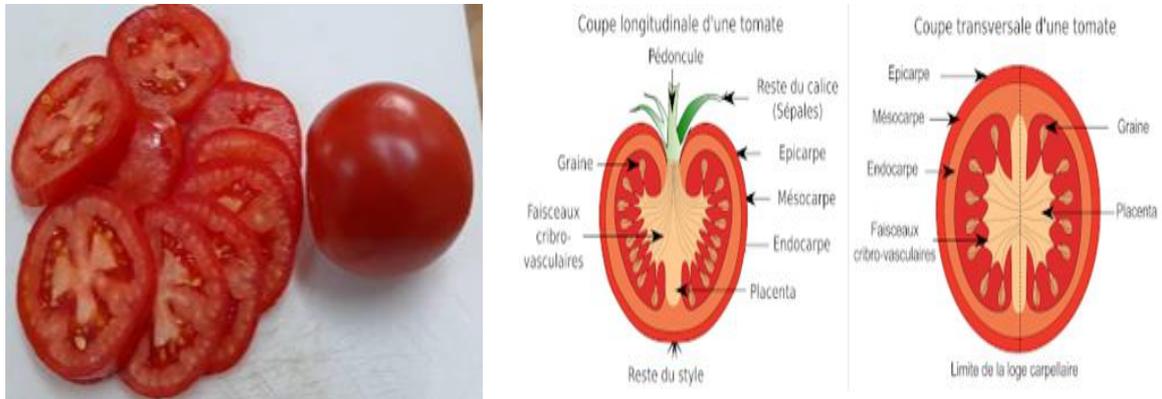


Figure. III.4. Caractéristiques de la morphologie de la Tomates utilisés dans les expériences.

III.1.4. Pomme de terre

La pomme de terre est un tubercule qui peut supporter des conditions de culture variées et pousser dans la plupart des types de sols. Elle est considérée comme une source alimentaire essentielle dans de nombreuses cultures en raison de sa haute valeur nutritionnelle et de sa polyvalence. Les pommes de terre sont riches en glucides complexes, en fibres, en vitamine C, en vitamine B6, en potassium, en magnésium et en fer. Leur capacité à croître dans diverses conditions et leur longue durée de conservation les rendent disponibles tout au long de l'année. Les pommes de terre fraîches contiennent entre 70 et 80 % d'eau de leur poids [4].

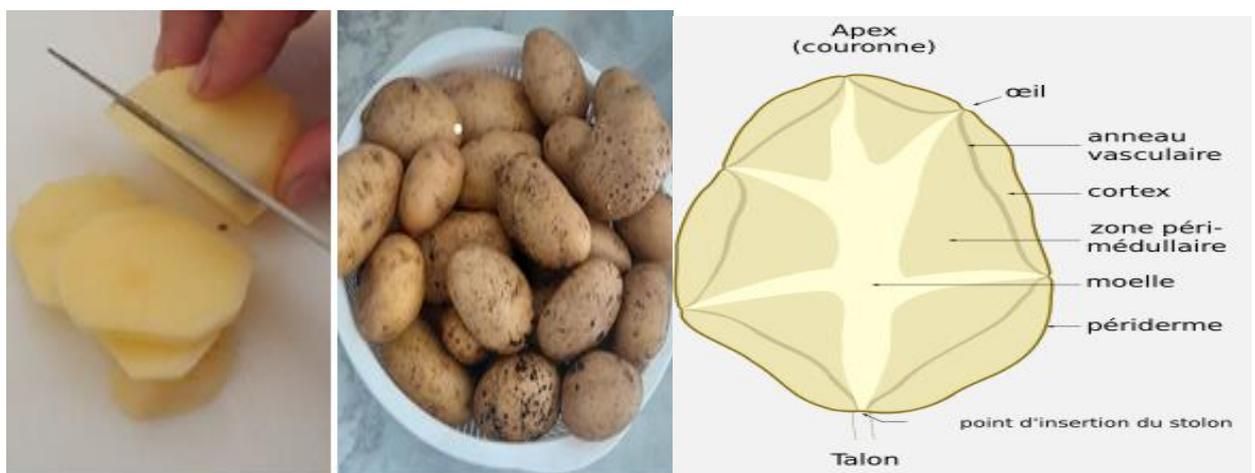


Figure. III.5. Caractéristiques de la morphologie de la pomme de terre utilisée dans notre étude.

III.1.5. Bananes

La banane est un type de fruit tropical appartenant au genre *Musa* de la famille *des Musacées*. Elle se caractérise par sa forme longue et incurvée et sa peau jaune lorsqu'elle est mûre. Son importance réside dans sa haute valeur nutritionnelle, car elle contient de nombreuses vitamines et minéraux tels que la vitamine C, la vitamine B6, le potassium et le magnésium, ce qui la rend essentielle pour la santé du corps. Grâce à sa teneur en eau, qui varie entre 74 et 75%, la banane est un fruit hydratant qui aide à fournir les liquides nécessaires au corps [5].

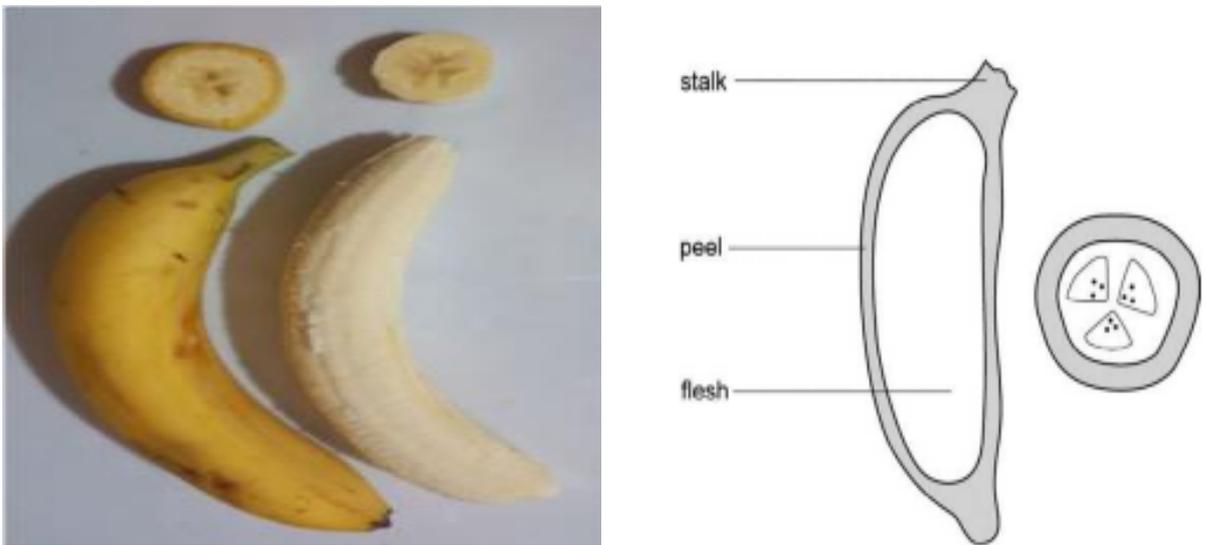


Figure. III.6. Caractéristiques de la morphologie de la banane utilisée dans notre étude.

III.2. Les processus de prétraitement

Les fruits et légumes (citrouille, carottes, pommes de terre, tomates et bananes) utilisés ont été achetés dans le marché local de la région de Ghardaïa, réputée pour sa haute qualité. Après lavage à l'eau avec quelques gouttes de NaClO pour éliminer les impuretés et les insectes, les tiges et les feuilles attachées sont séparés. Ensuite, nous les avons pelés et coupés immédiatement en petits morceaux de 2 à 4 mm de taille.

III.2.1. Prétraitement de la citrouille

a. Blanchiment à la vapeur

Nous mettons de l'eau dans la marmite au-dessus de la plaque chauffante, et lorsque la température atteint 100 °C, nous plaçons les tranches de citrouille sur la marmite pour que le processus de cuisson à la vapeur se déroule pendant 10 min.[8]



Figure. III.7. Blanchiment des tranches de citrouille à la vapeur.

b. Blanchiment à l'eau chaude :

Nous avons rempli un récipient en verre avec de l'eau distillée et l'avons placé sur la plaque chauffante. Lorsque la température a atteint 80°C, nous y avons plongé les Tranches de citrouille pendant 5 min. [7]



Figure. III.8. Blanchiment des tranches de citrouille à l'eau chaude

c. Immersion dans une solution de chlorure de sodium

Nous avons d'abord préparé la solution saline, pesez 3% de chlorure de sodium. Après dissolution du chlorure de sodium, nous plongeons chlorure de sodium dans la solution préalablement préparée pendant 15 min.[7]



Figure. III.9. Immersion des tranches de citrouille dans une solution de chlorure de sodium.

d. Immersion dans une solution citrique :

Nous avons initié en préparant une solution en pesant 2% d'acide citrique dans 1L d'eau distillée. Après dissolution complète de l'acide citrique, nous avons immergé chlorure de sodium dans cette solution pendant 15 min. [6]



Figure. III.10. Immersion des tranches de citrouille dans une solution citrique.

III.2.2. Prétraitement des carottes

a. Blanchiment à la vapeur

Nous mettons de l'eau dans la marmite au-dessus de la plaque chauffante, et lorsque température d'ébullition, nous plaçons les tranches de carottes sur la marmite pour que le processus de cuisson à la vapeur se déroule pendant 10 min.[10]



Figure. III.11. Blanchiment des tranches de carotte à la vapeur

b. Blanchiment à la vapeur puis immersion dans une solution sucrée :

Nous plaçons les échantillons sur la marmite pour que le processus de cuisson à la vapeur se déroule pendant 5 min, Ensuite, nous le retirons et le plongeons directement dans la solution sucrée que nous avons préparée en dissolvant 2% de sucre dans 1 L d'eau pendant 10 min. [14]

c. Blanchiment à l'eau chaude :

Nous avons immergé les tranches de carottes dans de l'eau bouillante (90 °C) pendant 4 min.[10]



Figure. III.12. Blanchiment des tranches de carotte à l'eau chaude.

d. Blanchiment dans une solution d'acide citrique :

Nous avons soigneusement mesuré 1% d'acide citrique et l'avons dissous dans 1L d'eau distillée. Ensuite, nous avons chauffé le bol sur une plaque chauffante jusqu'à ce qu'il atteigne son point d'ébullition. Après cela, nous avons immergé les tranches de carottes dans la solution pendant 3 min. [11]

e. Immersion dans une solution citrique :

Nous avons mesuré avec précision 3% d'acide citrique et l'avons dissous dans 1L d'eau distillée. Une fois l'acide citrique complètement dissous, nous avons plongé les tranches de carottes dans la solution pendant une durée de 10 min. [11]



Figure. III.13. Immersion des tranches de carotte dans une solution citrique

f. Immersion dans l'eau distillée :

Nous avons commencé en remplissant un bol en verre avec une quantité précise d'eau distillée nous avons immergé les tranches de carottes pendant 10 min.[9]



Figure. III.14. Immersion des tranches de carotte dans l'eau distillée.

g. Immersion dans une solution ascorbique

Nous avons mesuré avec précision 2% d'acide ascorbique et l'avons dissous dans 1L d'eau distillée. Une fois la solution prête, nous avons immergé les tranches de carottes dans celle-ci pendant une durée de 10 min.[13]

III.2.3. Prétraitement des tomates**a. Blanchiment à la vapeur**

Nous commençons par remplir la marmite d'eau et la plaçons sur la plaque chauffante. Une fois que l'eau atteint son point d'ébullition, nous plaçons les tranches de tomates sur la marmite, permettant ainsi le processus de cuisson à la vapeur pendant 2 min. [16]



Figure. III.15. Blanchiment des tranches de tomate à la vapeur.

b. Blanchiment à l'eau chaude

Nous avons commencé en remplissant un récipient en verre avec de l'eau distillée et en le plaçant sur une plaque chauffante. Une fois que la température a atteint 100°C, nous avons immergé les tranches de tomates dans l'eau bouillante pendant 90 secondes pour les blanchir. [17]



Figure. III.16. Blanchiment des tranches de tomate à l'eau chaude

c. Blanchiment en solution chlorure de sodium :

Nous avons préparé la solution de saumure en pesant avec précision 5 % de chlorure de sodium dans 1L d'eau distillée. Après avoir dissous le chlorure de sodium, nous l'avons porté à ébullition. Ensuite, nous avons immergé les tranches de tomates échantillons dans cette solution pendant 5 min. [16]



Figure. III.17. Blanchiment des tranches de tomate en solution chlorure de sodium.

d. Immersion dans une solution chlorure de sodium :

Notre processus a débuté en préparant la solution. Nous avons mesuré avec précision 0.6% de chlorure de sodium et l'avons dissous dans 1L d'eau distillée. Une fois la solution prête, nous avons immergé les tranches de tomates dans celle-ci pendant 5 min. [18]

e. Immersion dans une solution de chlorure de calcium :

Notre processus a débuté en préparant la solution. Nous avons mesuré avec précision 1,5% de chlorure de calcium puis nous avons immergé les tranches de tomates dans celle-ci pendant 6 min. [15]



Figure. III.18. Immersion des tranches de tomate dans une solution de chlorure de calcium.

f. Immersion dans une solution d'acide ascorbique :

Nous avons préparé la solution en mesurant précisément 4% d'acide ascorbique et en le dissolvant dans 1 L d'eau distillée. Une fois la solution prête, nous avons plongé les tranches de tomates dedans pendant 5 min. [19]



Figure. III.19. Immersion des tranches de tomate dans une solution d'acide ascorbique.

III.2.4. Prétraitement des pommes de terre**a. Blanchiment à la vapeur**

Lorsque la température atteint 98 °C, nous plaçons les échantillons de pommes de terre sur la marmite pour les cuire à la vapeur pendant 2 min.[19]



Figure. III.20. Blanchiment des tranches de pomme de terre à la vapeur.

b. Blanchiment à l'eau chaude :

Une fois que la température a atteint 98°C, nous avons plongé les tranches de pommes de terre échantillons dans l'eau chaude et les avons laissés immergés pendant 4 min pour les blanchir.[19]



Figure. III.21. Blanchiment des tranches de pomme de terre à l'eau chaude.

c. Blanchiment à la vapeur puis immersion dans une solution sucrée

Nous plaçons les échantillons de pommes de terre sur la marmite pour les cuire à la vapeur pendant 3 min. Ensuite, nous les retirons et les plongeons dans une solution sucrée préparée en dissolvant 2% de sucre dans 1L d'eau, les laissant tremper pendant 15 min.[14]

d. Blanchir, plonger dans une solution de glycérine, puis congeler :

Nous avons immergé les tranches de pommes de terre dans de l'eau bouillante pendant 3 min. Après cela, nous l'avons immergée dans une solution de glycérine préparée en pesant 2% de glycérine dans 1 L d'eau distillée. Après la période d'immersion, nous les avons placés au congélateur à -20 °C pendant 24 h.[22]



Figure. III.22. Blanchir, plonger des tranches de pomme de terre dans une solution de glycérine, puis congeler.

e. Blanchiment et congélation :

Nous avons immergé les tranches de pommes de terre dans l'eau chaude pendant 4 min. Après la période d'immersion, nous les avons placés au congélateur à -20°C pendant 24 h.[22]

f. Blanchiment en solution chlorure de sodium :

Nous avons préparé la solution saline en pesant avec précision 0,4 % de NaCl dans 1L d'eau distillée. Après dissolution, la solution a été infusée et les cercles de pommes de terre ont été bouillis pendant 4 min. [16]

g. Immersion dans une solution chlorure de sodium :

D'abord la solution de saumure (0,4% de chlorure de sodium) est préparée puis, les tranches de pommes de terre pendant ont plongées 10 min. [12]

h. Immersion dans une solution citrique :

Nous avons préparer une solution en mesurant avec précision 0,3% d'acide citrique que nous avons dissous dans 1L d'eau distillée. Après avoir complètement dissous l'acide citrique, nous avons plongé les échantillons de pommes de terre dans cette solution pendant 25 min.[20]

i. Traitement par ultrasons ISOLAB (LaborgeräteGmbH) :

Nous réglons l'appareil à ultrasons à une température de 70°C pendant 7 min, puis y immergé les tranches de pomme de terre.[21]



Figure. III.23. Traitement des tranches de pomme de terre par ultrasons ISOLAB.

III.2.5. Prétraitement banane

a. Blanchiment à l'eau chaude

Une fois la température atteinte de 88°C, nous avons plongé les tranches de banane dans l'eau chaude et les avons laissés immerger pendant 2 min jusqu'à ébullition. [24]

b. Immersion dans une solution citrique

Nous avons commencé par préparer une solution contenant 0,5 % d'acide citrique, que nous avons dissous avec précision dans 1 L d'eau distillée. Après avoir complètement dissous l'acide citrique, nous avons immergé les tranches de banane dans cette solution pendant 5 min.[25]



Figure. III.24. Immersion des tranches de pomme de terre dans une solution citrique

c. Traitement par ultrasons ISOLAB (Laborgeräte GmbH) :

Nous réglons l'appareil à ultrasons à une température de 30 °C pendant 20 min, puis y

immergé les tranches de pomme de terre.[23]



Figure. III.25. Traitement des tranches de pomme de terre par ultrasons ISOLAB.

d. Congeler

Nous mettons les tranches de banane dans un congélateur à une température de -10 C° pendant 24 heures. [24]

III.3. Séchage

Après avoir traité les légumes et les fruits, nous les répartissons sur des plateaux et les plaçons dans le séchoir solaire. Dans le cas du séchage solaire direct, la température est réglée à $50\text{-}70\text{ C}^{\circ}$ et dans le cas du séchage solaire indirect, la température est réglée à $40\text{-}50\text{ C}^{\circ}$. Le processus de séchage dure quatre jours.



(a)

(b)

Figure. III.26. Les séchoirs (a) direct et (b) utilisés dans le séchage.

II.4. La teneur d'eau initiale

Trois échantillons ont été prélevés pour mesurer la teneur en eau en termes d'humidité et de siccité. Après lavage et découpe, les échantillons ont été immédiatement pesés (Mh) puis placés dans une étuve (Memmert) pour sécher à 105 C° pendant 24 h[26]. À la fin de la période, les échantillons ont été placés dans un dessiccateur sous vide pendant 5 min pour

permettre un refroidissement modéré, puis le poids des échantillons a été mesuré (M_s) après séchage.



Figure. III.27. Trois échantillons de carotte dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures.

La teneur en eau initial est calculée selon la formule suivante :

$$W_0 (\%) = \frac{M_h - M_s}{M_h} \times 100 \quad (\text{III.1})$$

W_0 (%): Taux d'humidité.

M_h : Masse humide instantanée d'un échantillon (g)

M_s : Masse sèche d'un échantillon (g)



Figure. III.28. Pesée les trois échantillons de carotte séchés après refroidissement dans le dessiccateur.

III.5. Capacité de réhydratation

Les produits séchés sont mesurés, puis nous les immergeons dans 100 ml d'eau distillée à température ambiante pendant 4h. Ensuite, l'eau est drainée et l'excès d'eau est retiré des produits réhydratés à l'aide de serviettes en papier, puis nous les pesons. Le taux de réhydratation est ensuite calculé selon l'équation suivante.[12]

$$R = \frac{R_h - R_s}{R_s} \text{ (III.2)}$$

Où : $R(t)$: Teneur en eau sur une base sèche.

R_s : poids initial des produits secs(g).

R_h : Poids des produits humides au temps t (g).

III.6. Modélisation de la cinétique de séchage

Le problème de la modélisation des courbes de séchage solaire consiste généralement à développer une fonction satisfaisant l'équation suivante : $MR = (t)$.

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} \text{ (III.3)}$$

Avec M_t , M_{eq} et M_0 représentant respectivement les valeurs de la teneur en eau (sur une base sèche) au temps, à l'équilibre (à l'infini) et au temps ($t = 0$). Les taux de séchage ont été déterminés en utilisant l'équation suivante :

$$\frac{dM}{dt} = \frac{M_{t+\Delta t} - M_t}{\Delta t} \text{ (III.4)}$$

Avec $M_{t+\Delta t}$ et M_t sont la teneur en eau à l'instant t et la teneur en eau à l'instant $t + \Delta t$ en kg d'eau / kg de matière sèche, respectivement, t est le temps de séchage en minute.

Etant donné la complexité des phénomènes intervenant lors du séchage d'un produit, plusieurs auteurs ont proposé des modèles mathématiques sous forme de relations empiriques ou semi-empiriques pour décrire les courbes du séchage. Les équations de ces modèles expriment l'évolution de la teneur en eau réduite MR en fonction du temps. Ces formules contiennent des constantes qui sont ajustées pour faire concorder les résultats théoriques avec les courbes expérimentales de séchage.

Par conséquent, elles sont valables seulement dans le domaine d'investigation expérimental pour lequel elles ont été établies. (Le Tableau II.1) regroupe quelques équations empiriques

rapportées dans la littérature pour décrire la cinétique de séchage solaire en couche minces d'un produit.

Le modèle le plus approprié sera à identifier parmi ces dix différents modèles proposés par les auteurs comme indiqué dans le (Tableau II.1) Des analyses de régression ont été effectuées en utilisant le logiciel « Origin Pro 9.0».

Le coefficient (R^2) était l'un des principaux critères pour sélectionner le meilleur modèle pour définir les courbes de séchage [6]. En plus de (R^2) les différents paramètres statistiques tels que le khicarré réduit (χ^2) et la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) ont été utilisés pour déterminer la qualité de l'ajustement. Ces coefficients peuvent être calculés comme suite [28].

Tableau III.1. Modèles mathématiques du séchage solaire.

N°	Modèles	Équations	N°d'equ.	Réf.
1	Newton (Lewis, Exponential, Single exponential) Model	$MR = \exp(-kt)$	(III.5)	[29]
2	Page Model	$MR = \exp(-ktn)$	(III.6)	[30]
3	HerdersonandPabis (Single term, Generalized exponential) Model	$MR = A \exp(-kt)$	(III.7)	[31]
4	Modified Page Template	$MR = \exp(-(kt) n)$	(III.8)	[32]
5	Logarithmic Model	$MR = A \exp(-kt) + c$	(III.9)	[32]
6	Midilli-Kucuk (Midilli, Midilli et al.) Model	$MR = A \exp(-ktn) + bt$	(III.10)	[32]
7	DiffusionApproximation (Diffusion Approach) Model	$MR = A \exp(-kt) + (1 - A) \exp(-kbt)$	(III.11)	[27]
8	Verma et al. (Modified Two-Term Exponential) Model	$MR = A \exp(-k1t) + (1-A) \exp(-k2t)$	(III.12)	[33]
9	Two-Terms Model	$MR = A \exp(-k1t) + b \exp(-k2t)$	(III.13)	[34]
10	Two-TermsExponential Model	$MR = A \exp(-kt) + (1 - A) \exp(-kAt)$	(III.14)	[35]

$$R2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pré,i})^2}{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{exp,i})^2} \quad (\text{III.15})$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pré,i})^2}{N - n} \quad (\text{III.16})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pré,i} - MR_{exp,i})^2} \quad (\text{III.17})$$

Avec :

$$MRe = \frac{\sum_{i=1}^N MR_{exp,i}}{N} \quad (\text{III.18})$$

Où MR_{exp} et $MR_{pré}$ sont, respectivement, la teneur en eau issue de l'expérience et prédite par le modèle, N est le nombre d'observations, n est le nombre de constantes du modèle. L'analyse statistique et de corrélations et les méthodes de régression sont largement utilisées dans la modélisation du comportement au cours du séchage de divers produits agricoles. Les modèles de régression linéaire et non linéaire sont essentiels pour établir une relation entre les variables et sont d'une importance primordiale dans le cas où les auteurs n'ont pas établi de relations empiriques.

