



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة غرداية

Registration No

University of Ghardaia

...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Science and Technology

قسم الآلية والكهروميكانيك

Department of Automatics and Electromechanics

Final Thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Professional license

Field of Study: Science and Technology

Major: Renewable Energies

Specialization: Renewable Energies and Environment

Title

Renovation and improvement of direct and indirect clay-based solar dryers for drying medicinal and aromatic plants

Presented by:

BOUAMER ahmed yassine

KIOUAS ahmed mouad

TOUITI ahmed zineddine

Defended publicly on: 23/06/2026

Board of Examiners:

MOSBAH Al-Saeed	MCA	Univ. Ghardaïa	President
MOSBAH Abdelkarim	MCA	Univ. Ghardaïa	Eco-Advisor
TIMAOUI Abdelmadjid	MCA	Univ. Ghardaïa	Examiner
BENSAHA Hussein	Directeur de Recherche	Univ. Ghardaïa	Examiner
BENSEDDIK Abdelouahab	Directeur de recherche	Univ. Ghardaïa	Supervisor
DAOUED Djamel	Directeur de recherche	Univ. Ghardaïa	Co-supervisor

Academic Year: 2026 / 2025

Acknowledgments

بسم الله الرحمن الرحيم، أحمد الله الذي وفقني لإتمام هذا البحث حمدا كثيرا، الحمد والثناء والشكر لله العلي القدير على نعمه الظاهرة والباطنة وتوفيقي لإنجاز هذا العمل المحترم. ولا ننسى أفضل الصلاة والسلام على نبينا وسيدنا محمد صلى الله عليه وسلم تسليما كثيرا وعلى أهله وأصحابه ومن معه إلى يوم الدين. وعنه ورد صلى الله عليه وسلم: "من لا يشكر الناس لا يشكر الله" رواه مسلم.

First and foremost, praise be to Allah who enabled us to do this, and thanks be to Allah to whom all credit is due for this.

We would like to express our deepest gratitude to our supervisors, Mr. BENSEDDIK Abdelouahab and Mr. DAOUED Djamel, for their invaluable guidance and expertise.

Mrs GHANIA for invaluable guidance, expertise, and continuous support throughout this work.

Mr. Abdenacer for his excellent work and advices, Mr ghrisi for his magical toolkit ,and all URAER staff whom were helpful and caring through-out the whole process .

Their advice and patience have been instrumental in the completion of this thesis.

We extend our sincere thanks to the staff of the URAER research unit in Ghardaïa for providing us access to their facilities and equipment, making the experimental phase of this study possible.

We are also grateful to the members of the Board of Examiners for dedicating their time to evaluate this work.

Finally, we owe a great deal to our families and friends for their unwavering encouragement, patience, and moral support throughout our academic journey.

Dedication

To myself first

To the sleepless nights, the silent tears, the moments I wanted to give up but didn't. To the version of me who carried the weight of doubt, exhaustion, and loneliness, yet kept walking when the road was dark. This is for every sacrificed hour, every burned-out evening, every time I chose work over rest. I did not come this far to play. I am proud of the scars I carried from this journey because they are proof that I fought, that I endured, that I survived. This degree isn't just a piece of paper; ***it is my victory banner.***

To my family

You saw me at my worst, and you never turned away. To my parents, whose hands have given more than words can ever hold, you taught me that dignity is not found in success, but in the courage to rise after falling. There were days I wanted to break, and you held me together without me even asking. You gave me shelter when the storm was inside my own head. This thesis is woven from your prayers, your patience, and your unconditional love. I owe you everything I am and everything I'll become.

To my teachers

You did not just teach me lessons; you taught me how to learn from failure. You saw potential in me when I saw only exhaustion. To every professor who stayed late to explain, who gave honest criticism wrapped in discipline, who believed in me even when I doubted myself, your wisdom carved the path I walked. This work carries your fingerprints. Thank you for making me stronger, sharper, and more humble.