III.7. Détermination de la diffusivité effective de l'eau

Le taux de transfert de masse par diffusion pure est proportionnel au gradient de concentration de la teneur en eau, avec le coefficient de diffusion effective. Ainsi, la détermination de ce dernier coefficient est essentielle pour mieux décrire le transfert de masse en utilisant la loi de Fick similaire, dont l'équation est exprimée par [36] :

$$\frac{\partial MR}{\partial t} = \nabla [Deff \nabla MR] \quad (\text{III.19})$$

En supposant que la valeur de $Deff$ est constante, il est possible d'obtenir :

$$\frac{\partial MR}{\partial t} = Deff \nabla^2 MR \quad (\text{III.20})$$

La tranche de produit séché peut être considérée comme une plaque uniforme soumise à un régime graduel non stationnaire avec une distribution initiale uniforme et des concentrations égales à la surface. En supposant que la matrice est une plaque infinie indéformable (rétractable négligeable ou étendue) avec une répartition uniforme de l'humidité initiale, une

résistance externe négligeable et une diffusivité constante, la solution analytique de la deuxième loi de Fick a été développée par [37] :

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp(-(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t / 4L^2) \quad (III.21)$$

L'équation peut être réarrangée et exprimée comme suit :

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \pi^2 D_{eff} t / 4L^2 \quad (III.22)$$

Les valeurs de données expérimentales de séchage sont représentées en termes de $\ln(MR)$ en fonction du temps de réhydratation pour différentes températures. La diffusivité effective est calculée comme suit :

$$\text{Slope}(k) = -\pi^2 D_{eff} / 4L^2 \quad (III.23)$$

Références

- [1] <https://www.educatout.com/activites/themes/halloween-les-citrouilles.htm>.
- [2] https://www.svt-lycee-elorn.ovh/biodiversite_agricole_carotte.php.
- [3] https://www.svt-lycee-elorn.ovh/biodiversite_agricole_tomate.php.
- [4] <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.techno-science.net%2Fglossaire-definition%2FPomme-de-terre>.
- [5] W. Mühlbauer, J. müller, A. atlas, *Drying Kinetics and Quality of Agricultural Products*,).
- [6] H.H. Mohammed, Y.B Tola, A.H. Taye, T.k. Abdisa, Effect of pretreatments and solar tunnel dryer zones on functional properties, proximate composition, and bioactive components of pumpkin (*cucurbita maxima*) pulp powder, *Heliyon*8 (2022) e10747.
- [7] T. S. Workneh, A. Zinash, K. Woldetsadik, Blanching, salting and sun drying of different pumpkin fruit slices; *Journal of Food Science and Technology*, 51 (2014) 3114–3123.
- [8] A. Arévalo-Pinedo, F.e.X. Murr, Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin, *Journal of Food Engineering*, 80 (2007) 152–156.
- [9] Z.P. Mina, T. Kaseke, T. Fadiji, O.A. Fawole, Effect of gum Arabic and ethanol

- pretreatments on drying kinetics and quality attributes of dried carrot slices, *Heliyon* 8 (2022) e12037.
- [10] U. Garba, S. Kaur, S. Gurumayum, P. Rasane, Effect of hot water blanching time and drying temperature on the thin layer drying kinetics of and anthocyanin degradation in black carrot (*Daucus carota* L.) Shreds, *Food Technology and Biotechnology*, 53 (2015) 324–330.
- [11] B. Hiranvarachat, S. Devahastin, N. Chiewchan, Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying; *Food and Bioproducts Processing* 89 (2011)116–127.
- [12] E. Amami, A. Fersi, E. Vorobiev, N. Kechaou, Osmotic dehydration of carrot tissue enhanced by pulsed electric field, salt and centrifugal force; *Journal of Food Engineering*, 83 (2007) 605–613.
- [13] J. Akter, J. Hassan, M. M.Rahman , MdSanaullahBiswas , HaiderIqbal Khan , Md.R.Rajib , Md. R. Ahmed, Md N-E-A. Khan, Md. Faisal A. Hasan, Colour, nutritional composition and antioxidant properties of dehydrated carrot (*Daucuscarota* var. sativus) using solar drying techniques and pretreatments, *Heliyon*10 (2024) e24165.
- [14] S.FUJII, N. YOSHIMOTO, T. AKTAS, S. YAMAMOTO, Drying of Sliced Vegetables Pretreated With Sugar Solutions ;*Journal of Agricultural Machinery Scien*, 7 (4),(2011) 347-3
- [15] M.G. Davoodia, S.G. Kulkarnib, K.V.R. Ramana, Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder, *LWT-food science and technology*,40 (2007)1832–1840.
- [16] G. latapi , D.M. Barrett, influence of pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part I: use of steam blanching, boiling brine blanching, and dips in salt or sodium metabisulfite; *journal of food science*71,1 (2006) s24-s3117:26
- [17] A.O. Abioye, J.B. Hussein, M.O. Oke, I.F. Bolarinwa, Modelling some quality attributes of a convective Hot-Air dried tomato slices using ANN and ANFIS techniques; *measurement: food*, 13 (2024) 100140.
- [18] G. Latapi and D.M. Barrett, Influence of pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part I: use of steam blanching, boiling brine blanching, and dips in salt or sodium metabisulfite, *Journal of Food Science*, 71(2006) s24–s31.
- [19] S. Mukherjee, P.K. Chattopadhyay, Whirling bed blanching of potato cubes and its effects on product quality, *Journal of Food Engineering*, 78 (2007) 52–60.

-
- [20] M.K. Al-Khuseibi, S.S. Sablani, C.O. Perera, Comparison of water blanching and high hydrostatic pressure effects on drying kinetics and quality of potato, *Drying Technology, An International Journal*, 23 (2005) 2449–2461.
- [21] M.T. Rashid, H. Ma, M.A. Jatoi, M.M. Hashim, A.W.B. Safda, Influence of ultrasonic pretreatment with hot air drying on nutritional quality and structural related changes in dried sweet potatoes, *International Journal of Food Engineering*, 15 (2019) 20180409.
- [22] P. Pimpaporn, S. Devahastin, N. Chiewchan, Effects of combined pretreatments on drying kinetics and quality of potato chips undergoing low-pressure superheated steam drying, *Journal of Food Engineering* 81 (2007) 318–329.
- [23] P. M. Azoubel, M.A.M. Baima, M.R. Amorim, S.S.B. Oliveira, Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics, *Journal of Food Engineering*, 97(2010)194–198.
- [24] R. Dandamrongrak, G. Young, R. Mason, Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models; *Journal of Food Engineering* 55 (2002) 139–146.
- [25] G.G. Abd El-Wahhab, H.A. A. Sayed, M.A. Abdelhamid, A. Zaghlool, A. Nasr, A. Nagib, M. Bourouah, A.M. Abd-elgawad, Y.M. Rashad, M. Hafez, I.M. Taha, Effect of pre-treatments on the qualities of banana dried by two different drying methods; *Sustainability*, 15 (2023)15112.
- [26] BOUCHELACHEM , H. BERNOUS, Effet des différents procédés de séchage solaire sur le rendement et la qualité des huiles essentielles de certaine plantes aromatiques de la région de Ghardaïa , université Ghardaia, (2022).
- [27] A. Balbay and Ö. Şahin, Microwave drying kinetics of a thin-layer liquorice root, *Drying Technology*, 30 (2012) 859–864,
- [28] S. Naderinezhad, N. Etesami, A. Poormalek Najafabady, M.G. Falavarjani, "Mathematical modeling of drying of potato slices in a forced convective dryer based on important parameters, *Food Science and Nutrition*, 4 (2016) 110–118,
- [29] W.K. Lewis, The rate of drying of solid materials, *Industrial and Engineering Chemistry*, 13

- (1921)427–432.
- [30] G. Xanthopoulos, G. Lambrinos, H. Manolopoulou, Evaluation of thin-layer models for mushroom (*Agaricus bisporus*) drying, *Drying Technology*, 25 (2007)1471–1481.
- [31] Q. Zhang J. Litchfield, An optimization of intermittent corn drying in a laboratory scale thin layer dryer, *Drying Technology*, 9 (1991).383–395.
- [32] A. Midilli, H. Kucuk, Z. Yapar, A new model for single-layer drying, *Drying Technology*, 20(1503–1513) 2002.
- [33] C.A. Ruiz, C. Francisco, L.R. Fernando, R. Aida, Thin layer drying behaviour of industrial tomato bye-products in a convective dryer at low temperatures, *Research Journal of Biotechnology*, 8 (2013) 50–60.
- [34] E. K. Akpınar, C. Sarsılmaz, C. Yildiz, Mathematical modelling of a thin layer drying of apricots in a solar energized rotary dryer, *International Journal of Energy Research*, 28 (2004)739–752.
- [35] O. Corzo, N. Bracho, C. Alvarez, Determination of suitable thin layer model for air drying of mango slices (*Mangifera indica* L.) at different air temperatures and velocities, *Journal of Food Process Engineering*, 34 (332–350) 2011
- [36] M. Vasić, Z. Radojević, R. Rekecki, Mathematical Modeling of Isothermal Drying and Its Potential Application in the Design of the Industrial Drying Regimes of Clay Products, *Operations Research: The Art of Making Good Decisions*, (2016) 71–86,
- [37] J. Crank, *The mathematics of diffusion*: Oxford University Press, (1979).

Chapitre IV

Résultats et discussion

Ce chapitre vise à présenter les résultats de l'effet du traitement sur les légumes et les fruits après les avoir séchés à l'aide du séchoir solaire direct et indirect, et à analyser les différences de ces résultats en termes de couleur, de teneur en eau et de rétrécissement. Une comparaison est également faite avec les échantillons non traités afin d'obtenir un produit de haute qualité.

IV. L'effet du prétraitement sur la qualité des légumes séchés

IV.1. L'effet du Prétraitement sur la qualité des Citrouille

IV.1.1. Résultat de séchoir direct

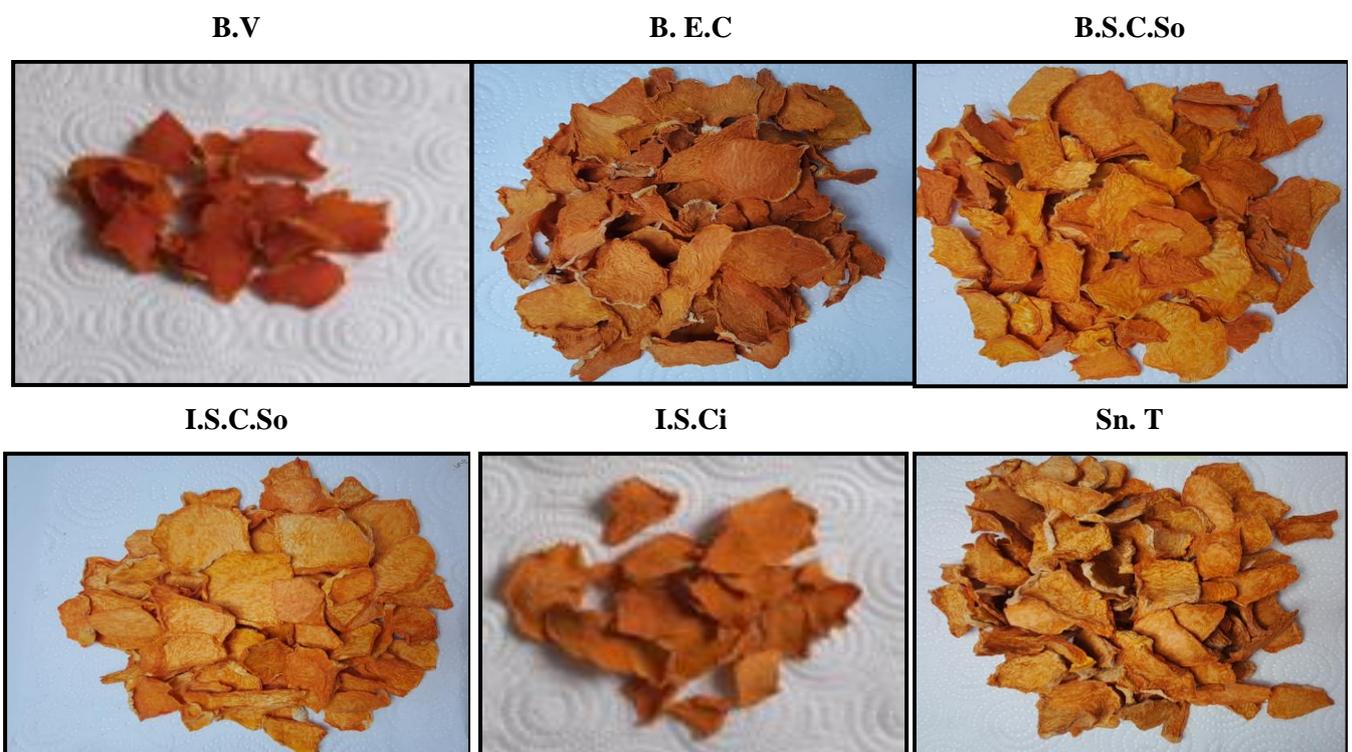


Figure. IV.1 : Le résultat du séchage direct des citrouilles.

IV.1.2. Résultat de séchoir indirect :



Figure. IV.2 : Le résultat du séchage indirect des citrouilles.

L'analyse des images de citrouille séchée utilisant un séchoir solaire direct et indirect révèle des différences claires en termes de couleur orange, de forme, de rétrécissement et de goût.

1. Couleur :

- **Séchoir solaire direct :** Les prétraitements à la vapeur (**B. V**), à l'eau chaude(**B.V**), et l'immersion dans une solution de chlorure de sodium (**B.S.C.So**) ont produit d'excellents résultats par rapport aux traitements antérieurs. Les citrouilles ont conservé leur couleur orange naturelle sans aucun brunissement notable, ce qui témoigne de l'efficacité de ces traitements pour préserver la couleur.
- **Séchoir solaire indirect :** Les prétraitements à la vapeur (**B.V**) et à l'eau chaude se (**B.E.C**) sont avérés les plus efficaces par rapport aux précédents, car les citrouilles ont conservé leur couleur orange de manière satisfaisante sans changements significatifs.

2. Forme et rétrécissement :

- **Séchoir solaire direct** : Les tranches soumises aux prétraitements à la vapeur(**B.V**), à l'eau chaude(**B.V**), et l'immersion dans une solution de chlorure de sodium (**B.S.C.So**) ont conservé leur forme ronde de manière optimale, avec une réduction significative du rétrécissement par rapport aux prétraitements précédents.
- **Séchoir solaire indirect** : Les tranches soumises aux prétraitements à la vapeur (**B.V**) et à l'eau chaude se (**B.E.C**) ont présenté les meilleurs résultats en termes de préservation de la forme ronde et de réduction du rétrécissement, ce qui indique un processus de séchage équilibré avec un impact minimal sur la structure de la citrouille.

3. Goût :

- **Séchoir solaire direct** : Les tranches ayant subi les prétraitements à la vapeur(**B.V**), à l'eau chaude(**B.V**), et l'immersion dans une solution de chlorure de sodium (**B.S.C.So**) ont présenté un goût équilibré et naturel, sans aucune saveur brûlée ou amère, ce qui reflète l'efficacité de ces traitements pour préserver le goût naturel.
- **Séchoir solaire indirect** : Le goût des tranches ayant subi les prétraitements à la vapeur (**B.V**) et à l'eau chaude se (**B.E.C**) était excellent, conservant la saveur naturelle et la douceur, ce qui indique que ces traitements sont efficaces pour préserver la qualité nutritionnelle.

IV.1.3. La teneur d'eau initiale

IV.1.3.1. Calcul du contenu humide et sec de la citrouille

$$WO(\%) = (Mh - Ms) / Mh \times 100 \text{ (IV.1)}$$

$$W = (39.014 - 2.665) / 39.014 = 0.931$$

$$X(\%) = (Mh - Ms) / Ms \times 100 \text{ (IV.2)}$$

$$X = (39.014 - 2.66) / 2.665 = 13.634$$

Tableau. IV.1 : Résultats du Contenu en humidité et en matière sèche du citrouille non Traité :

Citrouille	Masse coupelle (g)	Avant 105°C	Poids de produit frais	Après 105°C	Poids de produit après séchage	W (gH ₂ O/g w b)	X (gH ₂ O /g d b)
1	1.578	40.5923	39.0143	4.2439	2.6659	0.931	13.634
2	1.578	38.2773	36.6993	4.0682	2.4902	0.932	13.737
3	1.578	41.4914	39.9134	4.3216	2.7436	0.931	13.547
						0.931	13.640

Tableau. IV.2 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des citrouilles traitées et non traitées :

Citrouille	B.V	B.E.C	B.S.C.So	I.S.C.So	I. S .Ci	Sn.T
W0	0.9414	0.945	0.952	0.953	0.963	0.931
X0	13.618	13.763	13.695	14.021	14.323	13.640

IV.1.4. Cinétique de séchage des citrouilles

Après avoir traité la citrouille et l'avoir placé dans un séchoir solaire direct, son contenu en eau est surveillé au fil du temps jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.

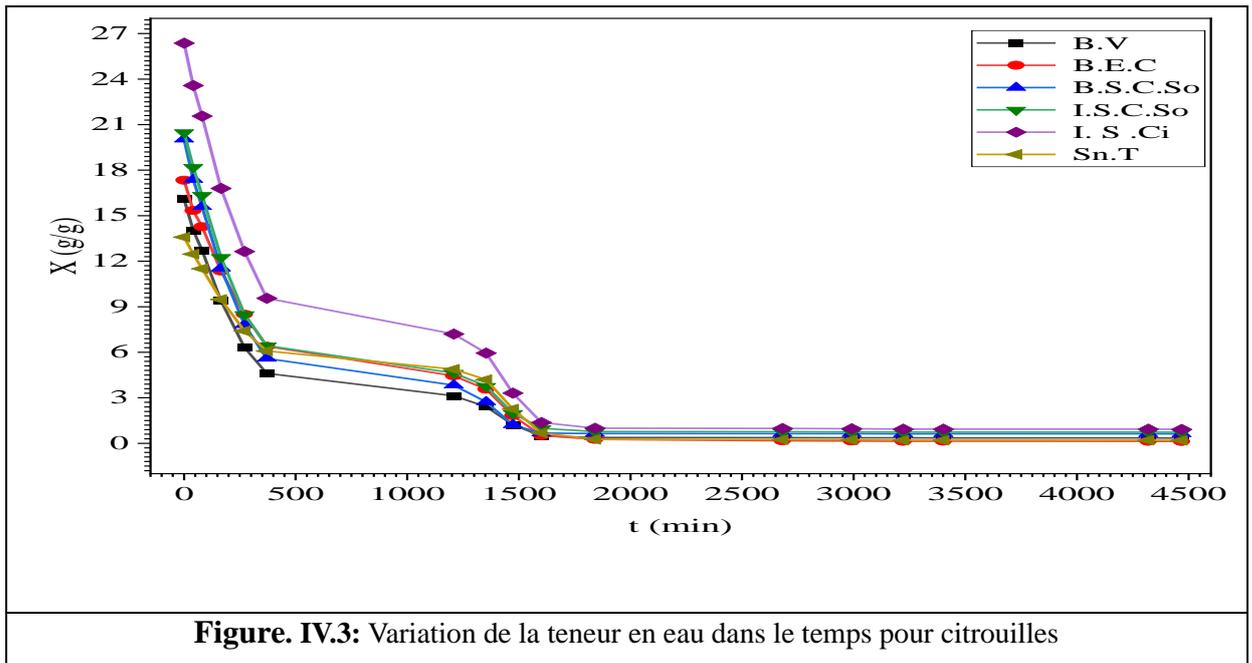
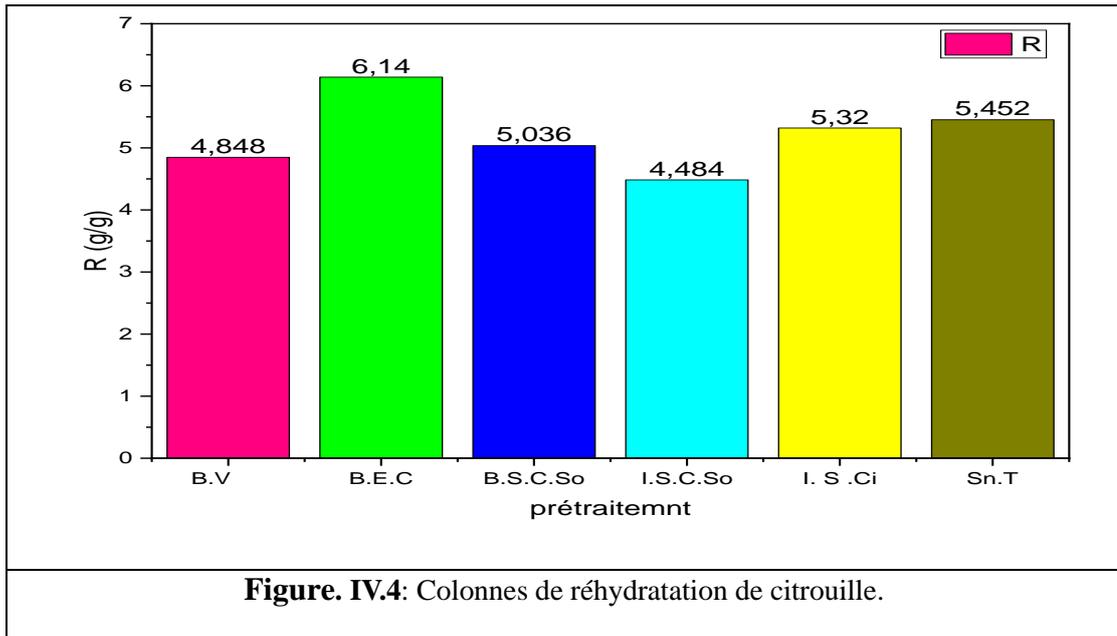


Figure. IV.3: Variation de la teneur en eau dans le temps pour citrouilles

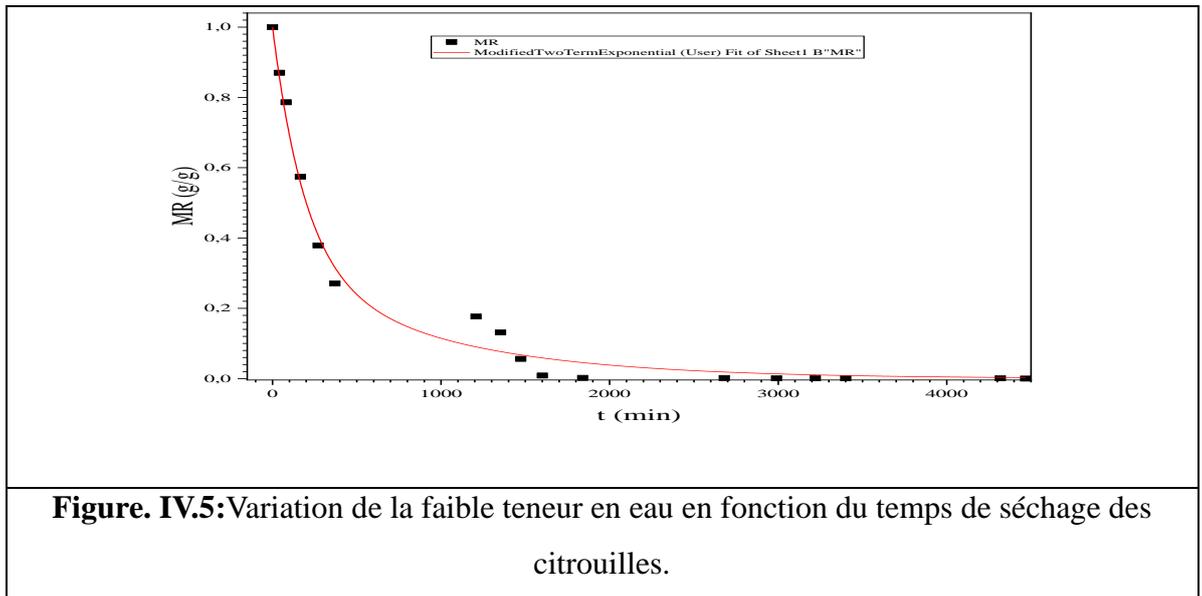
En surveillant la courbe du contenu en eau, nous pouvons distinguer les différentes périodes de séchage. Les résultats ont montré que prétraitements pour les citrouilles (B.V) a entraîné une perte rapide d'eau, c'est-à-dire une diminution du poids par rapport aux autres prétraitements. Il est également à noter que l'immersion des citrouilles dans une solution d'acide citrique a entraîné une perte d'eau lente, par rapport aux autres traitements.

IV.1.5. Réhydratation citrouille



Les colonnes de réhydratation des citrouilles séchées illustrent les différents prétraitements. Il est notable que le prétraitement ayant la valeur la plus élevée, soit **6,14 (B.E.C)**, est le plus absorbant parmi les options testées, se distinguant ainsi comme le meilleur en termes de type et de qualité.

IV.1.6. Modélisation de la cinétique de citrouille



Des résultats statistiques ont été obtenus à partir des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement de légume citrouille : blanchiment à vapeur

Tableau. IV.3: Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment à vapeur des légumes citrouille :

N°	Les Modèles	Les paramètres du model						La régression du model	
		K	A	B	K1	K2	N	R ²	X ²
1	Newton	0,00327	/	/	/	/	/	0,97719	0,00272
2	Page	0,0102	/	/	/	/	0,78415	0,98239	0,00224
3	Approximation Diffusion	0,00352	0,97491	-9,33124				0,9816	0,00251
4	Henderson Pabis	0,00324	0,99423					0,97722	0,0029
5	Logarithmic	0,00352	0,97493	0,02892				0,9816	0,00251
6	Midilli-Kucuk	0,01213	1,03033	9,236E-7			0,7616	0,9831	0,00248
7	Modified Page	0,00288					0,77796	0,9824	0,00224
8	Modified-Two TermExponential		0,6808		0,00517	0,00106		0,98901	0,0015
9	TwoTerms		0,01528	0,98472	47,2642	0,00318		0,97727	0,00333
10	TwoTerms Exponential	0,00654	0,33218					0,9826	0,00221

IV.2. L'effet du Prétraitement sur la qualité des Carotte

IV.2.1. Résultat de séchoir direct

B.V



B. E.C



B.V.I.S.Sc



B.S.Ci



I.S.Ci



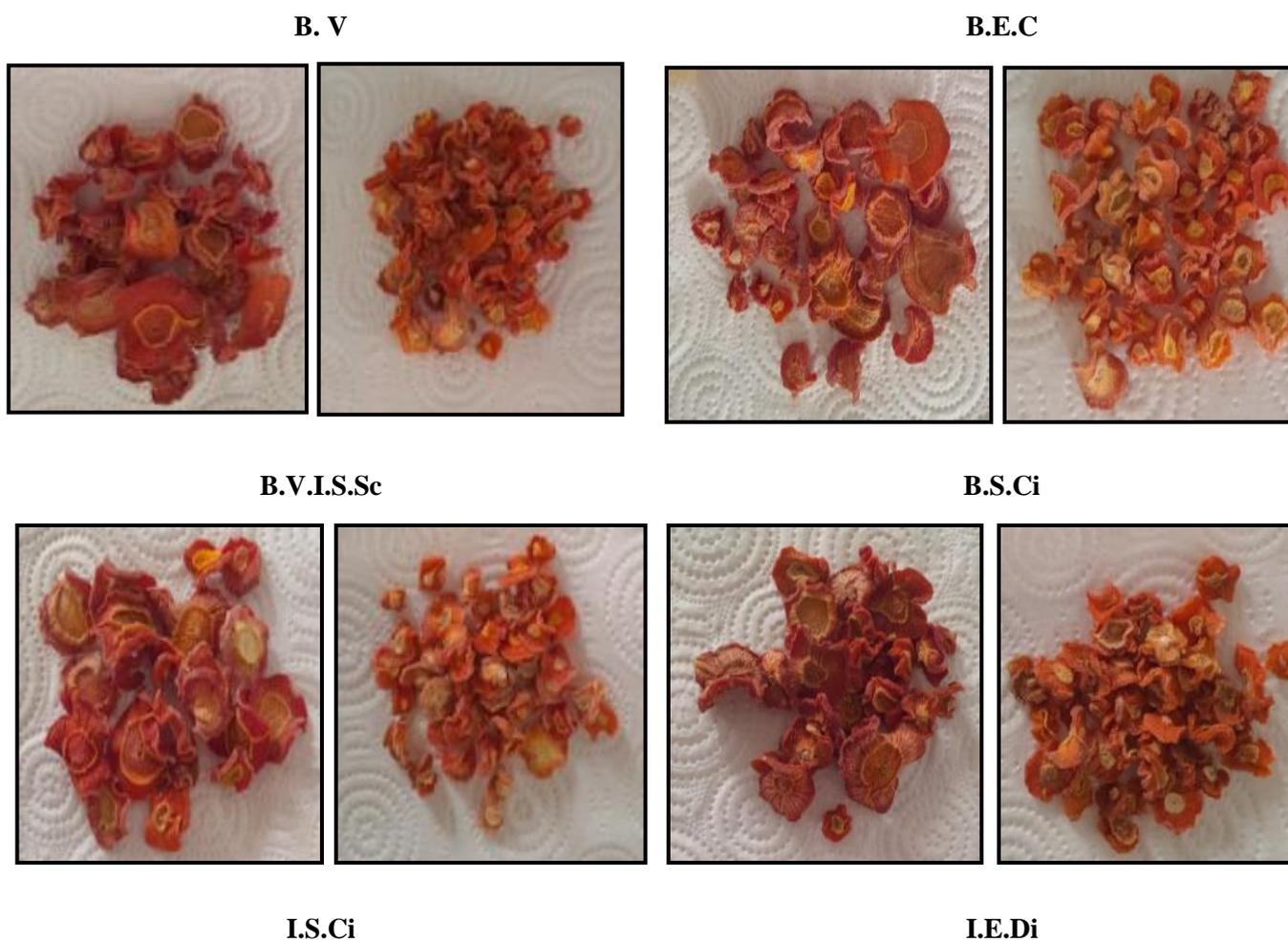
I.E.Di





Figure. IV6 : Le résultat du séchage direct des carottes.

IV.2.2. Résultat de séchoir indirect



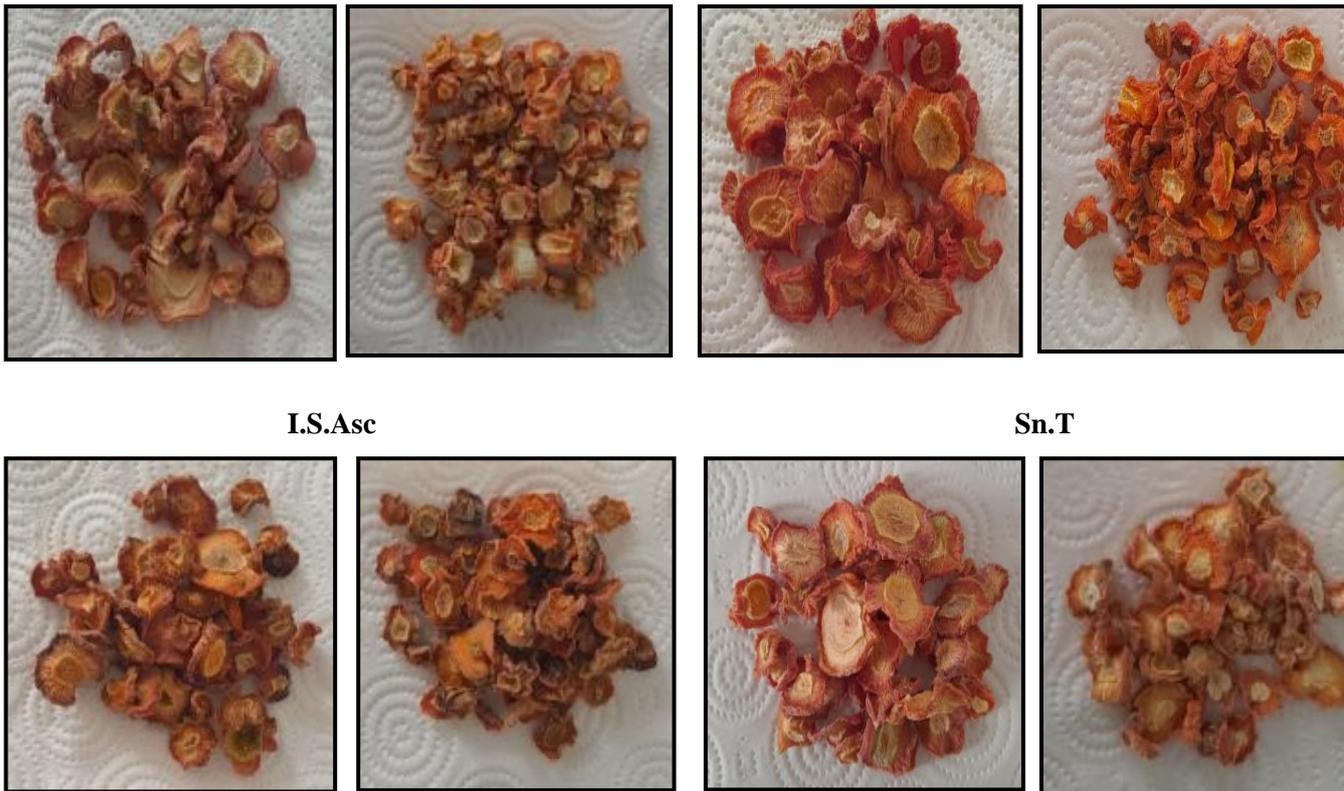


Figure. IV7 : Le résultat du séchage indirect des carottes.

L'analyse des images des carottes séchées après les prétraitements révèle des différences notables en termes de couleur orange, de forme, de rétrécissement et de goût dans les séchoirs solaires directs et indirects :

1. Couleur :

- **Séchoir solaire direct :** Les prétraitements par blanchiment à l'eau chaude (**B.E.C**) et immersion dans une solution d'acide citrique (**I.S.Ci**) ont donné les meilleurs résultats par rapport aux prétraitements précédents. Les carottes ont conservé leur couleur orange vif sans brunissement notable, ce qui indique l'efficacité de ces méthodes pour préserver la couleur.
- **Séchoir solaire indirect :** Les prétraitements par blanchiment à la vapeur (**B.E.C**) et blanchiment à la vapeur (**B.V**) suivi d'une immersion dans une solution de sucre (**B.V.I.S.Sc**) ont montré les meilleurs résultats, en maintenant la couleur orange des carottes sans changements significatifs.

2. Forme et rétrécissement :

- **Séchoir solaire direct** : Les tranches prétraitées par blanchiment à l'eau chaude (**B.E.C**) et immersion dans une solution d'acide citrique (**I.S.Ci**) ont bien conservé leur forme, avec une réduction significative du rétrécissement par rapport aux prétraitements précédents. Les tranches étaient plus régulières et moins déformées.
- **Séchoir solaire indirect** : Les tranches prétraitées par à la vapeur (**B.E.C**) et blanchiment à la vapeur (**B.V**) suivi d'une immersion dans une solution de sucre ont montré les meilleurs résultats en termes de maintien de la forme et de réduction du rétrécissement, indiquant un séchage équilibré avec un impact minimal sur la structure des carottes.

3. Goût :

- **Séchoir solaire direct** : Le goût des tranches prétraitées blanchiment à l'eau chaude (**B.E.C**) et immersion dans une solution d'acide citrique (**I.S.Ci**) était naturel et équilibré, sans saveurs indésirables comme l'amertume ou le brûlé.
- **Séchoir solaire indirect** : Le goût des tranches prétraitées par blanchiment à la vapeur (**B.E.C**) et blanchiment à la vapeur (**B.V**) suivi d'une immersion dans une solution de sucre était excellent, conservant la saveur naturelle et la douceur, ce qui indique que ces traitements sont efficaces pour préserver la qualité nutritionnelle.

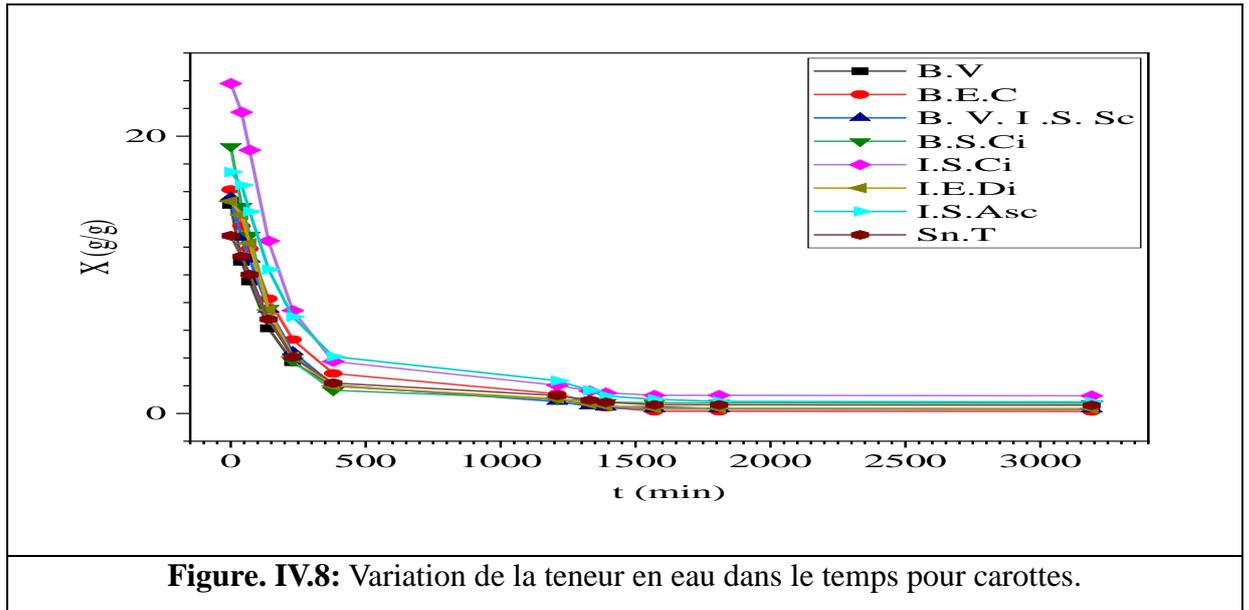
IV.2.3. La teneur d'eau initiale :

Tableau. IV.4 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des citrouilles traitées et non traitées :

Carottes	B.V	B.E.C	B.V.I.S.Sc	B.S.Ci	I.S.Ci	I.E.Di	I.S.Asc	Sn.T
W0	0.937	0.941	0.939	0.950	0.959	0.938	0.945	0.927
X0	12.607	12.752	12.684	12.959	12.852	12.751	12.991	12.581

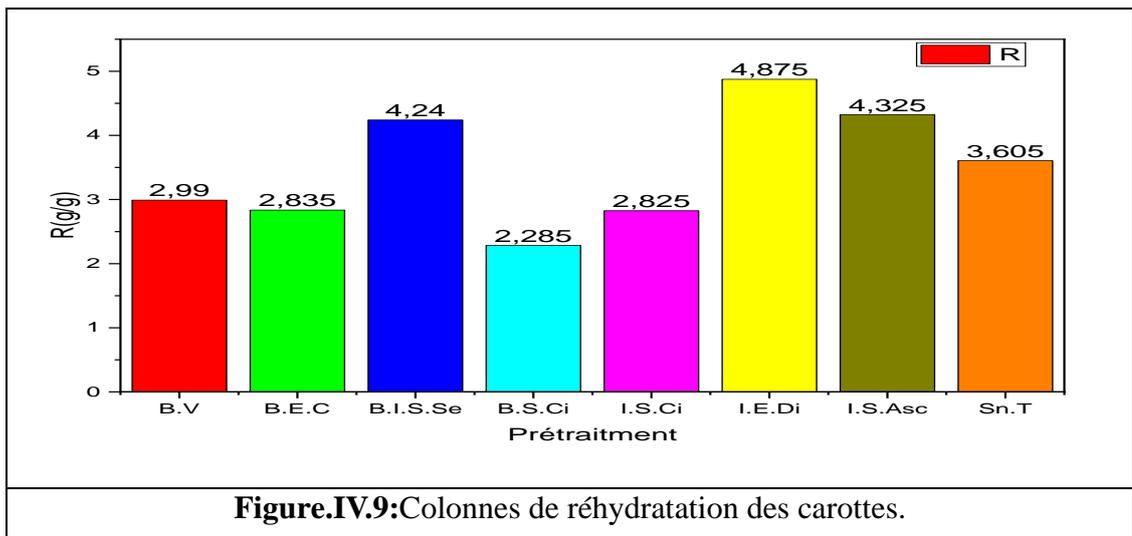
IV.2.4. Cinétique de séchage des carottes

Après avoir traité la carotte et l'avoir placé dans un séchoir solaire direct, son contenu en eau est surveillé au fil du temps jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.



En surveillant la courbe du contenu en eau, nous pouvons distinguer les différentes périodes de séchage. Les résultats ont montré que trois traitements pour les carottes (**B.S.Ci**, **I.E.DietSn.T**) ont entraîné une perte rapide d'eau, c'est-à-dire une diminution du poids par rapport aux autres traitements. Il est également à noter que l'immersion des carottes dans une solution d'acide citrique et d'acide ascorbique a entraîné une perte d'eau lente, qui était presque égale entre les deux, comparée aux autres traitements.

IV.2.5. Réhydratation de carotte



Les colonnes de réhydratation des carottes séchées illustrent les différents prétraitements. On observe que le prétraitement ayant la valeur la plus élevée, **4,875 (I.E.Di)**, présente une absorption supérieure par rapport aux autres prétraitements.

IV.2.6. Modélisation de la cinétique de carotte

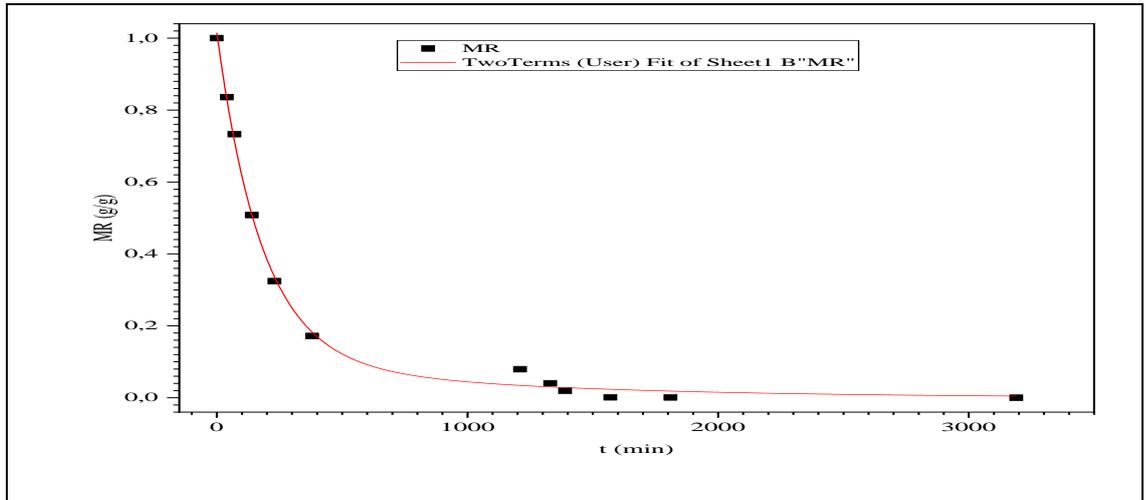


Figure. IV.10: Variation de la faible teneur en eau en fonction du temps de séchage des carottes.

Tableau. IV.5 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment des légumes carotte :

N°	Les Modèles	Les paramètres du modèle					La régression du modèle	
		K	A	b	K1	K2	R ²	X ²
1	Newton	0,00471					0,99456	7,35929E-4
2	Page	0,00448					0,99456	8,09847E-4
3	Approximation Diffusion	0,00499	0,98736	25,53665			0,99652	5,75296E-4
4	Henderson Pabis	0,00476	1,00551				0,99459	8,0475E-4
5	Logarithmic	0,00499	0,98736	0,02196			0,99652	5,75296E-4
6	Midilli-Kucuk	0,00454	1,00475	8,13992E-6			0,99551	8,35245E-4
7	Modified Page	0,00472					0,99456	8,09331E-4
8	Modified-Two TermExponential		0,9061		0,00538	8,9625E-4	0,99712	4,76553E-4
9	TwoTerms		0,90495	0,11001	0,00562	9,87403E-4	0,99733	4,95796E-4
10	TwoTerms Exponential	0,00649	0,5116				0,99502	7,41274E-4

IV .3. L'effet du Prétraitement sur la qualité Tomate

IV.3.1. Résultat de séchoir direct

B.V



B. E.C



B .S.C.So



I.S.C.So



I.S.C.Ca



I.S.Asc



Sn.T



Figure. IV11: Le résultat du séchage direct des tomates.

IV.3.2. Résultat de séchoir indirect

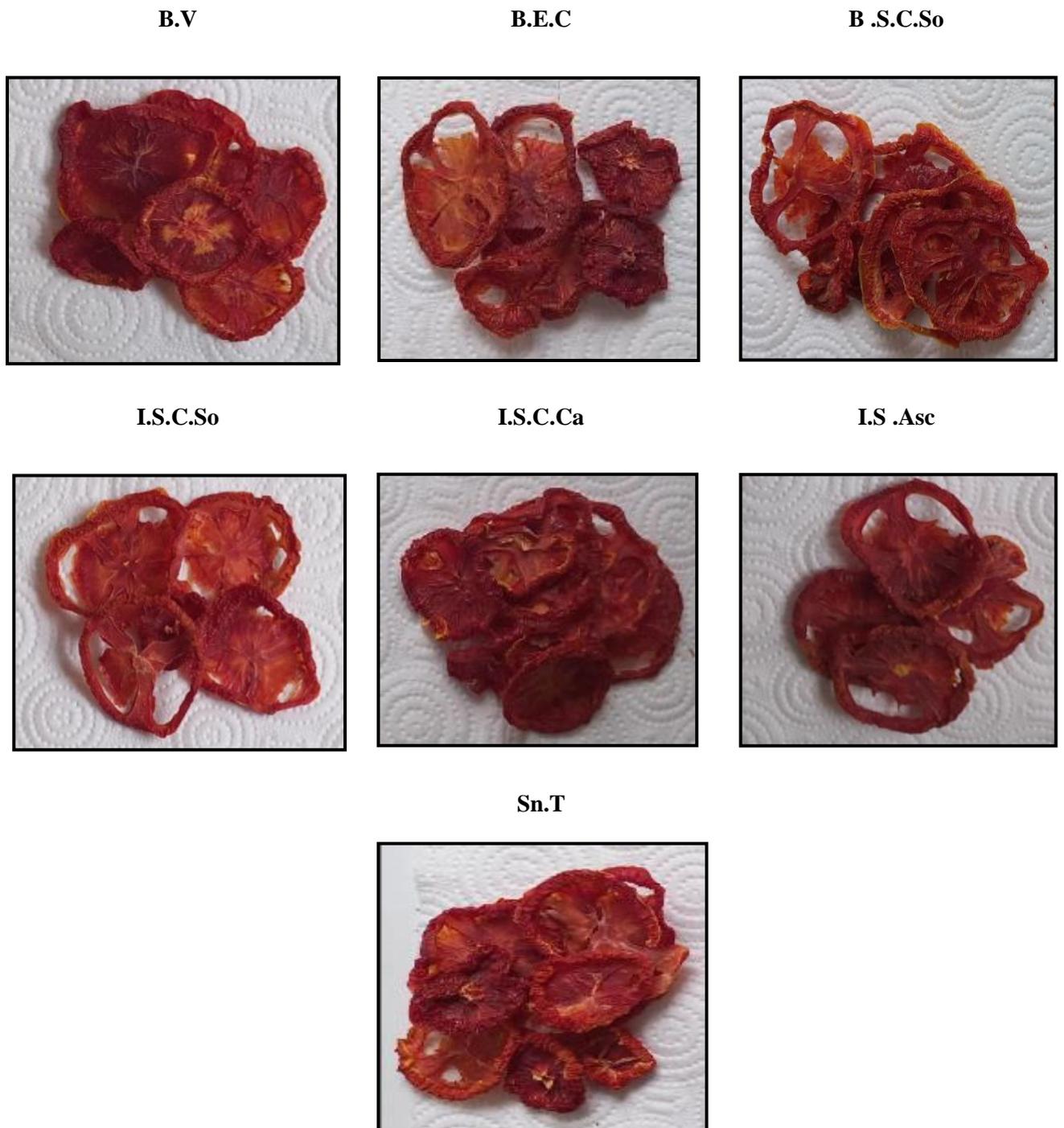


Figure. IV12 : Le résultat du séchage indirect des tomates.

L'analyse des images de citrouilles séchées utilisant des séchoirs solaires directs et indirects révèle des différences notables en termes de couleur orange, de forme, de rétrécissement et de goût.

1. Couleur :

- **Séchoir solaire direct** : Les prétraitements à la vapeur(**B.V**), à l'eau chaude(**B.E.C**) et l'immersion dans une solution de chlorure de sodium (**I.S.C.So**)ont produit d'excellents résultats par rapport aux traitements antérieurs. Les citrouilles ont conservé leur couleur orange naturelle sans brunissement notable, témoignant de l'efficacité de ces traitements pour préserver la couleur.
- **Séchoir solaire indirect** : Les prétraitements à la vapeur (**B.V**), à l'eau chaude (**B.E.C**) se sont révélés les plus efficaces par rapport aux précédents, car les citrouilles ont maintenu leur couleur orange de manière satisfaisante sans changements significatifs

2. Forme et rétrécissement

- **Séchoir solaire direct** : Les tranches prétraitées à la vapeur(**B.V**), à l'eau chaude(**B.E.C**) et l'immersion dans une solution de chlorure de sodium (**I.S.C.So**) ont mieux conservé leur forme ronde, avec une réduction significative du rétrécissement par rapport aux prétraitements précédents.
- **Séchoir solaire indirect** : Les tranches prétraitées à la vapeur (**B.V**), à l'eau chaude (**B.E.C**) ont montré les meilleurs résultats en termes de préservation de la forme ronde et de réduction du rétrécissement, indiquant un séchage équilibré avec un impact minimal sur la structure de la citrouille.