And finally, to THE Friends

Not the many, but the few who stayed. The real ones who sent a quiet "how are you really?" at 2 AM. Who listened to my frustration without judgment, who celebrated small progress like it was a mountain conquered. You pulled me out of my own darkness more times than you know. This achievement has your names written on it in invisible ink. Thank you for being my anchor when I was drowning 53 – 47 .

Yours

T.A.Z

Abstract

This thesis investigates the renovation and performance improvement of two clay-based solar dryers a direct configuration and an indirect configuration for drying medicinal and aromatic plants (MAPs) in the arid climatic conditions of Ghardaia, Algeria. Although Clay-based dryers are low-cost, locally manufactured systems with favorable thermal mass properties, but existing designs suffer from several shortcomings including degraded polycarbonate covers, uneven heat distribution, dust infiltration, and difficult product loading.

Two experimental campaigns were conducted at the URAER research unit: a pre-renovation campaign in February 2026 and a post-renovation campaign in May 2026. Five targeted upgrades were implemented: replacement of degraded polycarbonate panels with 5 mm glass panes, installed of black floor tiles to improve heat absorption and ease of loading, application of air filtration screens to prevent dust ingress, installation of a one-piece matte black aluminum solar collector panel, and structural repair of the clay walls using clay & limestone paint.

The results show that post-renovation, the indirect dryer achieved peak internal temperatures up to 11 °C higher than before renovation, with improved temperature uniformity between the sensors. Both dryers exhibited better alignment between their internal temperature profiles and solar irradiation patterns, confirming an enhanced thermal performance. The study also evaluated the drying kinetics of *Asphodelus tenuifolius* and mint (*Menthe* sp.) as test plants, validating the superior moisture-extraction capability of the renovated systems compared to open sun drying.

The findings confirm that simple, cost-effective, locally available material upgrades can transform underperforming clay dryers into efficient, sustainable tools for preserving medicinal and aromatic plants while reducing post-harvest losses for small-scale farmers in arid regions.

Keywords: Solar drying; Clay dryer; Medicinal and aromatic plants; Renovation; Thermal performance; Ghardaïa; Renewable energy; Drying kinetics; Post-harvest losses.

ملخص

تتناول هذه الأطروحة تجديد وتحسين أداء مجففين شمسيين مبنيين من الطين أحدهما مباشر والآخر غير مباشر لتجفيف النباتات الطبية والعطرية في ظروف المناخ الجاف لمنطقة غرداية بالجزائر. تتميز المجففات الطينية بتكلفة منخفضة وإمكانية التصنيع المحلي وخصائص كتلة حرارية مناسبة، غير أن التصاميم القائمة تعاني من عدة عيوب تشمل تدهور ألواح البولي كربونات، وعدم انتظام توزيع الحرارة، وتسرب الغبار، وصعوبة تحميل المنتجات.

أُجريت حملتان تجريبيتان في وحدة أبحاث URAER حملة ما قبل التجديد في فبراير 2026 وحملة ما بعد التجديد في مايو 2026. وتضمنت التحسينات المنفذة: استبدال ألواح البولي كربونات المتدهورة بألواح زجاجية بسماكة 5 ملم، وتركيب بلاط أرضي أسود لتحسين امتصاص الحرارة وتسهيل عملية التحميل، وتركيب مرشحات هواء للحد من دخول الغبار، واستبدال لوحة المجمع الشمسي بلوحة ألومنيوم أسود غير لامع أحادية القطعة، وإصلاح جدران الطين بطلاء الجير.

أظهرت النتائج أن المجفف غير المباشر بعد التجديد حقق درجات حرارة داخلية قصوى أعلى بما يصل إلى 11 درجة مئوية مقارنة بما قبل التجديد، مع تحسن ملحوظ في انتظام توزيع الحرارة. كما تمت دراسة حركية التجفيف باستخدام نبات (طازية) *Asphodelus tenuifolius* والنعناع كعينات تجريبية.

الكلمات المفتاحية: التجفيف الشمسي؛ المجفف الطيني؛ النباتات الطبية والعطرية؛ التجديد؛ الأداء الحراري؛ غرداية؛ الطاقة المتجددة.