3. Goût :

- **Séchoir solaire direct** :Les tranches ayant subi les prétraitements à la vapeur(**B.V**), à l'eau chaude(**B.E.C**) et l'immersion dans une solution de chlorure de sodium (**I.S.C.So**) ont présenté un goût équilibré et naturel, sans saveurs brûlées ou amères, reflétant l'efficacité de ces traitements pour préserver le goût naturel.
- **Séchoir solaire indirect**:Le goût des tranches prétraitées à la vapeur(**B.V**), à l'eau chaude(**B.E.C**) était excellent, conservant la saveur naturelle et la douceur, ce qui indique que ces traitements sont efficaces pour préserver la qualité nutritionnelle.

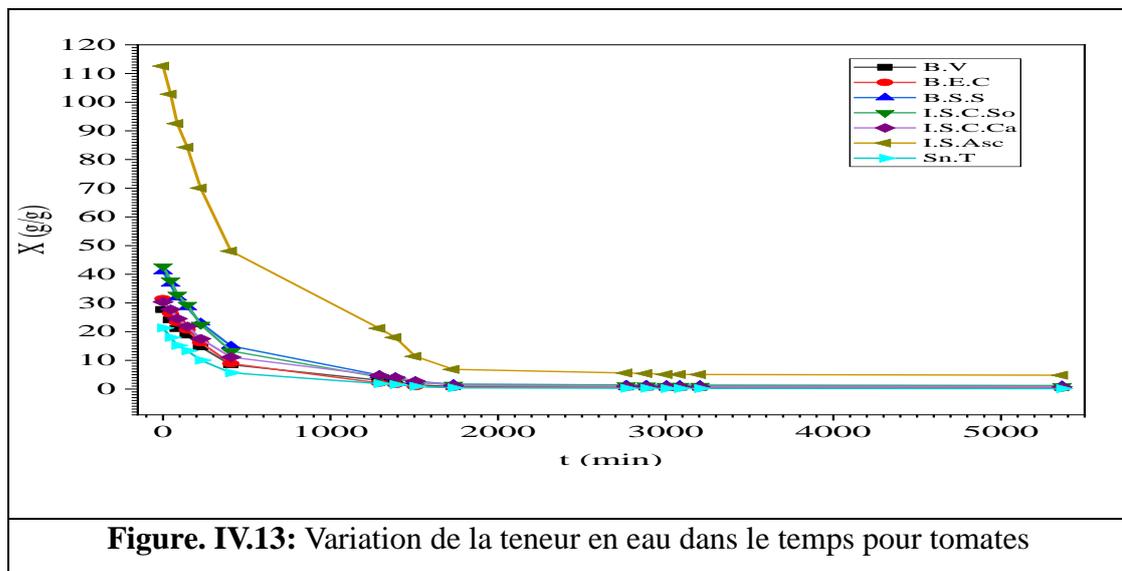
IV.3.3. La teneur d'eau initiale

Tableau. IV.6 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des tomates traitées et non traitées :

Tomates	B.V	B.E.C	B.S.C.So	I.S.C.So	I.S.C.Ca	I.S.Asc	Sn.T
W0	0.965	0.969	0.976	0.977	0.968	0.991	0.955
X0	21.346	21.491	21.698	21.729	21.732	21.732	21.320

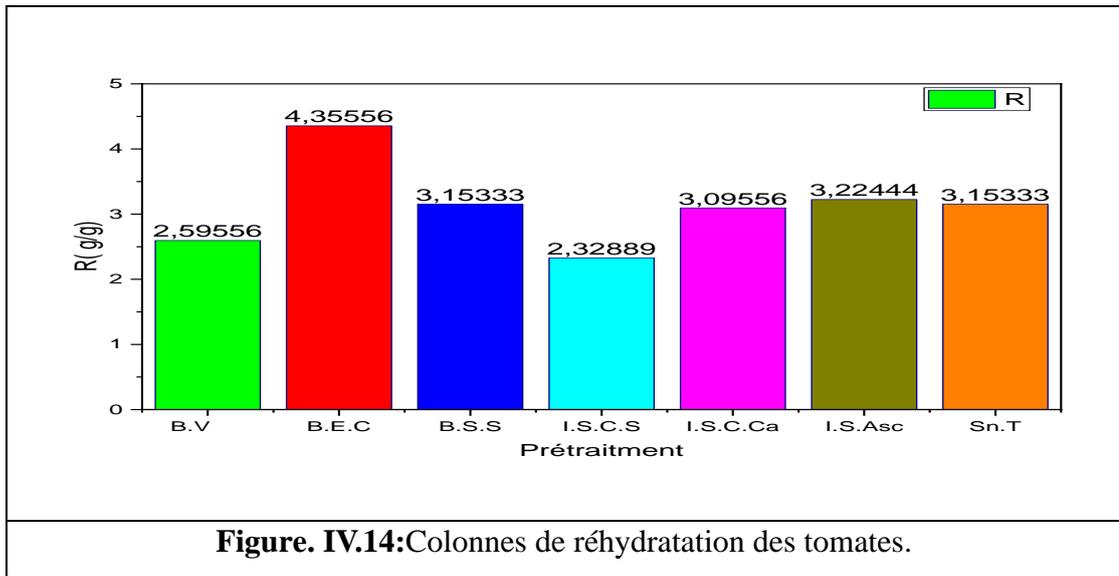
IV.3.4. Cinétique de séchage des tomates

Après avoir traité la tomate et l'avoir placé dans un séchoir solaire direct, son contenu en eau est surveillé au fil du temps jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.



En observant la courbe du contenu en eau, nous pouvons distinguer les différentes périodes de séchage. Les résultats montrent que les tomates non traitées ont perdu de l'eau rapidement (diminution du poids) par rapport aux rondelles de tomates traitées. Quant aux tomates traitées, à la fois le blanchiment et le blanchiment à la vapeur ont conduit à un séchage relativement rapide. Il est également à noter que l'immersion des échantillons dans une solution d'acide ascorbique a entraîné une perte d'eau très lente par rapport aux autres traitements.

IV.3.5. Réhydratation de tomate



Les colonnes de réhydratation des tomates séchées illustrent les différents prétraitements. Nous remarquons que le traitement ayant la valeur la plus élevée, soit 4,35556 (**B.E.C**), est le plus absorbant parmi les prétraitements les plus efficaces.

IV.3.6. Modélisation de la cinétique de tomate

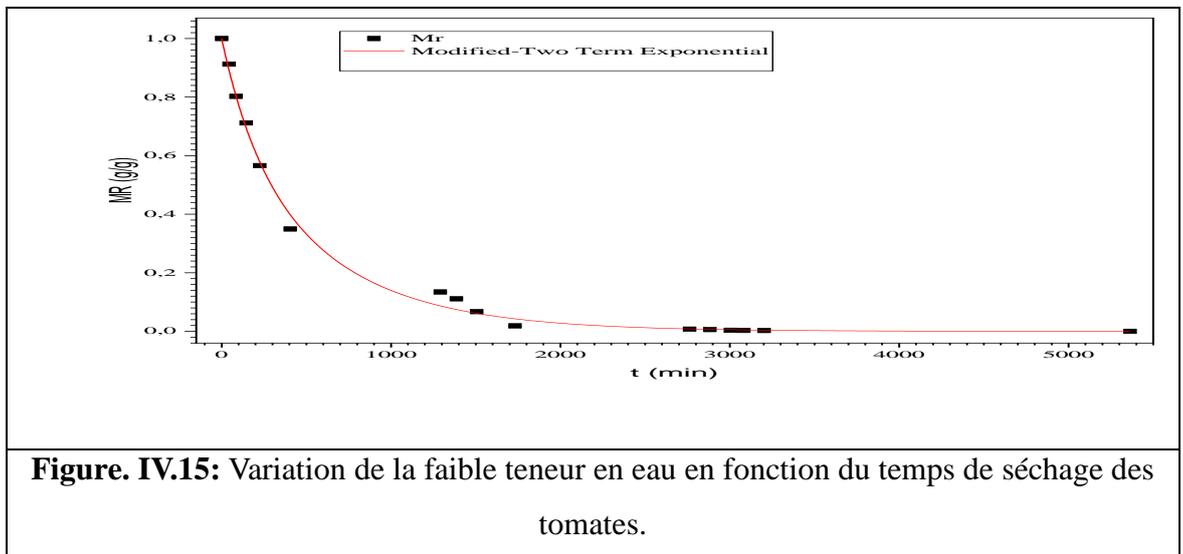
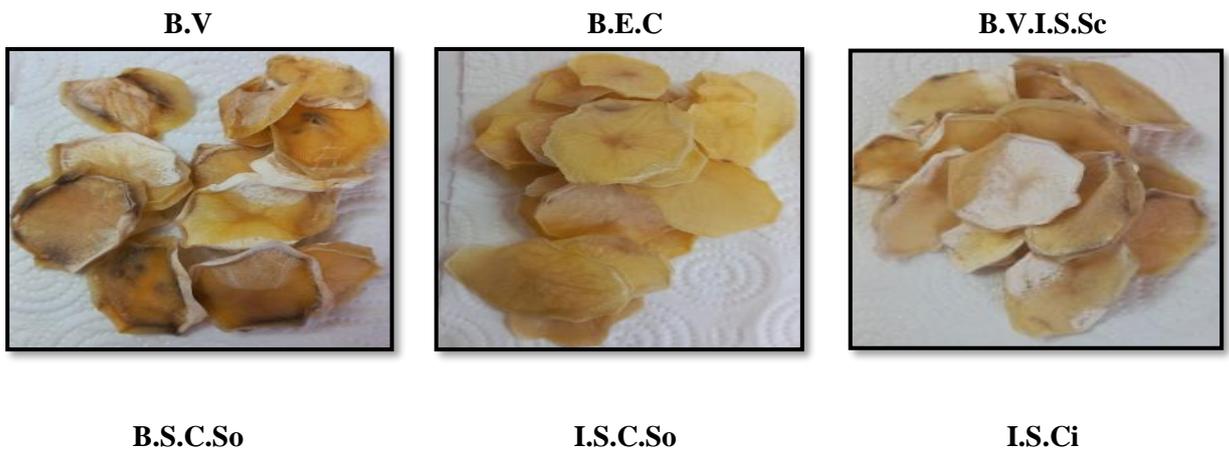


Tableau. IV.7 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par Immersion dans une solution de chlorure de calcium des légumes tomates :

N°	Les modèles	Les paramètres du modèle						La régression des modèles	
		K	A	b	K1	K2	N	R ²	X ²
1	Newton	0,00232				/		0,99208	0,0011
2	Page	0,00498						0,99526	7,04671E-4
3	Approximation Diffusion	0,00243	0,97431	22,83121				0,99376	9,99459E-4
4	Henderson Pabis	0,00224	0,98361					0,99232	0,00114
5	Logarithmic	0,00243	0,97436	0,02021				0,99376	9,99462E-4
6	Midilli-Kucuk	0,00599	1,02189	1,87845 E-7				0,9956	7,63789E-4
7	Modified Page	0,00218						0,99527	7,04204E-4
8	Modified-Two Term Exponential		0,56528		0,00384	0,00121		0,99698	4,83609E-4
9	Two Terms		0,0341	0,9659	36,56597	0,00215		0,99259	0,00129
10	Two Terms Exponential	0,00502	0,31865				0,00502	0,99635	5,43097E-4

IV.4. L'effet du Prétraitement sur la qualité Pomme de terre

IV.4.1. Résultat de séchoir direct





T. ultrasons



Sn.T



B.E.C.I.S.G.C



B.E.C.C



Figure. IV16: Le résultat du séchage direct des pommes de terre.

IV.4.2. Résultat de séchoir indirect

B.V



B.S.C.So

B.E.C



I.S.C.So

B.V.I.S.Sc



I.S.Ci

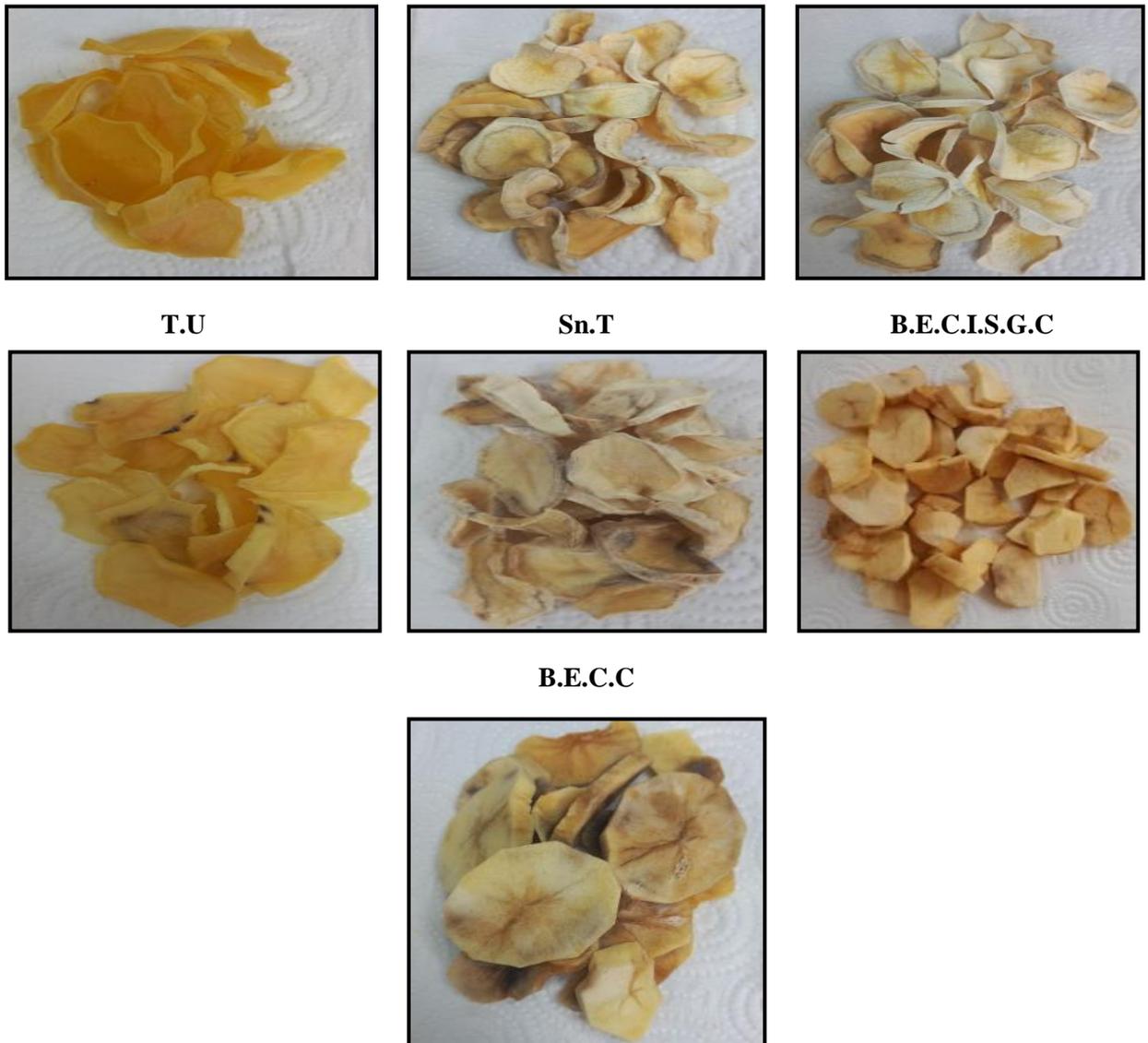


Figure. IV.17 : Le résultat du séchage indirect des pommes de terre.

L'analyse des images des pommes de terre séchées après les prétraitements dans les séchoirs solaires directs et indirects révèle des différences notables en termes de couleur, de forme, de rétrécissement et de goût :

1. Couleur :

- **Séchoir solaire direct** : Les prétraitements par blanchiment à l'eau chaude(**B.E.C**), ondes ultrasonores(**T.U**), blanchiment à eau chaude puis immersion dans une solution de glycérine(**B.E.C I.S.Gly**) ont produit les meilleurs résultats par rapport aux prétraitements précédents. Les tranches de pommes de terre ont conservé leur couleur jaune clair sans

brunissement notable, ce qui indique l'efficacité de ces traitements pour préserver la couleur naturelle.

- **Séchoir solaire indirect** : Les prétraitements par immersion dans une solution de chlorure de sodium(**I.S.C.So**), blanchiment à eau chaude puis immersion dans une solution de glycérine(**B.E.C.I.S.Gly**)ont donné les meilleurs résultats, en conservant la couleur jaune pure des tranches sans changements significatifs.

2. Forme et rétrécissement :

- **Séchoir solaire direct** : Les tranches prétraitées par blanchiment à l'eau chaude(**B.E.C**), ondes ultrasonores (**T.U**), blanchiment à eau chaude, puis immersion dans une solution de glycérine (**B.E.C I.S.Gly**) ont bien conservé leur forme, avec une réduction du rétrécissement par rapport aux traitements précédents. La forme était plus régulière et moins déformée.
- **Séchoir solaire indirect**: Les tranches prétraitées par immersion dans une solution de sodium(**I.S.C.So**), blanchiment à l'eau chaude, blanchiment à eau chaude puis immersion dans une solution de glycérine(**B.E.C.I.S.Gly**)ont montré les meilleurs résultats en termes de maintien de la forme et de réduction du rétrécissement, indiquant un séchage équilibré avec un impact minimal sur la structure des pommes de terre.

3. Goût :

- **Séchoir solaire direct** : Le goût des tranches prétraitées par blanchiment à l'eau chaude, ondes ultrasonores, cuisson puis immersion dans une solution de glycérine était naturel et équilibré, sans saveurs indésirables comme l'amertume ou le brûlé.
- **Séchoir solaire indirect** : Le goût était excellent dans les tranches prétraitées avec ces solutions, conservant la saveur naturelle et une bonne texture, ce qui indique que ces traitements sont efficaces pour préserver la qualité nutritionnelle.

IV.4.3. La teneur d'eau initiale :

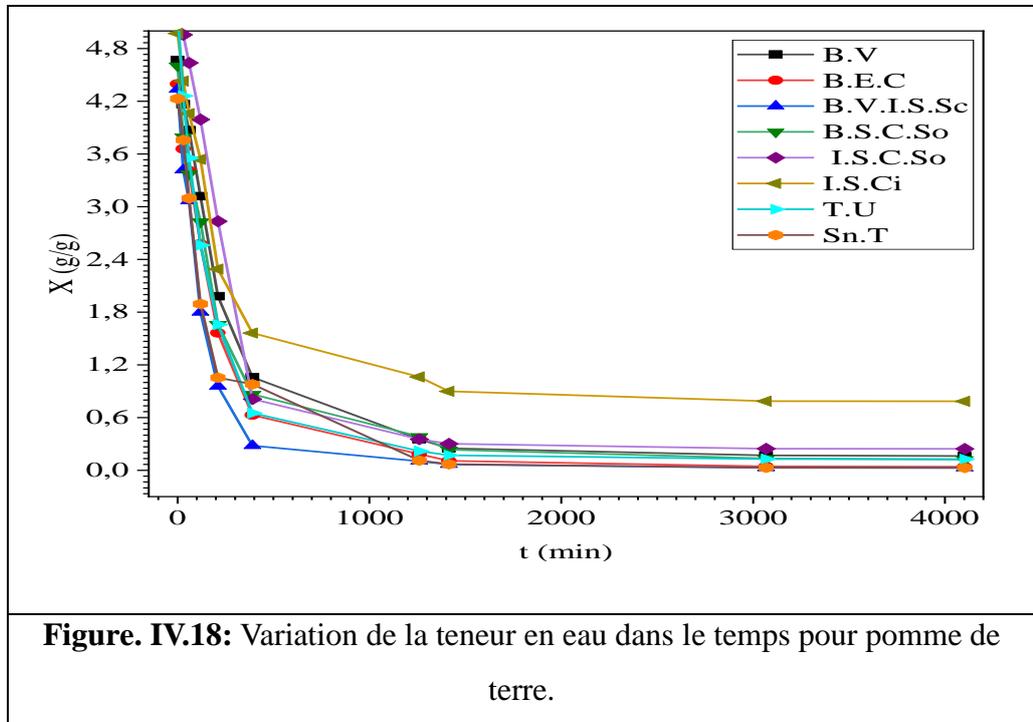
Tableau. IV.8 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des pommes de terre

Pomme de terre	B.V	B.E.C	B.V.I.S.Sc	B.S.C.So	I.S.C.So	I.S.Ci	T.U	Sn.T
W0	0.823	0.814	0.812	0.821	0.843	0.832	0.838	0.808
X0	4.258	4.403	4.335	4.610	4.641	4.973	5.208	4.232

traitées et non traitées :

IV.4.4. Cinétique de séchage de pomme de terre

Après avoir traité la pomme de terre et l'avoir placé dans un séchoir solaire direct, son contenu en eau est surveillé au fil du temps jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.



En observant la courbe du contenu en eau, nous pouvons distinguer différentes périodes de séchage. Les résultats montrent que le traitement des pommes de terre à la vapeur puis leur immersion dans une solution sucrée a entraîné une perte rapide d'eau dans les tranches de pommes de terre (diminution du poids) par rapport aux autres traitements. Il est également à noter que l'immersion des pommes de terre dans une solution d'acide citrique a conduit à une perte d'eau très lente par rapport aux autres traitements.

IV.4.5. Réhydratation de pomme de terre :

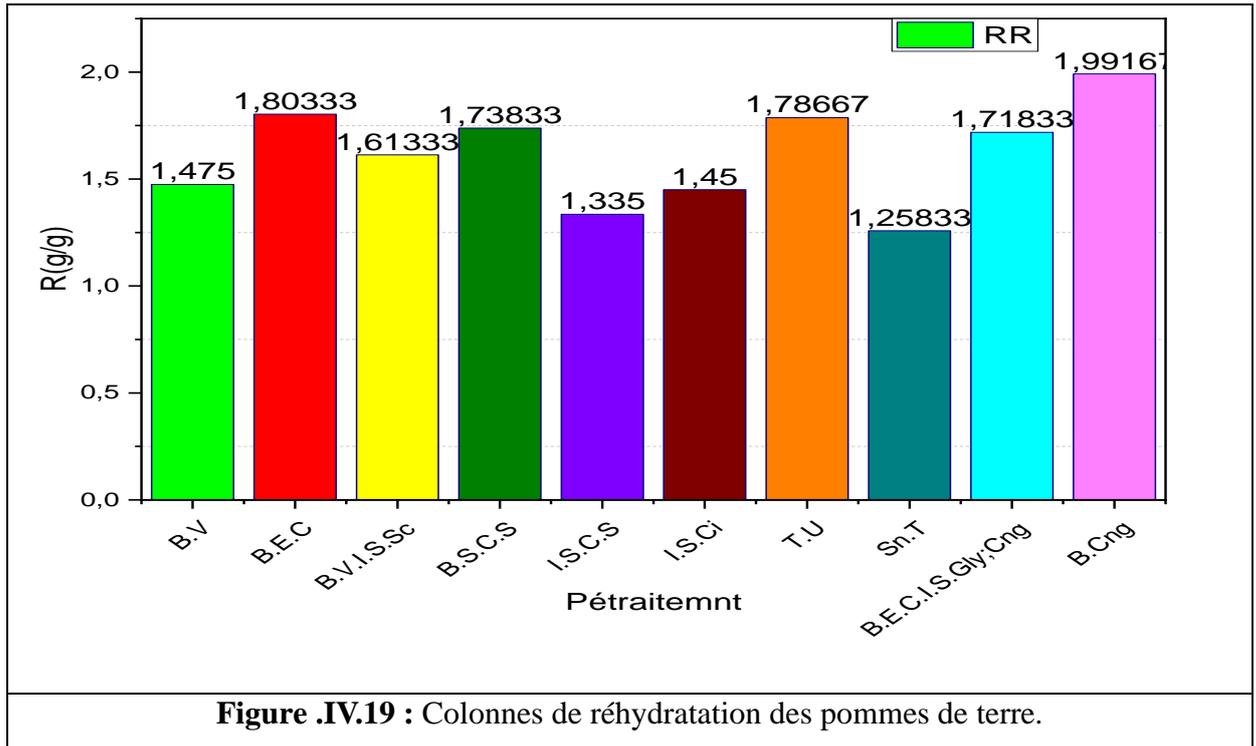


Figure .IV.19 : Colonnes de réhydratation des pommes de terre.