Table of content

Acknowledgments.....	
Abstract	I
ملخص	II
List of Figures	V
Chapter I: Bibliographic study about drying	
General Introduction.....	1
1. What is plants drying.....	3
1.1 Definition and Scientific Basis	3
1.2 Water Activity and Preservation Mechanisms.....	3
2. Materials and Drying Methods	5
2.1 Common Plant Materials Subject to Drying.....	5
2.2 Conventional Drying Methods.....	6
2.2.1 Traditional and Open-Sun Drying	6
2.2.2 Conventional Mechanical Drying.....	6
2.2.3 Advanced Drying Technologies	7
3. Exploitation of Renewable Energies in Drying Different Types of Plants	7
3.1 Solar Energy-Based Drying	8
3.2 Biomass Energy for Drying	9
3.3 Geothermal and Wind Energy	9
3.4 Energy Storage for Reliable Drying	9
3.5 Smart Integration and Control	9
4. Benefits of Drying Using Renewable Energy Sources.....	10
4.1 Environmental Benefits	10
4.2 Economic Benefits	10
4.3 Quality and Product Benefits	10
4.4 Social and Development Benefits	11
Chapter II: Methods and materials	
II.1.1 Experimental setup:	12
II.1.2 Description of the Developed Prototypes – Enhancing Dryer Performance	12
1. Addressing existing flaws:	12
2. Applying Practical upgrades for enhanced performance:	12
Initial schematic diagram of solar dryers:	13
.....	13
II.1.3. Prototype Component	14
II.1.3.1. Drying Cabinet	14
Structure and Dimensions	14

Internal Components and Air flow	15
II.1.3.2 Solar Collector (Indirect dryer especially)	15
A) Prototype de séchoir solaire indirect	16
B) Prototype sechoire direct	17
Figure II. 8. Instrumentation of the solar dryers	17
II.1.4.2 Measure of the ambient air temperature	17
Figure II.9. Ambient air temperature measuring sensor	17
II.1.4.2Acquisition and data treatment:	17
II.3 VEGETAL MATERIAL	22
Before Renovation:.....	22
II.3.1 Asphodelus tenuifolius (TAZIA).....	23
II.4 Drying Protocole	24
II.4.1. Sample Preparation of the Asphodelus tenuifolius	24
Chapter III: Results and discussion	
III.1. Thermal behavior of direct and indirect solar dryers	26
III.2. Performance of direct and indirect solar dryers:	28
IV.2.1. Direct	28
IV.2.2 Indirect.....	28
III.3 Comparison between the phases (before & after)	29
III.4 Comparative thermal Analysis: May vs February (T2, T3, T6, T7 and ΔT):	29
General conclusion.....	31
Additional Bibliography.....	35

Appendices

List of Figures

Figure I.1: Scientific basis of solar drying	03
Figure I.2: Water activity of drying grapes during solar drying experiments	04
Figure I.3: Effect of sensory properties at high and low temperatures	05
Figure I.4: Schematic of working principle of open sun drying method	05
Figure I.5: BAU-STR dryer schematic and pictorial view	07
Figure I.6: General information of direct/indirect solar dryers and fabricated hybrid mixed-mode solar Dryer	08
Figure II.1: Preliminary schematic diagram of the direct solar dryer	13
Figure II.2: Initial schematic diagram of the indirect solar dryer	14
Figure II.3: Prototype of an indirect solar dryer (before renovation)	14
Figure II.4: Prototype of a direct solar dryer (before renovation)	14
Figure III.5: Photograph of the drying chamber: Direct (left) and Indirect (right)	15
Figure II.6: Solar collector aluminum panel	16
Figure II.8: Instrumentation of the solar dryers	16-17
Figure II.9: Ambient air temperature measuring sensor	17
Figure II.10: Photograph of the data acquisition and processing system	18
Figure II.10.1 Anemometer used in qm determination	18
figure.II.11.the steps and results of installing floor tiles	19
figure.II.12. results of installing aluminum framed 5mm glass panes	19
figure.II.13. Air conditioner filters installed in the inlet of Air	20
figure.II.14. final look of both dryers after all the renovation labor	20
Figure II.15: Photographs of the desiccator used in the process to determine the initial water.C	21
Figure II.16: Photographs of the oven used to determine the dry matter content	21
Figure II.17: KERN ABT balance	22
Figure II.18: KERN PCB 3500-2 balance	22
Figure II.19: Asphodelus tenuifolius plant	22
Figure III.20: Home gardened Mint	23
Figure II.21: Asphodelus tenuifolius lab preparation	24
Figure II.22: Asphodelus tenuifolius during the drying process	24
Figure II.23: Mint's lab preparation	24
Figure II.24: Homegrown mint during drying	25
Figure III.1: Temperature variation in the indirect solar dryer (before)	26
Figure III.2: Temperature variation in ambient air during drying period (before)	27
Figure III.3: Temperature variation in the direct solar dryer (before)	27
Figure III.4: Ambient temperature variations during test days (17–20/05/2026)	28
Figure III.5: Temperature variation at center and outlet of direct solar dryer (after)	28
Figure III.6: Temperature variation at center and outlet of indirect solar dryer (after)	29
Figure III.7: A Raw absolute temperatures with $\pm 1\sigma$ shading.	

Graph B The original ΔT approach flagged with a warning annotation showing where the seasonal confound misleads interpretation.

Graph C both periods normalized to the same Feb baseline ambient

LIST OF ABBREVIATIONS

MAP / PAM	Medicinal and Aromatic Plants / Plantes Aromatiques et Médicinales
ISD	Indirect Solar Dryer
DSD	Direct Solar Dryer
HSD	Hybrid Solar Dryer
PCM	Phase Change Material
TES	Thermal Energy Storage
URAER	Applied Research Unit in Renewable Energies (Unité de Recherche Appliquée en Énergies Renouvelables)
UV	Ultraviolet Radiation
aw	Water Activity
GHG	Greenhouse Gas
IoT	Internet of Things
AI	Artificial Intelligence
CFD	Computational Fluid Dynamics
PV	Photovoltaic
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
CBD	Cannabidiol
T1–T8	Thermocouple sensors 1 through 8 (temperature measurement points)

Nomenclatures

Symbol / Abbreviation	Description	Unit
ΔT	Temperature Difference	Degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
W	Moisture content (wet basis) mass of water per total mass	kg H_2O / kg w.b(or %)
Square meter	Space unit	m^2
T	Temperature	Degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
X	Moisture content (dry basis) Kilograms on dry basis	kg H_2O / kg d.b (or %)
MC	Moisture Content	% or kg/kg
MR	Moisture Ratio	/////
d.b.	Dry Basis	/////
w.b.	Wet Basis	/////

General Introduction

Drying is one of the oldest and most fundamental preservation techniques known to humanity. From the sun-drying of fruits in ancient civilizations to modern controlled-atmosphere systems, the core objective remains the same: removing moisture from plant materials to inhibit microbial growth and slow down chemical deterioration. This apparently simple process is, however, remarkably complex, involving simultaneous heat and mass transfer phenomena that determine the final product quality and shelf life. Among the wide variety of plant materials, medicinal and aromatic plants (MAPs) are particularly sensitive to drying conditions, as excessive temperatures can degrade volatile compounds, essential oils, and active pharmaceutical ingredients (Rakesh & Singh, 2020). Consequently, selecting an appropriate drying method is critical for preserving their therapeutic and commercial value.

While numerous drying technologies exist from freeze-drying to microwave-assisted drying many remain energy-intensive and economically unviable for small-scale farmers in developing countries. Solar drying offers a sustainable alternative, yet conventional solar dryers often suffer from low efficiency, uneven drying, and lack of temperature control (Belessiotis & Delyannis, 2011). This study focuses specifically on clay-based solar dryers, which are low-cost, locally manufacturable, and possess favorable thermal mass properties. Two configurations are examined: direct solar dryers (where the product is exposed to direct sunlight) and indirect solar dryers (where solar-heated air is channeled through a separate collector). The scope of this research is limited to the renovation and improvement of existing clay-based dryer designs for drying medicinal and aromatic plants (e.g., rosemary, thyme, mint, sage) under the climatic conditions of Ghardaïa, Algeria.