Les colonnes de réhydratation des pommes de terre séchées illustrent les différents prétraitements. On observe que le traitement ayant la valeur la plus élevée, soit **1,9916** (**B.Cng**), est celui qui présente la plus grande absorption parmi tous les prétraitements réalisés.

IV.4.6. Modélisation de la cinétique de pommes de terre

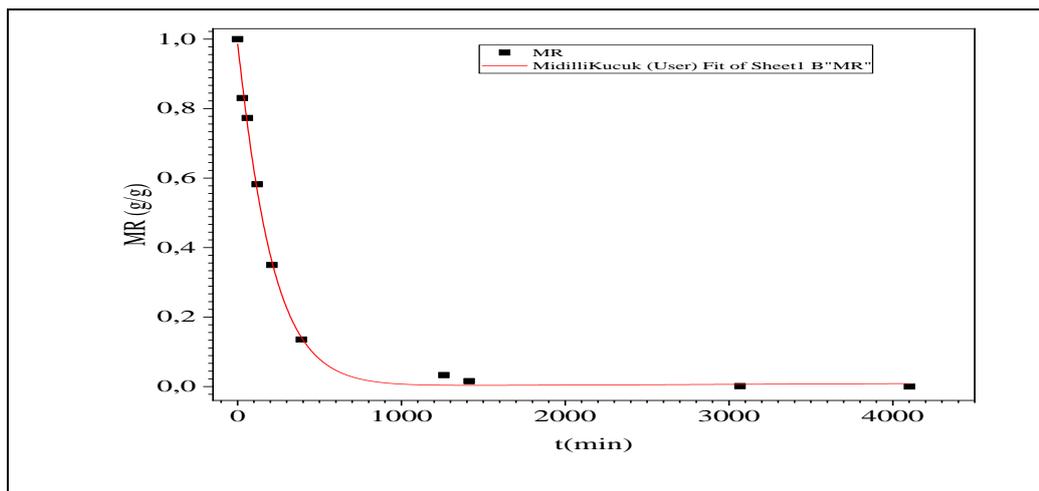


Figure.IV.20:Variation de la faible teneur en eau en fonction du temps de séchage des pommes de terre.

Tableau. IV.9 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment des légumes pommes de terre :

N°	Les Modèles	Les paramètres du model					La régression du model		
		K	a	B	K1	K2	N	R ²	X ²
1	Newton	0,00484						0,99719	4,3285E-4
2	Page	0,00419					1,02834	0,99728	4,71017E-4
3	Approximation Diffusion	0,00491	0,98949	8,27317				0,99742	5,09155E-4
4	Henderson Pabis	0,00482	0,99716				0,00482	0,9972	4,85192E-4
5	Logarithmic	0,00491	0,98949	0,00881			0,00491	0,99742	5,09155E-4
6	Midilli-Kucuk	0,00348	0,98649	4,38654E-6			0,00348	0,99751	5,73532E-4
7	Modified Page	0,00487					0,00487	0,99728	4,7101E-4
8	Modified-Two TermExponential		0,97993		0,005	3,4808E-4		0,99749	4,95704E-4
9	TwoTerms		0,00655	0,99345	89452 6,035	0,00479		0,99721	6,43848E-4
10	TwoTerms Exponential	0,73175	0,00655				0,73175	0,99721	4,82886E-4

IV . L'effet du prétraitement sur la qualité des fruits séchés

IV.1. Prétraitement sur la qualité Banane

IV.1.1. Résultat de séchoir direct

B.E.C

I.S.Ci

T.U



T.C

Sn.T



Figure. IV.21 : Le résultat du séchage direct des bananes.

IV.1.2. Résultat de séchoir indirect

B.E.C

I.S.Ci

T.U



T.C

Sn.T



Figure. IV22 : Le résultat du séchage indirect des bananes.

D'après les images des bananes séchées après les prétraitements en termes de couleur, de forme (rétrécissement) et de goût dans les séchoirs solaires direct et indirect :

Nous avons constaté que dans les séchoirs solaires direct et indirect, les prétraitements par ultrasons(T.U) et l'immersion dans une solution d'acide citrique(I.S.Ci) ont donné les meilleurs résultats par rapport aux prétraitements précédents.

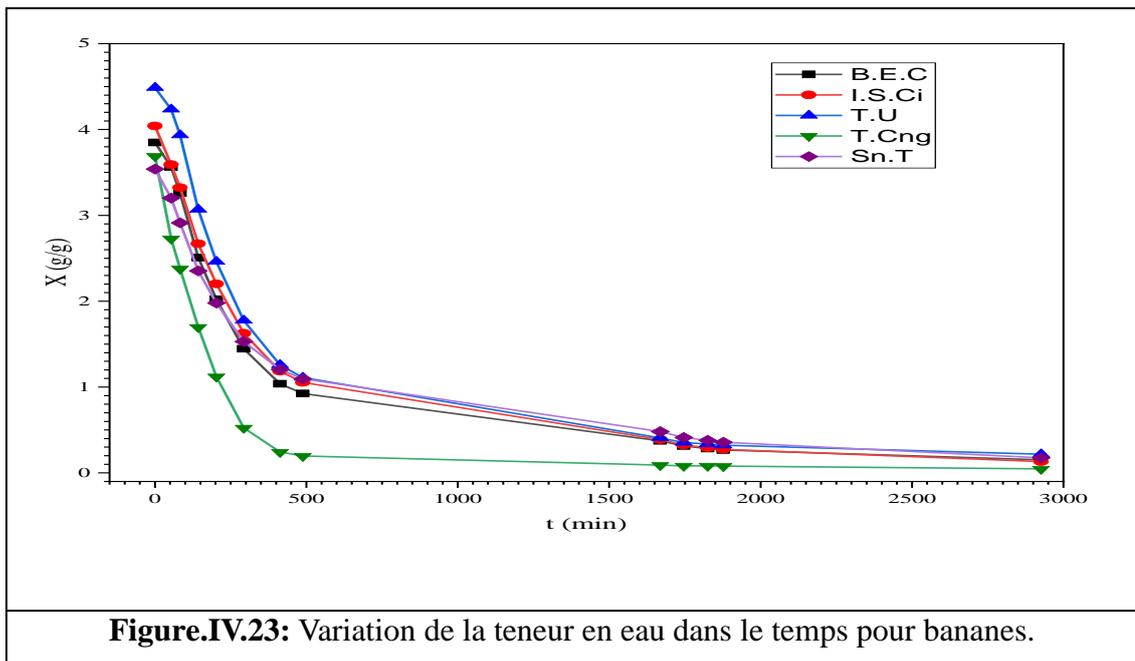
II.1.3. La teneur d'eau initiale

Tableau. IV.10 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des bananes traitées et non traitées :

Banane	B.E.C	I.S.Ci	T.U	T.C	Sn.T
W0	0.793	0.801	0.817	0.786	0.779
X0	3.711	3.281	4.516	4.550	3.54058

IV.1.4. Cinétique de séchage des bananes

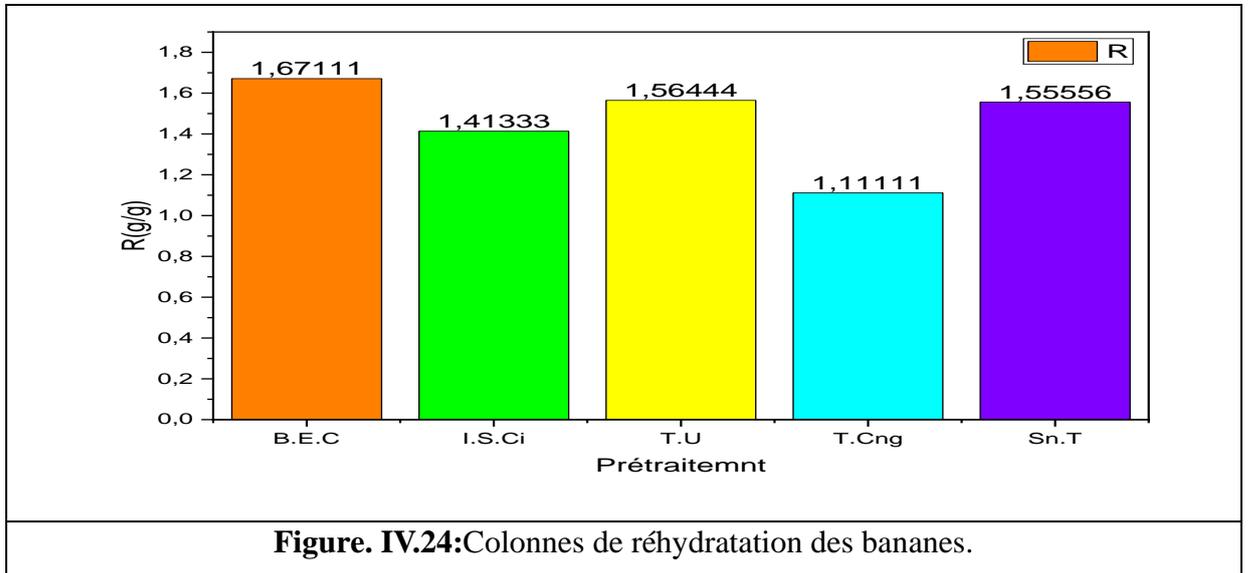
Après avoir traité la banane et l'avoir placé dans un séchoir solaire direct, son contenu en eau est surveillé au fil du temps jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.



En surveillant la courbe de la teneur en eau, nous pouvons distinguer les différentes périodes de séchage. Les résultats ont montré que le traitement des bananes par congélation a entraîné une perte rapide d'eau, c'est-à-dire une diminution rapide du poids par rapport aux autres traitements. Il est également observé que les autres traitements (B.E.C , I.S.Ci ,

T.U, et Sn. T) ont entraîné une perte d'eau presque égale, sans différence significative, mais cette perte était lente.

IV.1.5. Réhydratation de banane



Les colonnes de réhydratation des bananes séchées illustrent les différents prétraitements. On remarque que le traitement ayant la valeur la plus élevée, soit 1,6711(B.E.C), est celui qui présente la plus grande absorption parmi tous les traitements effectués.

IV.1.6. Modélisation de la cinétique de banane

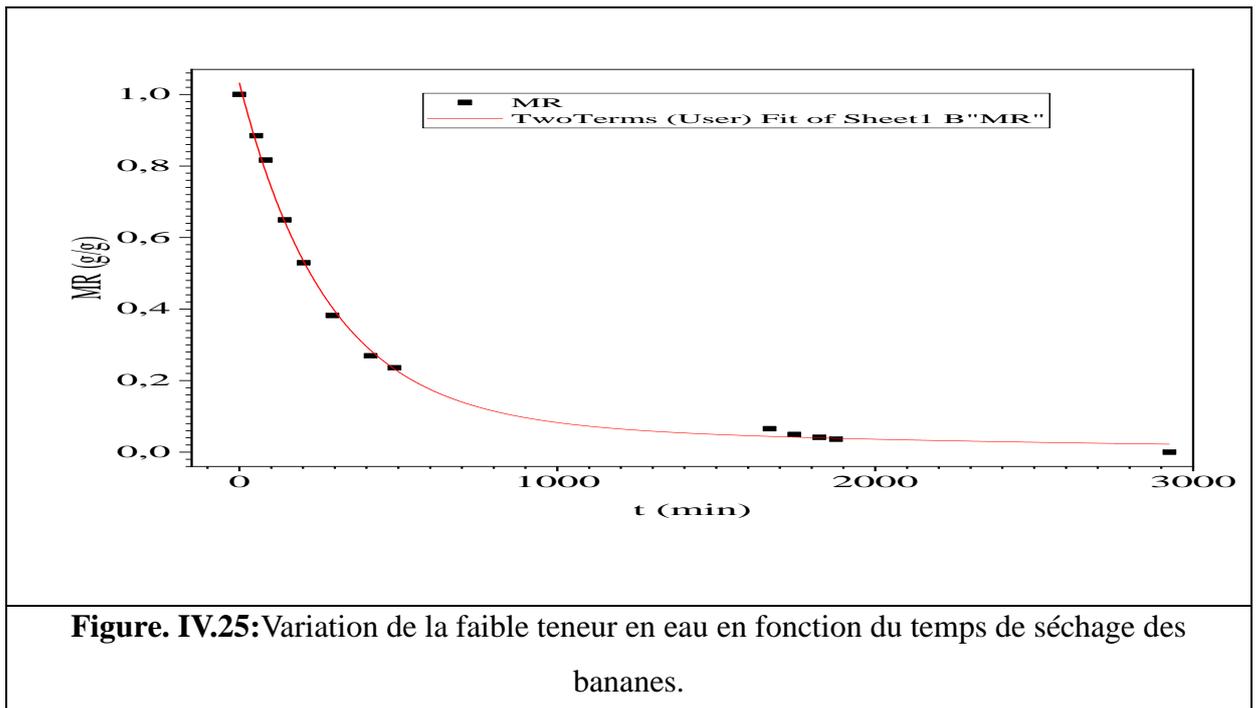


Tableau. IV.11: Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par immersion dans l'acide citrique des fruits banane :

N°	Les Modèles	Les paramètres du model						La régression du model	
		K	a	B	K1	K2	N	R ²	X ²
1	Newton	0,00303						0,99231	9,88871E-4
2	Page	0,00211					1,06579	0,99263	0,00103
3	Approximation Diffusion	0,00339	0,99344	-114,74842				0,99677	4,98732E-4
4	Henderson Pabis	0,00314	1,02204					0,99288	9,98732E-4
5	Logarithmic	0,00339	0,99344	0,03536				0,99677	4,98732E-4
6	Midilli-Kucuk	0,0023	1,01403	1,54751E-5			1,05739	0,99606	6,74761E-4
7	Modified Page	0,00308					1,05765	0,99264	0,00103
8	Modified-Two TermExponential		0,92971		0,00338	3,65773E-4		0,99604	6,10875E-4
9	TwoTerms		0,09785	0,93499	5,06638E-4	0,00367		0,99721	4,78619E-4
10	TwoTerms Exponential	262,6211	1,1555E-5					0,99231	0,00108

Conclusion générale

Le prétraitement joue un rôle crucial dans la qualité des fruits et légumes séchés tels que la citrouille, les carottes, les pommes de terre, les tomates et les bananes. Il permet non seulement de préserver les caractéristiques sensorielles comme la couleur, la texture et le goût, mais également d'améliorer la stabilité nutritionnelle en préservant les nutriments essentiels. Les différentes méthodes de prétraitement, telles que le blanchiment, l'immersion dans des solutions antioxydants, le traitement osmotique ou l'application de revêtements comestibles, influencent positivement la qualité finale des produits séchés. En ajustant ces processus en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque fruit ou légume, il est possible d'obtenir des produits finis séchés qui sont non seulement sûrs et stables sur le plan microbiologique, mais aussi attrayants sur le plan sensoriel et nutritionnel. Ainsi, l'efficacité du prétraitement se révèle essentielle pour répondre aux normes de qualité élevées et aux attentes des consommateurs en matière de produits alimentaires séchés.

Parmi les conclusions les plus importantes tirées de nos travaux, nous mentionnons :

- Pour les citrouilles, le prétraitement qui a donné les meilleurs résultats était blanchiment à la vapeur.
- Pour les carottes, le prétraitement qui a donné les meilleurs résultats était blanchiment à eau chaude.
- Pour les tomates, le prétraitement qui a donné les meilleurs résultats était Immersion dans une solution de chlorure de calcium.
- Pour les pommes de terre, le prétraitement qui a donné les meilleurs résultats était blanchiment à eau chaude.
- Pour la banane, le prétraitement qui a donné les meilleurs résultats était immersion dans l'acide citrique.

Le séchoir solaire indirect donne de meilleurs résultats par rapport au séchoir solaire direct.



Annexes

1. Équipements de laboratoire

a. Bain à Ultrasons de laboratoire

Le bain à ultrasons est un réservoir rempli de liquide qui génère des ondes ultrasonores à haute fréquence. Ces ondes créent des millions de microbulles qui éclatent et libèrent une grande quantité d'énergie. Elles perturbent les cellules en provoquant des forces de cisaillement qui les déchirent. Le bain fonctionne à une double fréquence de 40 kHz.



Figure.1. Bain à Ultrasons de laboratoire.

b. **La balance :** C'est un instrument de mesure qui sert à suivre la masse



Figure.2. Différentes balances utilisées.

1. **Dessiccateur :**

Un dessiccateur est un appareil utilisé pour la dessiccation, c'est-à-dire pour empêcher l'humidité de pénétrer dans un objet. Il s'agit d'un récipient hermétiquement fermé contenant un agent desséchant, également appelé dessiccatif (ou déshydratant). Pour assurer une fermeture hermétique, le couvercle du dessiccateur est généralement graissé avec de la graisse silicone.

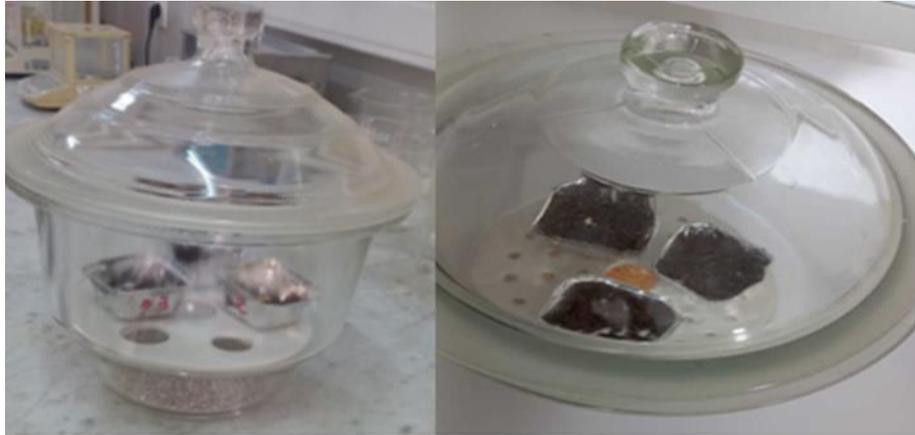


Figure.4. Dessiccateur utilisée.

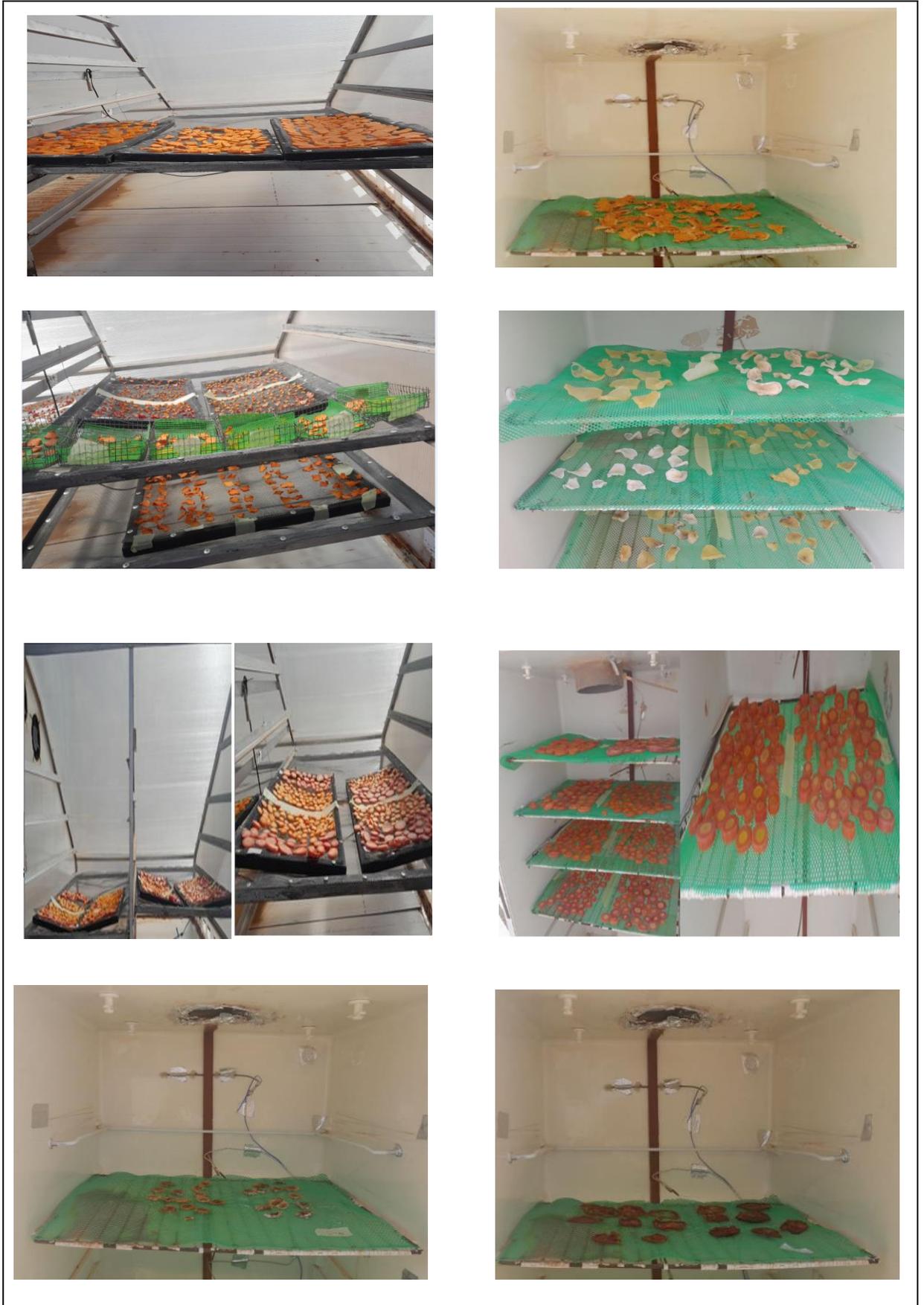
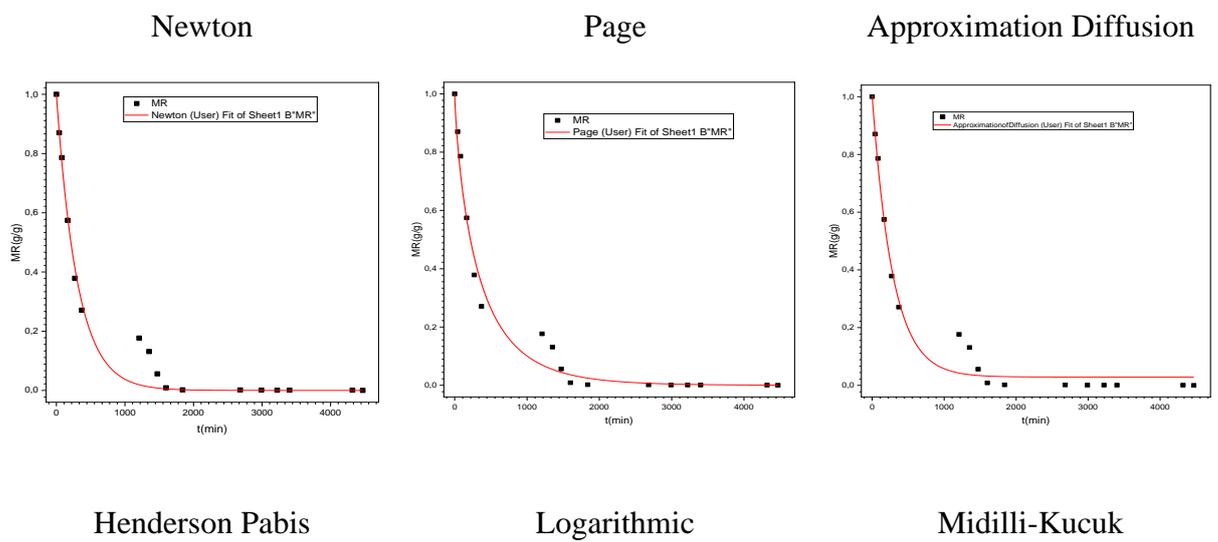


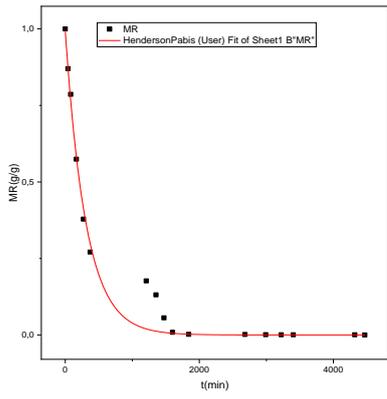
Figure.5 :les différents produits dans les séchoirs direct et indirect.