In a world where global food security is increasingly threatened by climate change, population growth, and significant postharvest losses, the need for efficient and sustainable drying methods has never been more pressing. It has been estimated that globally, approximately 14% of food crops are lost across the supply chain due to quality degradation during transport and storage (FAO, 2019), while nearly one-third of all food is lost or wasted annually (Gustavsson et al., 2011). At the same time, the agriculture and food system as a whole is responsible for a significant portion of global greenhouse gas emissions, contributing 31% of the annual total, which amounts to roughly 16.5 billion tons (IPCC, 2022). This creates a dual imperative: to preserve plant materials effectively while simultaneously reducing the environmental footprint associated with processing.

Specifically for medicinal and aromatic plants, improper drying leads to substantial economic losses. For example, the essential oil content of thyme (*Thymus vulgaris*) can drop by up to 40% when dried at temperatures exceeding 45 °C in conventional dryers (Rakesh & Singh, 2020). Clay-based solar dryers, owing to their thermal inertia, can maintain lower and more stable drying temperatures, thus better preserving volatile compounds. However, existing clay dryer designs have limitations: poor airflow distribution, long drying times, and susceptibility to humidity reabsorption (Lingayat et al., 2020). Renovating these systems for instance, by integrating improved chimneys, phase-change materials, or hybrid heating could significantly enhance performance.

This research addresses the following main question:

How can direct and indirect clay-based solar dryers be renovated and improved to achieve faster, more uniform, and higher-quality drying of medicinal and aromatic plants, while remaining energy-efficient and cost-effective?

The specific objectives are:

- To analyze the existing design flaws of traditional clay-based solar dryers (both direct and indirect configurations).
- To propose and implement design improvements (e.g., modified air inlet geometry, enhanced chimney draft, thermal mass optimization).
- To experimentally compare the performance of renovated dryers against conventional clay dryers and open sun drying.
- To evaluate drying kinetics (moisture ratio, drying rate) and final product quality (essential oil retention, color, rehydration capacity) for selected medicinal and aromatic plants (thyme, mint, rosemary).
- To assess the environmental and economic benefits of the improved dryers.

This thesis is organized into three chapters. Chapter 1 provides a comprehensive literature review on drying theory, medicinal and aromatic plant preservation, solar drying technologies, and clay-based dryer designs. Chapter 2 describes the methodology, including the renovation process for direct and indirect clay dryers, instrumentation, experimental setup. Chapter 3 presents the experimental results and data analysis procedures. Then discussing the findings, interprets their implications for small-scale farmers in arid regions, and proposes further improvements. Finally, the Conclusion summarizes the main contributions, highlights limitations, and suggests directions for future research

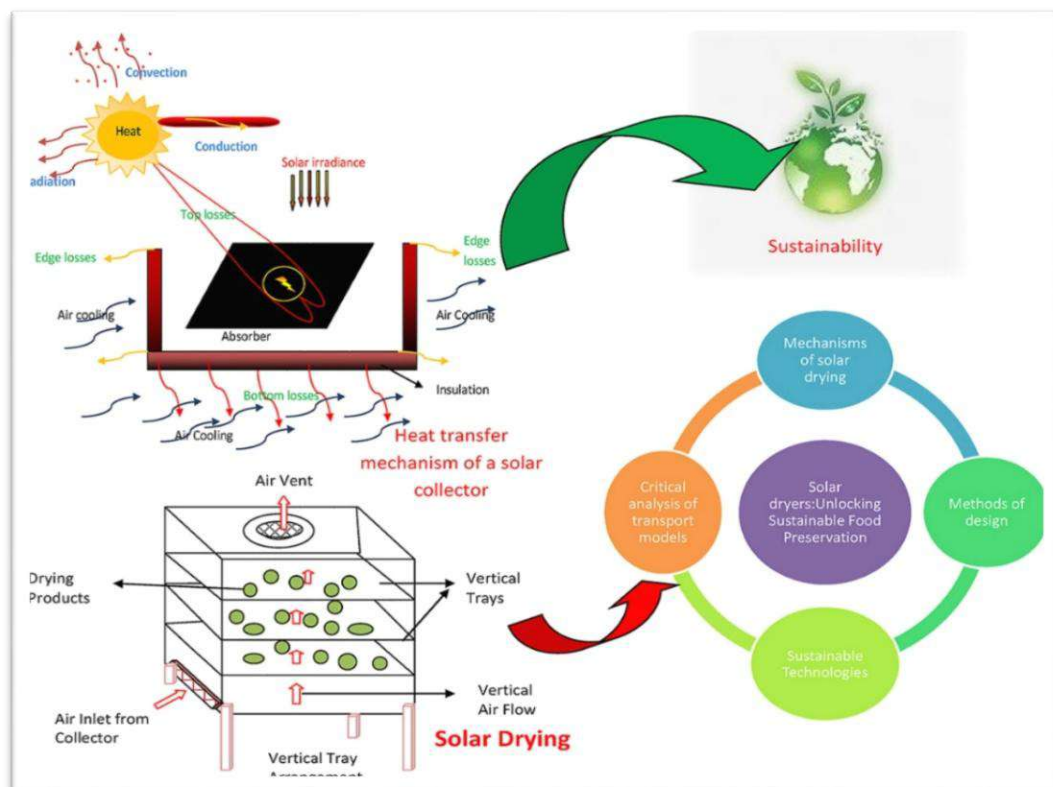
Chapter I: bibliographic study

1. What is plants drying

1.1 Definition and Scientific Basis

Drying, as applied to plant materials, is a mass transfer process in which heat and water vapor removal are applied simultaneously to biological products. The fundamental goal is to reduce the moisture content to a level so low that it prevents the growth of spoilage microorganisms such as bacteria, yeasts, and molds and minimizes moisture-mediated deterioration reactions. Water is a key element for life, and by removing "free" water, the metabolic processes of spoilage organisms are arrested, and enzymatic degradation within the plant material is significantly slowed.

From a physics perspective, drying is a coupled phenomenon of heat and mass transfer. Heat energy supplied by methods such as convection, conduction, radiation, or electromagnetic fields provides the latent heat needed to vaporize the liquid water contained within the plant's cellular structures. Once this vaporization occurs, the water vapor must then travel, or diffuse, through the internal structure of the product, cross the surface, and be carried away by the surrounding



air stream to prevent reabsorption.

Figure I.1.scientific basis of solar drying

1.2 Water Activity and Preservation Mechanisms

The preservation effect of drying is more precisely linked to the concept of **water activity (aw)** rather than the total moisture content. Water activity represents the amount of "free" water available to support biochemical reactions. Most spoilage bacteria require a water activity level

Chapter I: bibliographic study

above 0.91 to thrive, whereas molds can be active at a_w levels as low as 0.70. Effective drying aims to reduce the water activity to below 0.60, which creates an environment where neither common spoilage microorganisms nor the plant's own destructive enzymes can function effectively.

Dehydrated products are not sterile, but the remaining moisture is "bound" to the product's solids in such a way that it is not accessible for reactions. This is why a properly dried product can be stored for many months or even years at room temperature without spoiling. This principle is the foundation of all modern food and medicinal plant preservation.