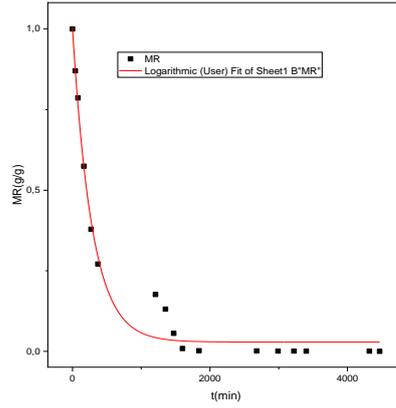


Figure.6 : Quelques photos de travaux en laboratoire.

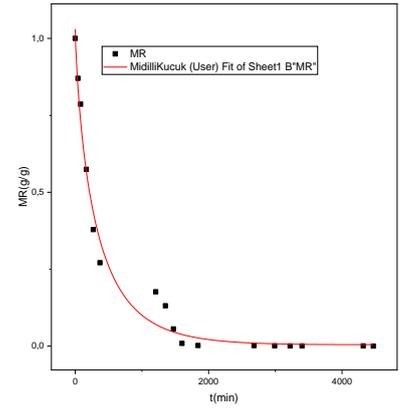




Modified Page



Two Terms



Two Terms
Exponential

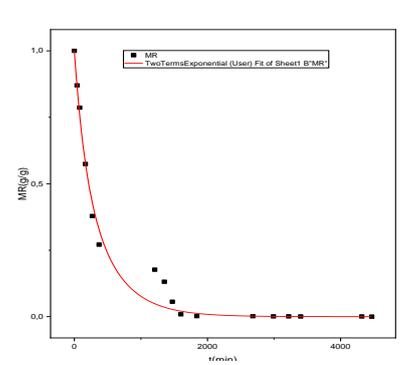
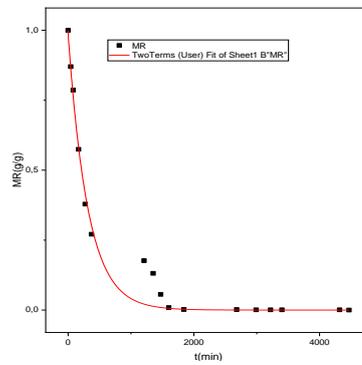
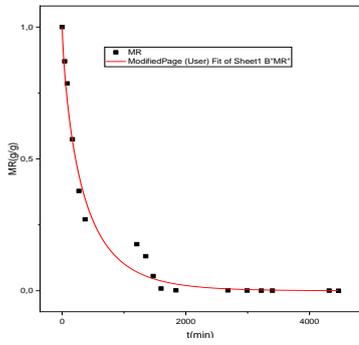
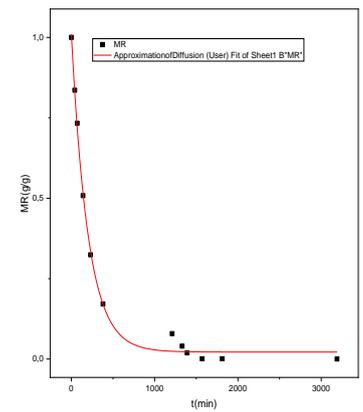
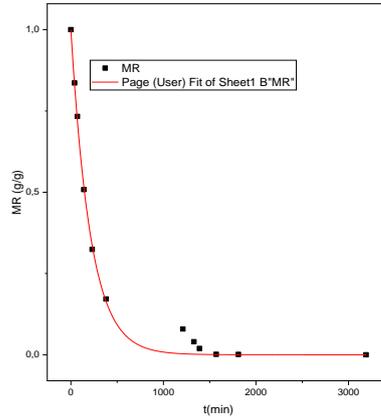
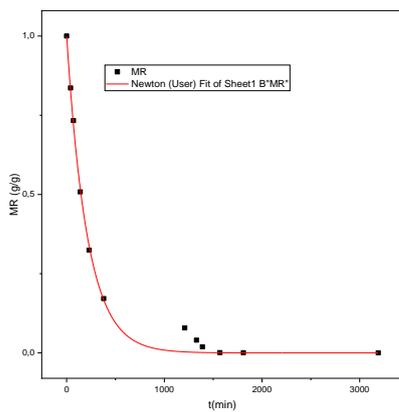


Figure.7 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment à vapeur des citrouilles.

Newton

Page

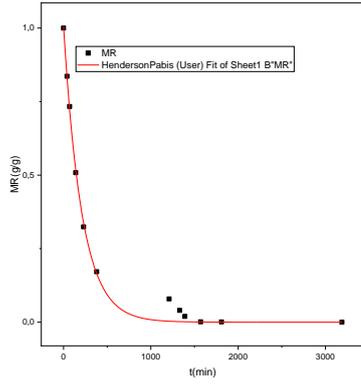
Approximation Diffusion



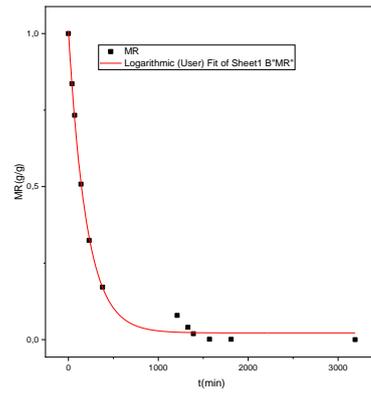
Henderson Pabis

Logarithmic

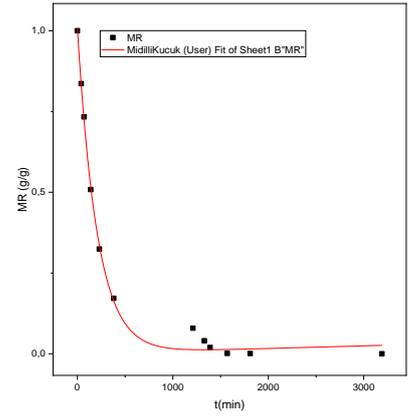
Midilli-Kucuk



Modified Page



Modified-Two Term Exponential



Two Terms Exponential

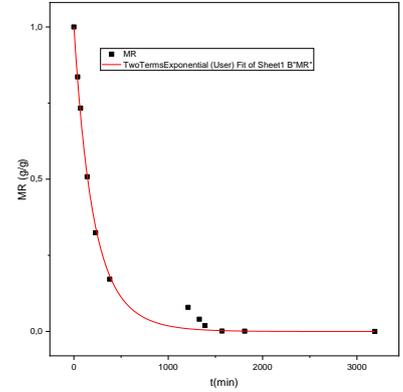
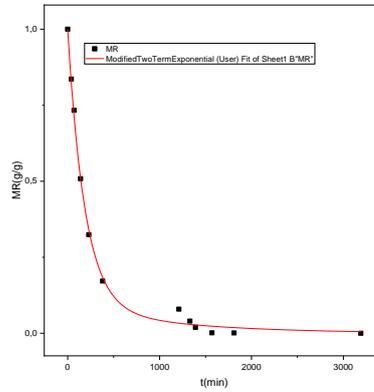
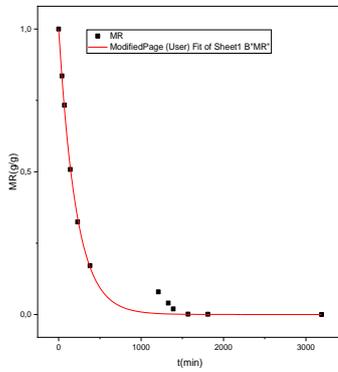
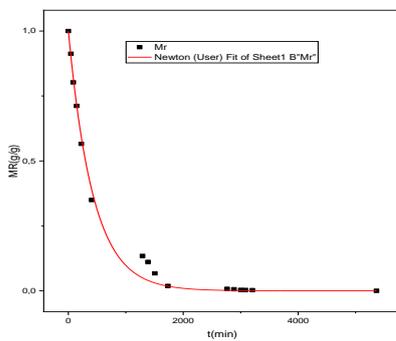


Figure.8 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment des carottes.

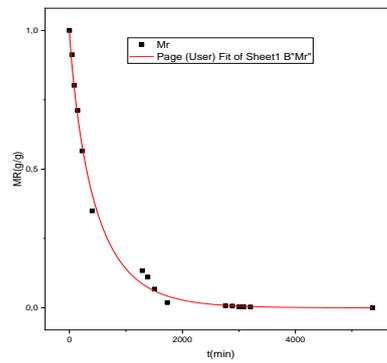
Newton

Page

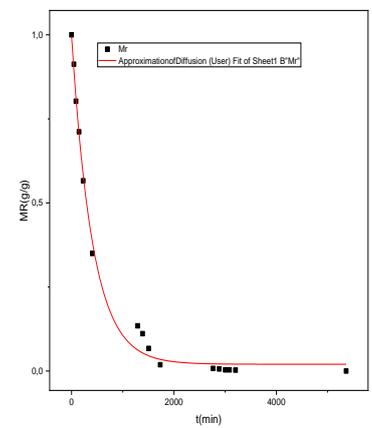
Approximation Diffusion



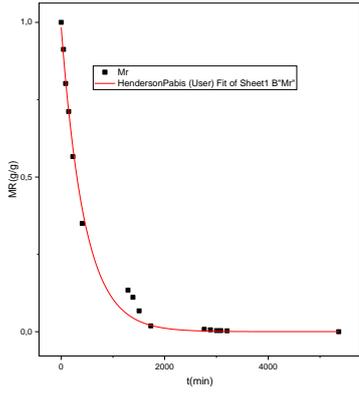
Henderson Pabis



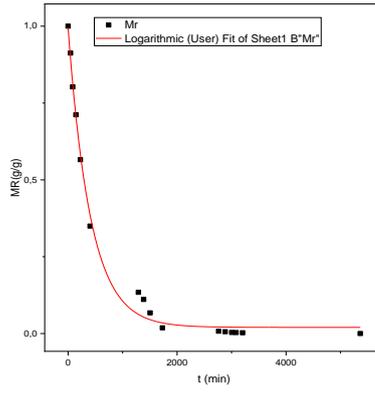
Logarithmic



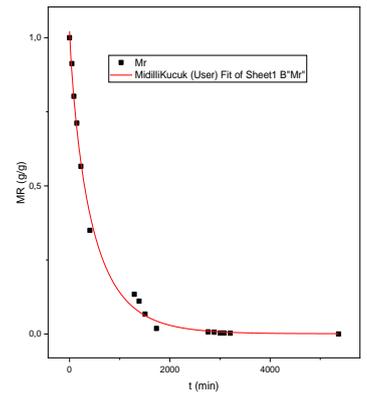
Midilli-Kucuk



Modified Page



Two Terms



Two Terms
Exponential

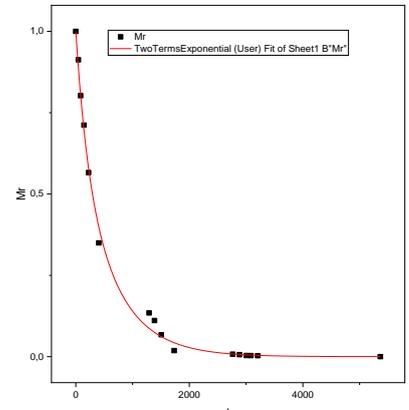
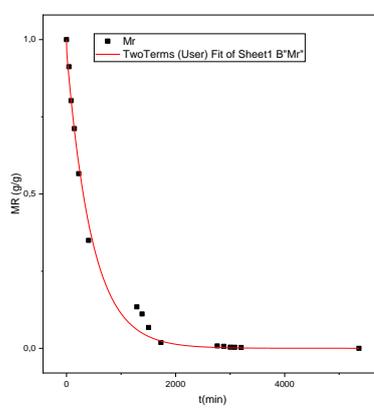
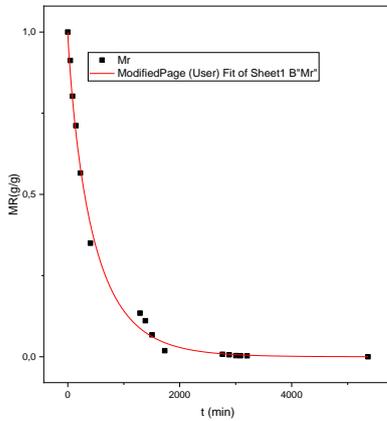
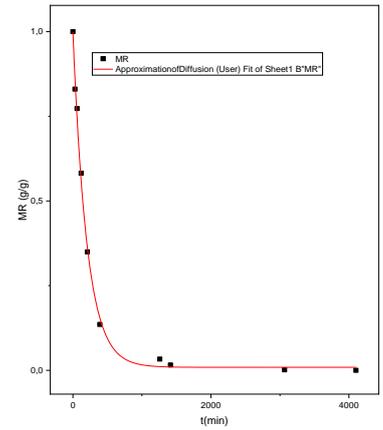
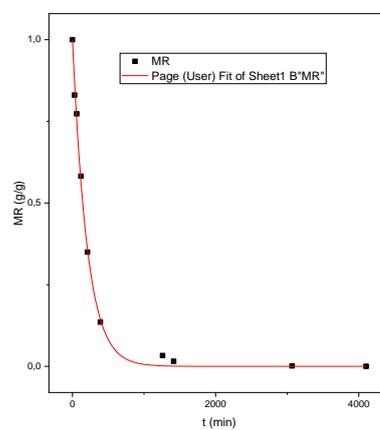
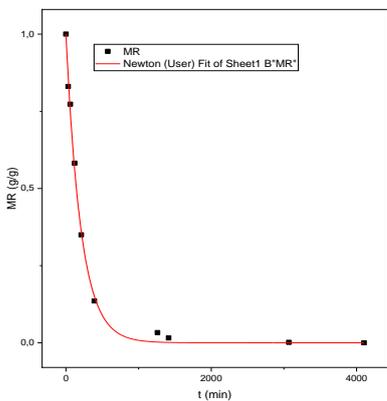


Figure.9 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par Immersion dans une solution de chlorure de calcium des tomates.

Newton

Page

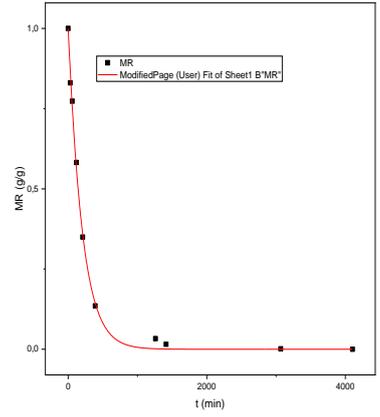
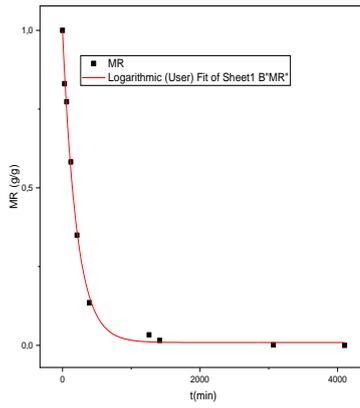
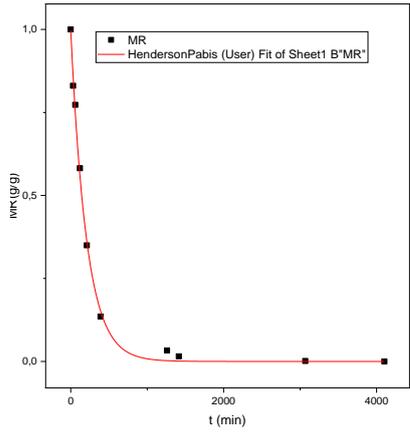
Approximation Diffusion



Henderson Pabis

Logarithmic

Modified Page



Modified-Two
Term Exponential

Two Terms

Two Terms
Exponential

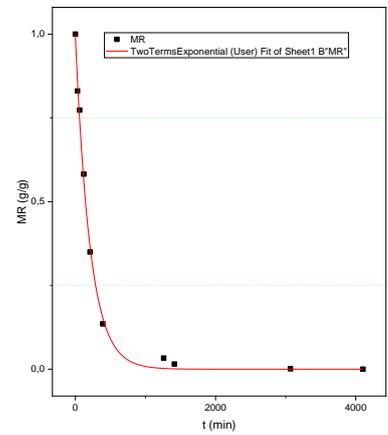
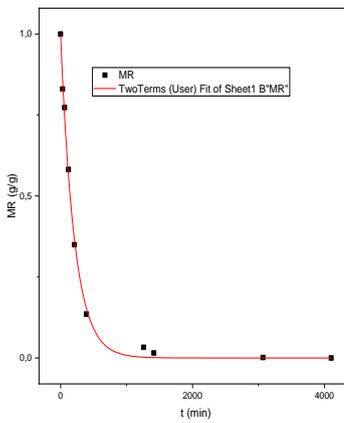
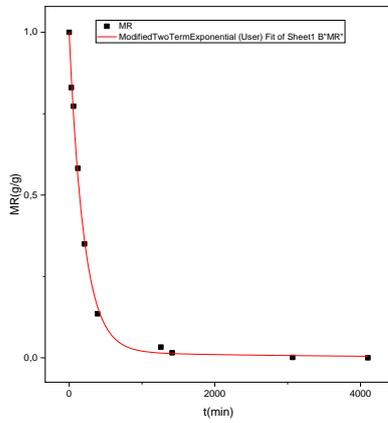
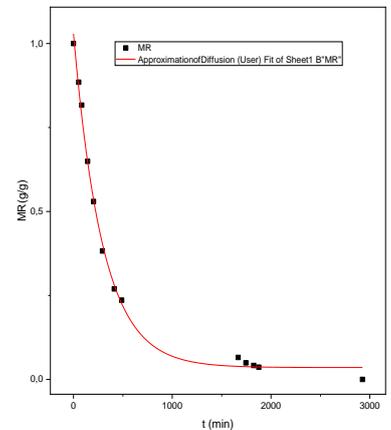
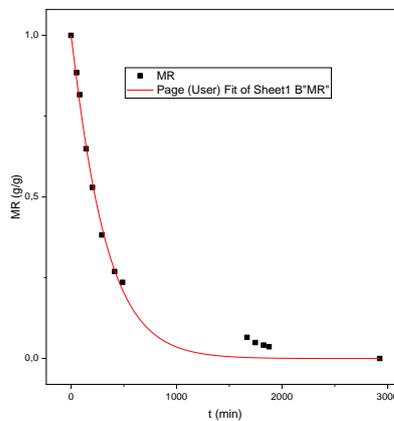
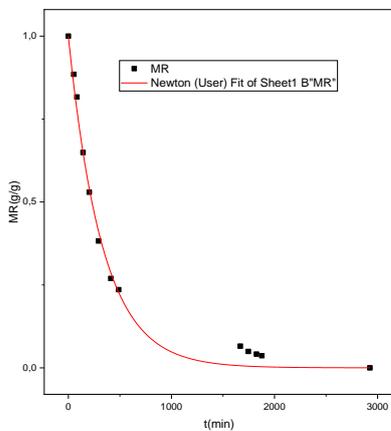


Figure.10 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par blanchiment des légumes pommes de terres.

Newton

Page

Approximation Diffusion



Henderson Pabis

Logarithmic

Midilli-Kucuk

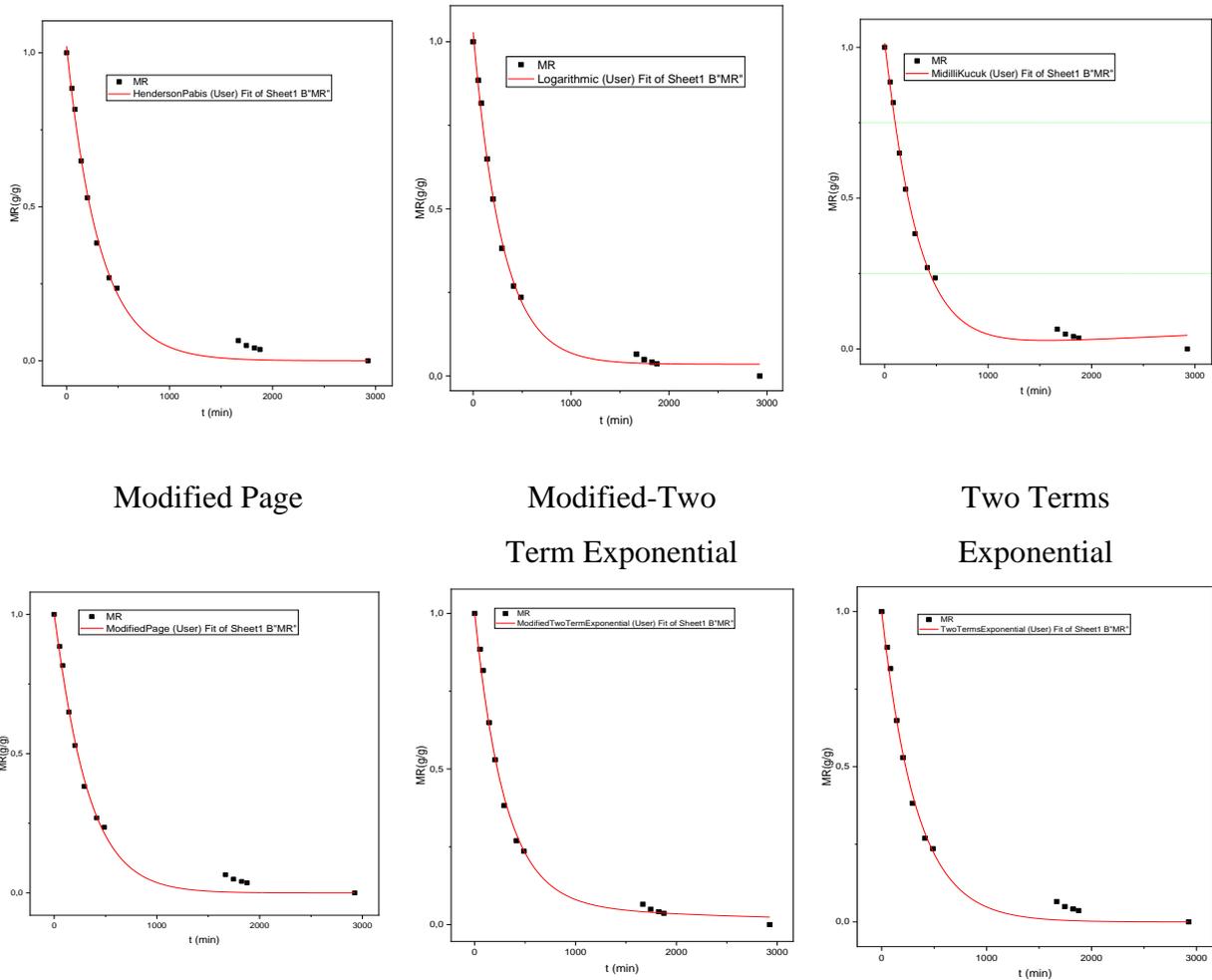


Figure.11 : Résultats statistiques des modèles de séchage solaire direct et de prétraitement par immersion dans l'acide citrique des bananes.

Tableau.1 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des carottes traitées et non traitées :

Carotte	masse coupelle (g)	avant 105°C	poids de produit frais	après 105°C	poids de produit après séchage	w (gH ₂ O/g w b)	X (gH ₂ O / g d b)
1	1.6345	29.5715	27.937	3.67	2.0355	0.927139636	12.7248833
2	1.5766	20.5402	18.9636	2.92	1.3434	0.92915902	13.1161233
3	1.6021	30.4099	28.8078	3.81	2.2079	0.923357563	12.0476018
						0.9265520730	12.6295

Tableau.2 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des tomates traitées et non traitées :

Tomate	masse coupelle (g)	avant 105°C	poids de produit frais	après 105°C	poids de produit après	w (gH ₂ O/g w b)	X (gH ₂ O / g d b)
--------	--------------------------	----------------	------------------------------	----------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

séchage							
1	1.5758	55.2187	53.6429	3.987	2.4112	0.955050901	21.2473872
2	1.582	56.8164	55.2344	4.0051	2.4231	0.9561306	21.7949321
3	1.5859	52.1367	50.5508	3.8433	2.2574	0.955343931	21.3933729
						0.9555084775	21.4786

Tableau.3 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des pommes de terre traitées et non traitées :

pomme de terre	masse coupelle (g)	avant 105°C	poid de produit frais	après 105°C	poid de produit apres séchage	w (gH2O/g w b)	X (gH2O /g d b)
	1.5758	41.8089	40.2331	9.0896	7.5138	0.813243325	4.35456094
	1.582	37.5402	35.9582	8.6171	7.0351	0.804353388	4.11125641
	1.5859	48.3967	46.8108	10.4975	8.9116	0.809625129	4.25279411
						0.8090739473	4.23954

Tableau.4 : Résultats de la teneur en humidité et en matière sèche des bananes traitées et non traitées :

Banane	masse coupelle (g)	avant 105°C	poids de produit frais	après 105°C	poids de produit apres séchage	w (gH2O/g w b)	X (gH2O /g d b)
1	1.5245	40.6505	39.126	10.1606	8.6361	0.779274651	3.53051725
2	1.522	47.392	45.87	12.3565	10.8345	0.763799869	3.23369791
3	1.5322	33.2243	31.6921	8.4965	6.9643	0.78025123	3.55065118
						0.7744419167	3.43829

Tableau.5 : les cinétique de séchage des produits.

Citrouille	J	h	Min	B.V	B.E.C	B.S.C .So	I.S.C.S o	I.S.Ci	Sn. T	/	/	/
	11-04-2024	11:31	0	148.37	167.56	152.72	158.51	181.56	154.22	/	/	/
		12:10	41	130.63	149.3	133.46	141.62	163.06	142.4	/	/	/
		12:50	81	119.15	139.59	120.39	128.02	149.69	132.15	/	/	/
		14:15	166	90.21	112.85	91.02	97.85	118.07	110.79	/	/	/
		16:00	271	63.46	86.85	63.96	70.09	90.51	88.84	/	/	/
		17:40	371	48.74	67.55	47.82	54.83	70.05	74.92	/	/	/

		08:17	1208	35.84	49.73	35.06	41.53	54.41	62.2	/	/	/
	12-03-2024	10:08	1353	29.63	41.69	27.06	35.17	46.09	54.97	/	/	/
		12:08	1473	19.36	25.83	16.13	22.01	28.58	34.45	/	/	/
		14:00	1601	12.9	13.85	12.13	14.64	15.74	17.73	/	/	/
		18:00	1841	11.97	11.52	11.97	13.09	13.22	13.32	/	/	/
		08:00	2681	11.92	10.66	11.91	13.04	13.15	13.16	/	/	
	13-03-2024	11:10	2991	11.83	10.55	11.88	12.93	13.02	12.94	/	/	
		15:00	3221	11.82	10.39	11.78	12.81	12.84	12.71	/	/	
		18:00	3401	11.81	10.42	11.82	12.83	12.87	12.72	/	/	
		09:18	4319	11.8	10.38	11.81	12.83	12.85	12.72	/	/	
	14-03-2024	11:48	4469	11.71	10.32	11.74	12.78	12.72	12.63	/	/	
Carottes		h	Min	B.V	B.E.C	B.V.I.S.Sc	B.S.C i	I.S.Ci	I.E.Di	I.S.As.c	Sn.T	
	20-03-2024	12:20	0	120.43	120.81	154.97	123.52	127.76	123.75	140.87	100.14	
		13:00	40	89.57	102.32	127.94	97.28	117.1	116.33	133.7	89.26	
		13:30	70	79	90.73	113.39	84.66	103.01	100.76	119.08	79.83	
		14:40	140	53.64	65.36	79.6	52.42	69.28	64.22	87.21	56.49	
		16:10	230	35.32	44.61	50.9	29.19	43.41	38.7	61.03	36.73	
		18:20	380	22.35	27.39	28.46	16.3	24.49	22.69	39.1	23.18	
	21-03-2024	08:30	1210	15.03	16.99	17.37	12.44	15.63	15.67	25.76	16.65	
		10:30	1330	12.43	12.58	14.23	11.55	13.53	12.84	20.44	14.25	
		11:30	1390	11.2	10.24	13.42	11.12	12.82	11.72	17.3	13.09	
		14:30	1570	11.17	8.19	12.39	10.76	11.93	10.48	15.49	11.79	
		18:30	1810	10.21	8.16	12.38	10.72	11.9	10.42	14.34	11.76	
	22-03-2024	17:30	3190	9.96	8.06	12.19	10.55	11.73	10.26	14	11.54	
Tomates	J	h	Min	B.V	B.E.C	B.S.C.So	I.S.C.So	I.S.C.Ca	I.S.As.c	Sn.T	/	
	23-04-2024	11:00	0	199.966	196.612	195.15	180.002	154.575	194.248	190.8	/	

										67	
		11:45	45	174.7 56	165.24 5	174.9 38	159.9 67	141.795	177.4 69	16 2.3 52	/
		12:25	85	153.6 46	146.70 5	152.5 48	139.3 87	125.735	159.9 79	13 8.7 42	/
		13:25	145	137.7 76	131.04 5	136.8 98	124.9 47	112.495	145.7 89	12 2.5 32	/
		14:45	225	109.1 46	104.09 5	112.0 88	96.50 7	91.195	121.5 39	94. 52 2	/
		17:45	405	66.00 6	59.925	74.57 8	58.54 7	59.655	83.93 9	56. 98 2	/
	24-04- 2024	09:01	1291	28.21 6	18.855	27.12 8	21.28 7	28.205	37.90 9	24. 69 2	/
		10:37	1387	24.72 6	15.775	23.54 8	18.61 7	24.815	32.47 9	22. 00 2	/
		12:36	1506	17.31 6	11.365	17.13 8	13.27 7	18.435	21.19 9	16. 44 2	/
		16:11	1733	12.66 6	10.075	12.28 8	10.62 7	11.335	13.42 9	12. 18 2	/
	15-04- 2024	09:00	2764	11.99 6	9.965	11.36 8	9.787	9.705	11.26 9	10. 94 2	/
		11:00	2884	11.79 6	9.885	11.16 8	9.547	9.515	10.93 9	10. 73 2	/
		13:00	3004	11.37 6	9.665	10.67 8	9.137	9.115	10.41 9	10. 29 2	/
		14:20	3084	11.39 6	9.695	10.70 8	9.117	9.095	10.44 9	10. 31 2	/
		16:20	3204	11.31 6	9.225	10.59 8	9.047	9.015	10.38 9	10. 24 2	/
	27-04- 2024	14:00	5364	10.92 6	8.425	10.22 8	8.607	8.615	9.949	9.7 42	/
pomme de terre	J	h	Min	B.V	B.E.C	B.V.I.	B.S.C	I.S.C.So	I.S.Ci	T.	Sn.

						S.Sc	.So			U	T
	21-04-2024	11:00	0	205.291	162.799	125.969	205.521	130.843	203.25	165.174	111.385
		11:30	30	187.112	140.502	104.297	175.926	121.8	184.794	139.986	101.367
		12:00	60	176.352	132.972	95.987	160.526	115.25	172.214	121.166	87.227
		13:00	120	149.192	107.862	66.067	140.456	102.08	154.484	94.776	61.627
		14:30	210	107.962	77.322	46.177	97.596	78.38	111.964	70.716	43.737
		17:30	390	74.562	49.132	30.237	68.396	37.01	87.194	43.946	42.167
	22-04-2024	09:00	1260	49.022	35.692	26.027	50.816	27.68	70.204	32.416	23.667
		11:34	1414	45.272	33.382	25.147	45.256	26.6	64.594	31.156	22.787
		16:00	3068	42.352	31.512	24.267	41.626	25.47	60.774	29.996	21.937
	23-04-2024	09:15	4103	42.092	31.352	24.227	41.196	25.44	60.764	29.956	21.897
Banane	J	H	Min	B.E.C	I.S.Ci	T.U	T.Cn g	Sn.T	/	/	/
	29-04-2024	10:13	0	110.723	139.575	124.383	110.013	111.181	/	/	/
		11:00		104.155	127.107	118.673	87.501	102.883	/	/	/
		11:30		97.245	119.707	111.873	79.271	95.813	/	/	/
		12:30		80.115	101.607	92.213	63.291	82.123	/	/	/
		13:30		69.035	88.647	78.423	49.771	72.963	/	/	/
		15:00		55.865	72.717	62.923	35.781	61.953	/	/	/
		17:00		46.55	60.497	51.18	29.17	54.023	/	/	/

				5		3	1				
				43.94		47.85	28.07		/	/	/
		18:15		5	56.857	3	1	51.343			
	30-04-2024			31.35		31.90	25.60		/	/	/
		12:55		5	38.427	3	1	36.273			
				29.98		30.71	25.40		/	/	/
		14:23		5	36.687	3	1	34.613			
				29.30		30.27	25.37		/	/	/
		15:42		5	35.827	3	1	33.783			
				28.94		29.96	25.32		/	/	/
		16:34		5	35.287	3	1	33.253			
	2-05-2024			26.31		27.60	24.56		/	/	/
		10:55		5	31.347	3	1	28.793			

Citrouille



Carottes



Tomates



pomme de terre



Banane



Figure.12 : Réhydratations des produits.



Autorisation d'impression finale d'un mémoire de master

	Nom et prénom	Signature
Le président de jury	LAGHOUITER Oum Kelthoum	
Examineur	ADAMOU Youcef	
Encadrant	DAOUD Djamel /BENSEDDIK Abdelouahab	

Soussigne Dr :

Président de jury des étudiant (s) –

- GUENDA Bouchra et BENABDERRAHMANE Zineb

Filière : Génie des procédés ; Spécialité : Génie chimique

Thème

Impact des prétraitements avant le séchage sur la qualité des produits agricoles : étude appliquée aux produits de la région de Ghardaïa

Autorise-le (s) étudiant (s) mentionné (s) ci-dessus à imprimer et déposer leur (s) manuscrit final au niveau du département.

Le président de jury Le chef de département



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
اللجنة الوطنية للتنسيقية لمتابعة الابتكار
وحاضنات الأعمال الجامعية



دليل مشروع



للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة
في إطار القرار الوزاري 1275

ديسمبر
2022





للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275
حول فريق الإشراف وفريق العمل

دليل مشروع
بطاقة معلومات

الجمهورية الجزائرية ديمقراطية شعبية وزارة التعليم العالي و بحث علمي جامعة غرداية

عنون المشروع :

تأثير المعالجات المسبقة قبل التجفيف على جودة المنتجات الفلاحية: دراسة
مطبقة على منتجات منطقة غرداية.

مشروع لنيل شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275



الاسم التجاري :

BZ Drying Technologie

السنة الجامعية:

2024 /2023

بطاقة معلومات

حول فريق الإشراف وفريق العمل

1- فريق الإشراف:

الإشراف فريق	
التخصص هندسة كيميائية	الرئيسي المشرف داود جمال ✓





للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275
حول فريق الإشراف وفريق العمل

دليل مشرو
بطاقة معلومات

التخصص هندسة كيميائية	المساعد المشرف ✓ بن صديق عبد الوهاب	
--------------------------	--	--

2- فريق العمل:

الكلية	التخصص	فريق المشروع	
علوم وتكنولوجيا	هندسة كيميائية	الطالبة: قنّدة بشرى	
علوم وتكنولوجيا	هندسة كيميائية	الطالبة: بن عبد الرحمان زينب	





للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275
المحتويات

دليل مشروع
فهرس



فهرس المحتويات





فهرس المحتويات

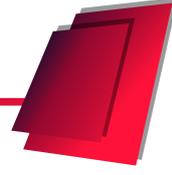
1	المحور الأول: تقديم المشروع	1
1	1. فكرة المشروع (الحل المقترح)	1
1	2. القيم المقترحة	1
2	3. أهداف المشروع	2
2	4. فريق العمل	2
3	5. جدول زمني لتحقيق المشروع	3
4	المحور الثاني: الجوانب الابتكارية	4
4	1. طبيعة الابتكارات	4
4	2. مجالات الابتكارات	4
6	المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق	6
6	1. عرض القطاع السوقي	6
6	2. قياس شدة المنافسة	6
7	3. الإستراتيجية التسويقية	7
9	المحور الرابع: خطة الإنتاج والتنظيم	9
9	1. عملية الإنتاج	9
9	2. التمويل	9
9	3. اليد العاملة	9
9	4. الشراكات الرئيسية	9
11	المحور الخامس: الخطة المالية	11
11	1. الموارد الرئيسية	11
13	2. رقم الأعمال	13
15	3. التكاليف المتوقعة	15
17	4. الربح والخسارة المتوقعة	17
17	5. الميزانية الافتتاحية	17
18	6. الميزانية الختامية	18
18	7. دوران التوقعات السنوية	18
21	المحور السادس: النموذج الأولي التجريبي	21
	(1) نتائج المعالجة المسبقة لليقطين	21
	(2) نتائج المعالجة المسبقة للجزر	22
	(3) نتائج المعالجة المسبقة للطمطم	25
	(4) نتائج المعالجة المسبقة للبطاطس	27
	(5) نتائج المعالجة المسبقة للموز	29







مقدمة



في إطار سعي الجزائر لتتنوع صادراتها بعيداً عن قطاع المحروقات الذي يعاني من أزمات متكررة، وجدت الحكومة أن القطاع الفلاحي يمثل أحد الركائز الأساسية لتحقيق هذا الهدف. ومع تزايد الإنتاج الفلاحي وافتقار الأسواق القادرة على استيعاب هذا الفائض، ظهرت فكرة مشروع يركز على المعالجة المسبقة قبل التجفيف.

تُعد جودة المنتجات الفلاحية من العوامل الأساسية التي تؤثر على قيمتها السوقية وقدرتها التنافسية. وتتأثر جودة هذه المنتجات بعوامل متعددة تشمل العمليات الزراعية، التربة، والمناخ. وبينما تُسوّق بعض المنتجات طازجة، يتم تجفيف البعض الآخر، مما يتطلب اهتماماً خاصاً بالمعالجات المسبقة قبل التجفيف لضمان جودتها.

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير المعالجات المسبقة قبل التجفيف على جودة المنتجات الفلاحية، مع التركيز على منطقة غرداية التي تتميز بخصائص بيئية وزراعية فريدة.





المحور الأول

تقديم المشروع





المحور الأول

تقديم المشروع

1. فكرة المشروع (الحل المقترح)

بدأت فكرتنا بملاحظة الحاجة الملحة لتحسين جودة المنتجات الفلاحية المجففة في ضواحي ولاية غرداية، التي هي منطقة زراعية غنية بالمنتجات الفلاحية كالتنمور والتين والخضروات وغيرها . يقوم مشروعنا على المعالجات المسبقة قبل التجفيف باستخدام طرق حرارية وكيميائية من اجل ضمان جودة عالية لهذه المنتجات، مع التركيز على الحفاظ على قيمتها الغذائية وتحسين خصائصها الحسية مثل الطعم واللون والنسيج والاحتفاظ بها اطول مدة مما يسمح بتسويقها محليا ودوليا . نأمل أن تساهم نتائج هذا المشروع في تقديم حلول مفيدة للمزارعين والمنتجين المحليين في غرداية، مما يعزز من قدرتهم على تقديم منتجات فلاحية مجففة عالية الجودة تلبي متطلبات السوق وتحافظ على قيمتها الغذائية العالية.

2. القيم المقترحة :

تعتبر عملية المعالجة المسبقة قبل التجفيف من العوامل المهمة التي تؤثر على جودة المنتجات الفلاحية، وخاصة في منطقة غرداية التي تتميز بتنوع منتجاتها الزراعية. تؤثر المعالجات المسبقة على العديد من جوانب الجودة مثل الحداثة، الأداء، التكييف، وإنجاز المهمة، التصميم، السعر، خفض التكاليف، الحد من المخاطر، سهولة الوصول، والملاءمة/سهولة الاستخدام.

- **الحداثة :** تلعب المعالجات المسبقة دوراً كبيراً في تلبية احتياجات جديدة لم تكن ملبأة من قبل، مثل تحسين مدة الصلاحية والحفاظ على النكهة الطبيعية للمنتجات الفلاحية.
- **الأداء :** تحسن المعالجات المسبقة من الأداء العام للمنتجات من خلال الحفاظ على قيمتها الغذائية وتقليل الفاقد أثناء عملية التجفيف، مما يجعل الأداء الكلي للمنتج أعلى أو مساوياً لتوقعات العملاء.
- **التكييف :** تساهم المرونة في التعديل والتغيير خلال المعالجة المسبقة في تكييف المنتجات الزراعية تبعاً للاحتياجات المحددة للعملاء، مثل تعديل مستويات الرطوبة والملوحة لتناسب الأذواق المختلفة.
- **إنجاز المهمة :** تساعد هذه المعالجات في تسهيل إنجاز المهام للعملاء من خلال توفير منتجات جاهزة للاستخدام وسهلة التحضير، مما يوفر الوقت والجهد.
- **التصميم :** تساعد المعالجات المسبقة في تحسين تصميم المنتجات بحيث تتوافق مع رغبات وظروف العملاء، مثل تحسين الشكل واللون والقوام.
- **السعر :** تساهم تقنيات المعالجة المسبقة في تقديم منتجات ذات جودة عالية بسعر أقل من خلال تحسين الكفاءة وتقليل الفاقد، مما يلبي متطلبات شرائح العملاء المختلفة (الطاقة النظيفة).



● **خفض التكاليف :** تعمل المعالجات المسبقة على خفض التكاليف عن طريق تحسين عمليات التجفيف وتقليل الحاجة إلى المواد الحافظة والمواد الكيميائية (الشمس والرياح).

● **الحد من المخاطر :** تقليل المخاطر المحتملة للعملاء من خلال تحسين السلامة الغذائية للمنتجات وتقديم ضمانات على الجودة والنظافة هذا من جهة الزبائن وبالنسبة للفلاحين هي حل لازمات كساد المحاصيل الزراعية وتلفها في اسوء الحالات .

● **سهولة الوصول :** تجعل هذه المعالجات المسبقة للمنتجات الفلاحية أكثر إتاحة للعملاء الذين لم يكن بإمكانهم من قبل الوصول إليها بسبب مشاكل التخزين أو التوزيع (نقاط البيع , المعارض التجارية)

● **الملاءمة/سهولة الاستخدام :** تجعل المعالجات المسبقة المنتجات الزراعية أكثر سهولة في الاستخدام من خلال تحسين طرق التغليف والتخزين، مما يزيد من راحة العملاء وسهولة استخدامهم للمنتجات.

بهذا الشكل، يمكن القول أن المعالجات المسبقة قبل التجفيف تلعب دوراً محورياً في تحسين جودة المنتجات الفلاحية في منطقة غرداية، مما يعزز القيمة المقدمة للزبائن بشكل كبير.

3. أهداف المشروع :

- نطمح الى توسيع حجم المعالجات المسبقة قبل التجفيف على جودة المنتجات الفلاحية في منطقة غرداية.
- تحسين جودة المنتجات الفلاحية من خلال استخدام تقنيات المعالجة المسبقة.
- دراسة كيفية تقليل التلف وزيادة مدة الصلاحية للمنتجات الفلاحية بفضل المعالجات المسبقة.
- تعزيز قابلية المنتجات الفلاحية للتسويق وزيادة قيمتها المضافة.
- دعم استدامة القطاع الفلاحي وتحسين شروط العمل والتسويق للمزارعين في الجزائر

هذه الأهداف تسعى إلى استكشاف الفوائد الكامنة لاستخدام المعالجات المسبقة وتطبيقها بشكل فعال لتعزيز القطاع الفلاحي ورفاهية السكان المحليين.

4. فريق العمل:

يتكون فريق المشروع من :

الطالبتين قنّدة بشرى و بن عبد الرحمان زينب الذي تلعب دور قائد المشروع فمن مهامنا مايلى :

المسؤوليات:

- إدارة المشروع: تخطيط وتنسيق جميع جوانب المشروع.
- البحث والتحليل :إجراء الأبحاث حول المعالجات المسبقة وتقنيات التجفيف.
- جمع البيانات:تصميم وإجراء التجارب لجمع البيانات المتعلقة بجودة المنتجات الفلاحية.
- التوثيق:كتابة التقارير العلمية وتحليل النتائج.



- الاتصال:التنسيق مع مختلف الجهات منها الممولة والشركاء الخارجيين والزبائن والموردون .

إضافة إلى ذلك، يمكن الاستفادة من:

- المستشارين و الخبراء: التعاون مع مستشارين من الجامعات أو مراكز البحث للحصول على توجيه إضافي.
- الطلاب المتدربين:توظيف طلاب جامعيين كمساعدين بحثيين إذا كان ذلك ممكناً لتخفيف العبء وتحقيق نتائج أفضل.

5. جدول زمني لتحقيق المشروع :

الشهر							
7	6	5	4	3	2	1	
					✓	✓	1 الدراسات الأولية، اختيار مقر الوحدة الإنتاجية، تجهيز الوثائق المطلوبة
				✓	✓		2 طلب تجهيزات من الداخل
			✓	✓	✓		3 بناء مقر لإنتاج المصنع
		✓	✓	✓			4 تركيب المعدات
	✓						5 اقتناء المعدات الأولية
✓							6 انطلاق في العملية الإنتاجية



3 المحور الثاني

الجوانب الابتكارية

المحور الثاني الجوانب الابتكارية

1. طبيعة الابتكارات :

في هذا المشروع، يتم تحديد الابتكارات وفقاً لعدة فئات رئيسية. في الابتكارات الجذرية، نركز على تطوير تقنيات جديدة للمعالجة المسبقة للمنتجات الفلاحية قبل التجفيف، بالإضافة إلى إنشاء أساليب تجفيف متقدمة تختلف جذرياً عن الأساليب التقليدية لتحسين جودة المنتج النهائي. بينما في ابتكارات السوق، نقوم بتحديد وتطوير أسواق جديدة للمنتجات المحسنة باستخدام التقنيات المذكورة، بالإضافة إلى تطوير استراتيجيات تسويق مبتكرة تركز على جذب شرائح واسعة من المستهلكين. في الابتكارات التكنولوجية، ندمج تقنيات متقدمة مثل إنترنت الأشياء لمراقبة وتحليل عمليات التجفيف والمعالجات المسبقة، بالإضافة إلى تطوير تطبيقات برمجية لتحسين كفاءة العمليات. أما في الابتكارات المتزايدة، نركز على تحسين العمليات الحالية بشكل تدريجي وإجراء تعديلات صغيرة و متكررة لتحسين الجودة بشكل مستمر. وأخيراً، بعد التأكد في السوق والتكنولوجي، نجرى دراسات سوقية لفهم الاحتياجات المتغيرة للمستهلكين ونقوم بجمع ردود فعلهم لتعديل استراتيجياتنا، بالإضافة إلى إجراء اختبارات مستمرة للتأكد من فعالية التقنيات الجديدة واستدامتها، مع التحضير للتكيف مع التغيرات التكنولوجية السريعة. باستخدام هذه الفئات، نوجه جهودنا بشكل فعال نحو تحقيق أهداف المشروع وتحسين جودة المنتجات الفلاحية في منطقة غرداية.

2. مجالات الابتكارات :

بالرغم من وجود العديد من الأبحاث المحلية والدولية في هذا المجال، إلا أنه لا توجد في الجزائر مؤسسات متخصصة في المعالجة المسبقة للخضر والفواكه تقدم خدمات بجودة وفعالية باستخدام طرق بسيطة. وحتى إذا وجدت مثل هذه المؤسسات، فإنها لن تتمكن من منافستنا في السوق، لأننا قمنا بابتكار طرق معالجة أولية تحافظ على اللون والطعم والقيم الغذائية للمنتجات، وتعتمد على مواد أولية منخفضة التكلفة.



المحور الثالث

التحليل الاستراتيجي للسوق





المحور الثالث التحليل الاستراتيجي للسوق

1. عرض القطاع السوقي :

تبدأ السوق المحتمل بالمستهلكين الذين يهتمون بالنوعية الجيدة للمنتجات الفلاحية ويسعون للحصول واقتناء منتجات القيمة الغذائية العالية في الجزائر

- **السوق المستهدف :** نستهدف أولاً المستثمرين التجاريين في ولاية غرداية، وقد تم اختيار هذه الشريحة الأولية نظراً لإمكانياتنا الانتاجية وايضا القدرات المالية التي تسمح لهم بشراء منتجاتنا، وكذلك لمعرفةهم بأهمية زيادة الإنتاج وتحسين الجودة. هذا بالإضافة إلى التعاون المحتمل مع مؤسسات الدولة التي تهتم بزيادة الإنتاج والجودة أيضاً.

يركز المشروع على المعالجات المسبقة قبل التجفيف على جودة المنتجات الفلاحية في منطقة غرداية، وهو ما يجعله مغرياً للاستثماريين التجاريين الذين يبحثون عن فرص استثمارية تعتمد على التكنولوجيا لتحسين الإنتاجية والجودة.

2. قياس شدة المنافسة :

يوجد المنافسين مباشرين قلائل قد يشملون المزارعين التقليديين والمشاريع الفلاحية الأخرى التي تستخدم تقنيات تجفيف تقليدية. ولا يوجد منافسون في سوق المنتجات الفلاحية مع تقنيات المعالجة المسبقة قبل التجفيف في منطقة غرداية، وقد وجدنا بعض المنتجات المستوردة من خارج البلاد بجودة تشبه منتجاتنا

أعداد المنافسين وحصصهم السوقية تتفاوت بناءً على كفاءة الإنتاج وجودة المنتجات، حيث قد تمتلك بعض الشركات حصص سوقية كبيرة بسبب تاريخها الطويل في السوق أو استخدامها لتقنيات تجفيف تقليدية. نقاط قوة المنافسين المباشرين قد تتمثل في تكاليف إنتاج منخفضة أو توفر واسع للمنتجات، بينما تكون نقاط ضعفهم في عدم القدرة على الحفاظ على القيمة الغذائية للمنتجات أو عدم التمكن من تلبية متطلبات الجودة المتقدمة.

التحديات المحتملة تتمثل في تجاوز هذه النقاط الضعف من خلال التركيز على التقنيات المتقدمة في التجفيف وتحسين جودة المنتجات، وإقامة علاقات قوية مع الموردين و العملاء المحتملين وتوفير قيمة مضافة عالية تجعل المشروع تنافسياً في السوق المحلية وربما الإقليمية أيضاً.

3. الاستراتيجيات التسويقية :

نعتد في تسويق منتجاتنا على الجودة بكل ابعادها والتكلفة و للوصول الى اكبر شريحة ممكنة من العملاء نعتد على منصات التواصل الاجتماعي بسبب فعاليتها وسهولة استخدامها. بعد شراء



منتجاتنا، نوفر خدمة ما بعد البيع عبر منصة لطرح الاستفسارات والاستشارات لتحسين تجربة المنتج لدى العملاء.

تقديم خدمات ما بعد البيع هو جزء أساسي من استراتيجياتنا التسويقية، حيث يمكن أن تلعب دورًا كبيرًا في زيادة المبيعات. نحن نضع رضا العملاء في صدارة أولوياتنا، ولذلك قد نقدم عروضًا، استشارات، ودورات تدريبية مجانية لعملائنا الأوفياء ومتابعينا. هذه الاستراتيجيات تساعدنا على بناء علاقات قوية مع العملاء، وتعزيز الولاء لعلامتنا التجارية



دليل مشروع للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275
المحور الرابع : خطة الإنتاج والتنظيم



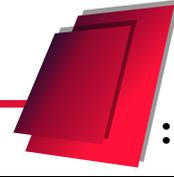
المحور الرابع

خطة الإنتاج والتنظيم





المحور الرابع خطة الإنتاج والتنظيم



1. عملية الإنتاج :

الوصف	مرحلة الإنتاج
اختيار و اقتناء المواد الفلاحية الأولية مثل الخضروات والفواكه بأعلى جودة من المزارع المحلية.	اقتناء المواد الأولية
تنظيف وتقطيع المنتجات الفلاحية واستخدام تقنيات المعالجة المسبقة قبل التجفيف للحفاظ على قيمتها الغذائية وتحسين جودتها.	تنظيف وتقطيع والمعالجة المسبقة
استخدام المجففات الشمسية لضمان تجفيف متساوٍ وفعال للمنتجات الفلاحية	تجفيف المنتج
استخدام عبوات متخصصة للحفاظ على الجودة و الطعم وتسهيل التخزين والتوزيع.	التعبئة و التغليف

2. التسوين:

في إطار مشروعنا الذي يدرس تأثير المعالجات المسبقة قبل التجفيف على جودة المنتجات الفلاحية في منطقة غرداية، نقوم بعملية الشراء مباشرة من تجار الجملة لتخفيض التكاليف، وكذلك بتأمين العتاد والتجهيزات اللازمة مثل المجففات الخاصة والأدوات التقنية، وذلك لضمان تنفيذ فعال وفعال لعمليات المعالجة المسبقة بما يحقق أقصى قدر من الجودة والكفاءة في المنتجات الفلاحية المخصصة للسوق المحلية والإقليمية.

3. اليد العاملة :

يتوقع خلق حوالي 50 منصب عمل مباشر وحوالي 100 منصب عمل غير مباشر. اليد العاملة المطلوبة للمشروع تشمل أساسا العمال المتخصصين في التصنيع والمعالجة، بالإضافة إلى مهندسين وتقنيين مختصين بالأجهزة المتطورة المستخدمة في عمليات المعالجة المسبقة (03 مهندسين و 06 تقنيين). هذا التوزيع يضمن تأمين الكفاءات اللازمة لتنفيذ العمليات بأعلى مستويات الجودة والفعالية التشغيلية.

2. الشراكات الرئيسية :

الشراكات الرئيسية في مشروعنا تشمل حاضنة أعمال جامعة غرداية، الموردين الذين يساهمون بأهمية كبيرة في استمرارية نجاح المشروع، بالإضافة إلى مراكز مراقبة الجودة و مركز البحث العلمي . URAR هذه الشراكات تعزز من قدرتنا على الابتكار والتطوير، وتوفر لنا الدعم اللازم في مجالات البحث والتطوير وضمان استدامة عملياتنا ونجاحنا في السوق.



المحور الخامس الخطة المالية



المحور الخامس الخطة المالية



1. الموارد الرئيسية

1.1 الموارد المادية:

الموارد المادية	مصادر محلي أو اجنبي	تفاصيل
معدات التجفيف والمعالجة اللازمة	محلي	مجففات خاصة، أجهزة التحكم في البيئة، أدوات القياس والرصد الحراري.
المباني والبنية التحتية	محلي	ورشات المصنع، مخازن التخزين، مكاتب الإدارة و الإدارة الفنية.
المواد الخام والمواد الفلاحية	محلي	خامات المنتجات الفلاحية المراد معالجتها وتجفيفها.
أدوات ومعدات الإنتاج والتصنيع	محلي	آلات التصنيع الفلاحي، أدوات التعبئة والتغليف، والأدوات اليدوية الخاصة.
أنظمة الطاقة و المياه والصرف الصحي	محلي	مولدات الطاقة، نظم تنقية المياه، وأنظمة إدارة النفايات السائلة.
تقنيات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات	محلي	شبكات الاتصالات، أنظمة معلوماتية لإدارة الإنتاج والمبيعات.

2.1 الموارد البشرية:

الوصف	عدد الموظفين	القسم / الوظيفة
شمل المدير العام أو المدير التنفيذي، المسؤول عن الإدارة العامة للمشروع و اتخاذ القرارات الإستراتيجية.	1	الإدارة العليا
سؤول عن التخطيط المالي و إدارة التمويل والميزانيات الشهرية و السنوية	1	الإدارة المالية
يتولى مسؤولية إدارة العمليات التقنية و الإنتاج، بما في ذلك إدارة الجودة والصيانة و التشغيل اليومي.	1	الإدارة الفنية
متخصصون في التقنيات الزراعية و الهندسية المطبقة في عمليات المعالجة المسبقة والتجفيف و ضبط الجودة.	3	المهندسون

التقنيين	6	متخصصون في التقنيات الزراعية و الهندسية المطبقة في عمليات المعالجة المسبقة و التجفيف و ضبط الجودة.
اليد العاملة	20	عمال دائمون في عمليات التجفيف والمعالجة
المجموع	100	

3.1 الموارد المالية للمشروع :

الاحتياجات	الموارد المالية
يتطلب استثمارًا أوليًا لشراء المعدات، الأصول وإنشاء الموقع	رأس المال مبدئي
يشمل تغطية الرواتب والمصروفات العامة، التسويق والترويج	التمويل العام
استخدام الأرباح المولدة داخليًا لتمويل استدامة ونمو المشروع	التمويل الداخلي (آلي)

بالنسبة لمشروع قيد الدراسة فسيتم تمويله من قبل الصندوق الوطني لتمويل المؤسسات الناشئة وبناء على الدراسات فإن المبلغ التقديري الكافي لتغطية تكاليف تمويل مشروعنا مع أخذ الاحتياطات هو 10000000000.00 دج.

الوظائف	العدد	المرتبات
الإدارة العليا	1	90000
الإدارة المالية	1	64500
الإدارة الفنية	1	45000
المهندسون	3	240000
التقنيين	6	80000
اليد العاملة	20	800000
مجموع	100	قم بحسابه

2. رقم الأعمال

1.2 بيع منتج طماطم في السنة الأولى :

متوسط المداخل الشهرية	السعر للوحدة	كتلة التجفيف كلف	متوسط أيام العمل في الشهر	بيع المنتج في السنة الأولى
2560000	1600	1600	24	الشهر 1 Mois
3200000	1600	2000	24	الشهر 2 Mois



3 Mois الشهر	24	2600	1600	4160000
4 Mois الشهر	24	2950	1800	5310000
5 Mois الشهر	24	2900	1700	4930000
6 Mois الشهر	24	2700	1800	4860000
7 Mois الشهر	24	2200	1800	3960000
8 Mois الشهر	24	2200	1900	4180000
9 Mois الشهر	24	2 000	2000	4000000
10 Mois الشهر	24	1600	2100	3360000
11 Mois الشهر	24	2000	1800	3600000
12 Mois الشهر	24	2000	1700	3400000
	288			المجموع = 47520000

2.2 بيع منتج طماطم في السنة الثانية :

بيع المنتج في السنة الأولى	متوسط أيام العمل في الشهر	كتلة التجفيف	السعر	متوسط المداخيل الشهرية
1 Mois الشهر	24	2200	1600	3520000
2 Mois الشهر	24	2500	1600	4000000
3 Mois الشهر	24	2650	1600	4240000
4 Mois الشهر	24	2800	1600	4480000
5 Mois الشهر	24	2700	1800	4860000
6 Mois الشهر	24	2900	1800	5220000
7 Mois الشهر	24	2400	1900	4560000
8 Mois الشهر	24	2450	2000	4900000
9 Mois الشهر	24	2300	2000	4600000
10 Mois الشهر	24	2400	1800	4320000
11 Mois الشهر	24	2100	1700	3570000
12 Mois الشهر	24	2350	1700	3940000
	288			52210000

3.2 بيع منتج طماطم في السنة الثالثة :

بيع المنتج في السنة الأولى	متوسط أيام العمل في الشهر	كتلة التجفيف	السعر	متوسط المداخيل الشهرية
1 Mois الشهر	24	2600	1600	4160000
2 Mois الشهر	24	2700	1600	4320000
3 Mois الشهر	24	2900	1600	4640000
4 Mois الشهر	24	2950	1600	4720000
5 Mois الشهر	24	3000	1600	4800000
6 Mois الشهر	24	2800	1800	5040000

الشهر 7Mois	24	2600	1800	4680000
الشهر 8Mois	24	2800	1900	5320000
الشهر 9Mois	24	2450	2000	4900000
الشهر 10Mois	24	2400	2000	4800000
الشهر 11Mois	24	2200	1800	3960000
الشهر 12Mois	24	2350	1700	3995000
	288			المجموع = 55335000

4.2 بيع منتج طماطم في السنة الرابعة :

بيع المنتج في السنة الأولى	متوسط أيام العمل في الشهر	كتلة التجفيف	السعر	متوسط المداخيل الشهرية
الشهر 1Mois	24	2400	1600	3840000
الشهر 2Mois	24	2500	1600	4000000
الشهر 3Mois	24	2700	1600	4320000
الشهر 4Mois	24	3000	1600	4800000
الشهر 5Mois	24	3200	1700	5440000
الشهر 6Mois	24	3300	1800	5940000
الشهر 7Mois	24	2700	1800	4860000
الشهر 8Mois	24	2600	1900	4940000
الشهر 9Mois	24	2450	2000	4900000
الشهر 10Mois	24	2500	2100	5250000
الشهر 11Mois	24	2900	1800	5220000
الشهر 12Mois	24	2400	1700	4080000
	288			المجموع = 57590000

3. التكاليف المتوقعة

1.3 التكاليف المتوقعة لسنة 2025 :

التكلفة	العنصر
100000.00	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة Enseigne et éléments de communication
95000.00	تكاليف الحصول على العدادات (الماء-الكهرباء، انترنت). Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-.)
95000.00	رسوم إيداع الملفات Frais de dossier
9500.00	تراخيص البرامج
60000.00	تكاليف الموثق-المحامي Frais de notaire ou d'avocat
400000.00	التدفق النقدي الأولي الذي يحتاجه المشروع Trésorerie de departe

2564500.00	أجور الموظفين
5000000.00	أعمال البناء
300000.00	إيجارات
1000000.00	المعدات والمركبات
300000.00	تجهيزات المكتب
9924000	Totale

2.3 تكاليف المتوقعة لسنة 2026 :

التكلفة	العنصر
9500.00	تراخيص البرامج
59000.00	تكاليف الحصول على العدادات (الماء، الكهرباء، انترنت).
2464500.00	أجور الموظفين
500000.00	التدفق النقدي الاحتياطي الذي يحتاجه المشروع
300000.00	الأعمال وتحسينات الأماكن
100000.00	تكاليف التسويق
3433000	Total

3.3 التكاليف المتوقعة لسنة 2027 :

التكلفة	العنصر
9500.00	تراخيص البرامج
59000.00	تكاليف الحصول على العدادات (الماء، الكهرباء، انترنت).
2464500.00	أجور الموظفين
500000.00	التدفق النقدي الاحتياطي الذي يحتاجه المشروع
300000.00	الأعمال وتحسينات الأماكن
100000.00	تكاليف التسويق
3433000	Total

4.3 التكاليف المتوقعة لسنة 2028 :

التكلفة	العنصر
9500.00	تراخيص البرامج
59000.00	تكاليف الحصول على العدادات (الماء، الكهرباء، انترنت).
2464500.00	أجور الموظفين
500000.00	التدفق النقدي الاحتياطي الذي يحتاجه المشروع
300000.00	الأعمال وتحسينات الأماكن
100000.00	تكاليف التسويق

3433000

Total

نتوقع نفس التكاليف للسنوات 2026 و 2027 و 2028
ملاحظة: مجموع التكاليف هو مجموع الأعباء المتحصل عليها في السنوات الأربع
 تكاليف الكلية = (تكاليف 2025 + تكاليف 2026 + تكاليف 2027 + تكاليف 2028)
 تكاليف الكلية = (9924000 + 3433000 + 3433000 + 3433000)
4. الربح والخسارة المتوقعة:

سنوات	إيرادات	التكاليف	نتيجة السنة المالية
2025	47520000	9924000	52667000
2026	52210000	3433000	51672000
2027	55335000	3433000	47777000
2028	57590000	3433000	30696000
إجمالي السنوات 04 سنوات	212655000	20223000	182812000

ملاحظة: بموجب قانون المالية 2020 لا تدفع المؤسسات الناشئة أي ضرائب طيلة أربع سنوات من الميزانية.

5. الميزانية الافتتاحية:

المبالغ	الخصوم	المبالغ	الأصول
5000000.00	رأس المال	400000.00	الأصول الثابتة:
		10000.00	تجهيزات مكتب
		1000000.00	المباني
		1410000	معدات ومركبات
5000000.00	مجموع الخصوم	20000000	مجموع الأصول الثابتة
		100000	أصول متداولة
		128000	المخزونات
		499452000	أنترنت و كهرباء.. الخ
		519680000	تكاليف التسويق
		521090000	النقدية
		مجموع أصول متداولة	
		مجموع أصول	

من إعداد الطالبتين:

- الأصول الثابتة تشمل على التجهيزات والمعدات والبرامج؛
- النقدية تشمل على المتاح المالي المتوفر في خزانة المؤسسة؛
- رأس المال هو التمويل الذي تم المساهمة به في المشروع.

6. الميزانية الختامية:

1.6 ميزانية الأصول:

2027	2027	2026	الأصول
400000.00	400000.00	400000.00	الأصول الثابتة:
8500.00	8500.00	8500.00	تجهيزات مكتب
		1000000	مباني
			معدات ومركبات
1000000	1000000	41850000	مجموع الأصول الثابتة
1408500	1408500		أصول متداولة
		250000.00	المخزونات
59000.00	59000.00	59000.00	انترنت و كهرباء.. الخ
245000.00	415000.00	700000.00	النقدية
180000.00	474000.00	100900000	مجموع أصول متداولة
1588500.00	1882500.00	142750000	مجموع أصول

2.6 ميزانية الخصوم :

2027	2027	2026	الخصوم
1489500	1783500	2068500	رأس المال
1489500	1783500	2068500	مجموع الخصوم

7. دوران التوقعات السنوية :

سنة 4	سنة 3	سنة 2	سنة 1	العناصر
299	299	299	299	عدد الأيام/السنة
33150	32650	28300	27750	معدل الإنتاج المتوقع
5	5	5	5	عدد من المنتجات
1950	1950	1950	1950	سعر البيع
56262500	55497500	5137500	4522500	رقم المعاملات
25%	20%	15%	10%	-النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين العام N والعام (N+X) (%)
14065625	11078500	7712250	4691250	حجم الزيادة في حجم الأعمال بين السنة المقابلة و السنة التالية (DA)





للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275

دليل مشروع
المحور السادس: النموذج الأولي التجريبي



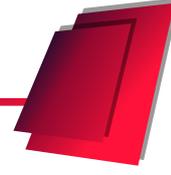
المحور السادس

النموذج الأولي التجريبي





المحور السادس النموذج الأولي التجريبي



نموذج البرتوكول التجريبي :

تمت تجربتنا على مستوى مركز البحث العلمي للطاقات المتجددة في حقل التطبيقات الطاقات المتجددة في التجفيف و المعالجة الأولية تم تحسين العمل، يعرض الجدول و الصور الآتية كل التفاصيل عن العمل الأولي:

(1) نتائج المعالجة المسبقة ليقطين :

في المجفف المباشر :

B.V



B. E.C



B.S.C.So



I.S.C.So



I.S.Ci



Sn. T



في مجفف غير مباشر :

B.V

B.E.C

B.S.C.So



I.S.C.So



I.S.Ci



Sn.T



B.V



B.E.C



B.V.I.Sc



B.S.Ci

(2) نتائج المعالجة المسبقة لجزر :
في المجفف المباشر :



I.S.Ci

I.E.Di



I.S.Asc

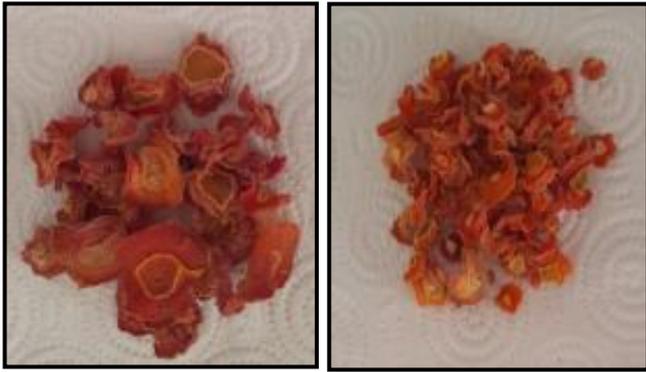
Sn.T



في مجفف غير مباشر :



B. V



B.E.C



B.V.I.S.Sc



B.S.Ci



I.S.Ci



I.E.Di



I.S.Asc

Sn.T



(3) نتائج المعالجة المسبقة لطماطم:

في المجفف المباشر :

B.V



B. E.C



B .S.C.So



I.S.C.So



I.S.C.Ca



I.S.Asc



Sn.T



في مجفف غير مباشر :



B.V



B.E.C



B.S.C.So



I.S.C.So



I.S.C.Ca



I.S .Asc



Sn.T



4 نتائج المعالجة المسبقة البطاطس :
في المجفف المباشر :

B.V

B.E.C

B.V.I.S.Sc



B.S.C.So



I.S.C.So



I.S.Ci



T. ultrasons



Sn.T



B.E.C.I.S.G.C



B.E.C.C



في مجفف غير مباشر :



B.V



B.E.C



B.V.I.S.Sc



B.S.C.So



I.S.C.So



I.S.Ci



T.U



Sn.T



B.E.C.I.S.G.C



B.E.C.C



(5) نتائج المعالجة المسبقة لموز:

في المجفف المباشر:

B.E.C

I.S.Ci

T.U



T.C



Sn.T



في مجفف غير مباشر :

B.E.C



I.S.Ci



T.U



T.C



Sn.T





BZ Drying Technologie





للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275
الملاحق

دليل مشروع
قائمة



للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275
الملاحق

دليل مشروع
قائمة

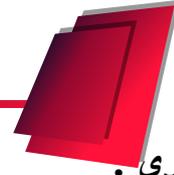


قائمة الملاحق





الملحق رقم 01 نموذج العمل التجاري



نموذج العمل التجاري .

الشرائح المستهدفة:

- مصانع التجفيف والمعالجة الغذائية: للاستفادة من النتائج ولتحسين عملياتهم وزيادة كفاءة الإنتاج.
- المستهلكون (الأفراد): للحصول على منتجات زراعية ذات جودة أعلى وقيمة غذائية أفضل.
- تجار الجملة و التجزئة

العلاقة مع العملاء:

- إنشاء موقع على الانترنت لعرض منتجاتنا
- لجذب عملاءنا
- نستخدم حملات إعلانية عبر موقع المؤسسة و مواقع التواصل الاجتماعي.
- لإقناعهم بالشراء
- نركز على القيمة المضافة وما سيربحونه والمشاكل التي نقوم بحلها لهم .
- المشاركة في المعارض التجارية

المهام الأساسية:

- شراء منتجات (خضر وفواكه).
- المعالجة المسبقة.
- التجفيف
- تغليب وتغليف.
- البيع .
- التوصيل

القيمة الأساسية:

- تعزيز الجودة (الحصول على منتجات ذات جودة عالية).
- توفير الطاقة (طاقة الشمس).
- تخفيض التكلفة
- توفير منتجات بيو امنة لاستهلاك.
- تخفيض تكلفة الإنتاج
- أسعار البيع.

الشركاء الأساسيون:

- حاضنة الأعمال
- لجامعة غرداية
- المزارعين
- شركة النقل
- مركز البحث العلمي
- مديرية مراقبة الجودة

القنوات:

- مواقع التواصل الاجتماعي.
- موقعنا الإلكتروني
- لتواصل المباشر.
- التسويق.

المصادر الأساسية:

- الموردين (الفلاحين)

مصادر الدخل:

- بيع المنتجات المجففة
- الشراكة مع المستثمر الفلاحية
- القروض والمنح المقدمة من البنوك و اجهزة الدولية

هيكل التكاليف:

- رواتب اليد العاملة
- تكلفة شراء المواد الأولية والمعدات.
- تكاليف الوسائل
- تكاليف الثابتة (الايجار و التامينات) و المتغيرة (النقل)



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة غرداية
حاضرة أعمال جامعة غرداية



رقم: 60 / ح.أ.ج.ع/2024

شهادة توظيف "مشروع مبتكر وفق قرار 1275"

أنا الممضي أسفله، السيد : د/ مراكشي عبد الحميد

مدير حاضرة الأعمال: جامعة غرداية (بالإنابة)

المقر الاجتماعي / العنوان: المنطقة العلمية، ص ب 455، غرداية، 47000، الجزائر

بتاريخ:

رقم علامة الحاضرة:

طبيعة المشروع: مؤسسة ناشئة

أشهد أن الطالب / الطالبة التالية أسمائهم:

الاسم واللقب	الطور الدراسي	التخصص	الكلية
قنّدة بشرى	M2	هندسة كيميائية	كلية العلوم والتكنولوجيا
بن عبد الرحمان زينب	M2	هندسة كيميائية	كلية العلوم والتكنولوجيا

تحت إشراف الاستاذ/الاستاذة التالية أسمائهم:

الاسم واللقب	الرتبة	التخصص	الكلية
داود جمال	أستاذ التعليم العالي	هندسة طرائق	كلية العلوم والتكنولوجيا
بن صديق عبد الوهاب	أستاذ محاضر	هندسة طرائق	كلية العلوم والتكنولوجيا

تم توظيفه على مستوى حاضرة أعمال جامعة غرداية - بمشروع تحت اسم:

**impact des prétraitements avant le séchage sur laqualiti des des produits agricoles :etude
appliquée aux produits de région de Ghardaia**

خلال السنة الجامعية 2024/2023.

سلمت هذه الشهادة بطلب من المعني للإدلاء بها في حدود ما يسمح به القانون.

حرر في غرداية بتاريخ: 2024/05/22

مدير الحاضرة (بالإنابة)