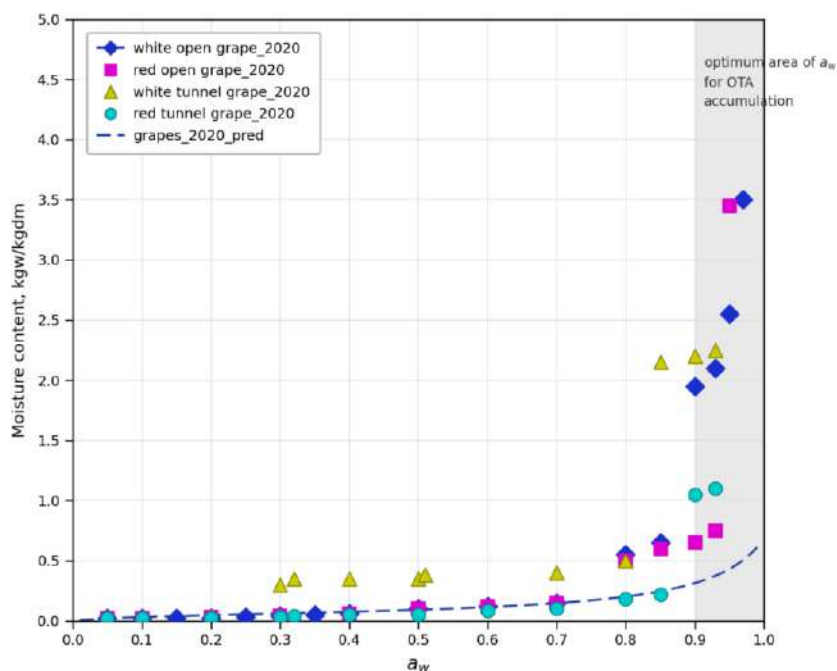


Figure I.2 Water activity of drying grapes (white and red) during the solar drying experiments (open–air and tunnel) conducted in September 2020. (“pred” stands for predicted).

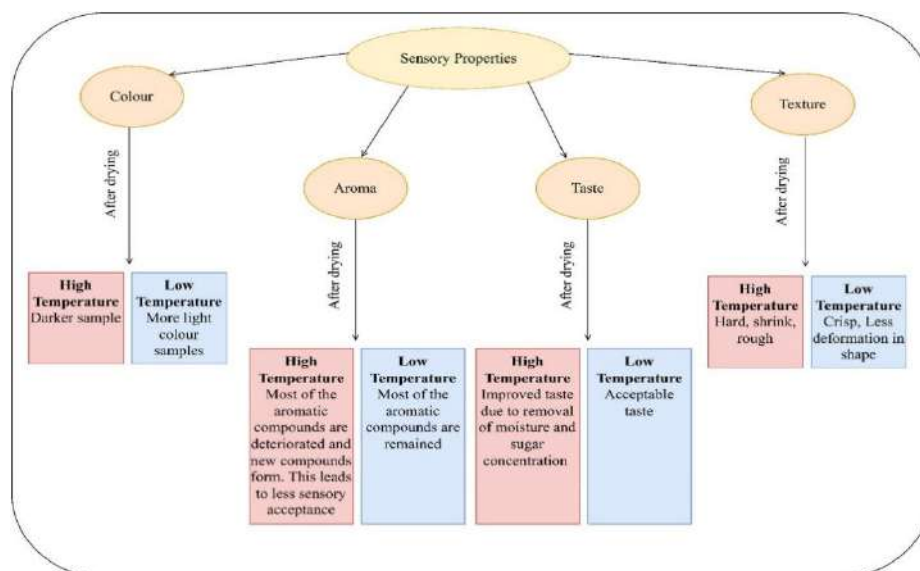
1.3 Quality Deterioration in Drying

The greatest challenge in plant drying is not removing the moisture itself, but achieving this goal while preserving the material's desirable attributes. For culinary herbs, this means maintaining the aroma, vibrant color, and flavor that define their market value. For medicinal plants, the priority is to preserve bioactive compounds polyphenols, flavonoids, alkaloids, essential oils which are the very source of their therapeutic efficacy. These compounds are often sensitive to environmental factors, particularly heat and exposure to ultraviolet (UV) radiation. High drying temperatures have been shown to cause significant losses of key active ingredients; for example, studies have reported a substantial loss of cannabidiol (CBD) in commercial drying processes when temperatures exceed 60–80 °C. Similarly, traditional open sun drying has been shown to cause significant losses of nutritive vitamins like A and C, with losses reported as high as 58% for β -carotene and 84% for vitamin C.

The optimal drying temperature varies considerably depending on the plant material. Research indicates that medicinal herbs are best dried in a temperature range of 30–50 °C to preserve their therapeutic compounds, while fruits and vegetables can tolerate slightly higher temperatures of

Chapter I: bibliographic study

50–65 °C. Specific crops have even narrower ranges; for instance, the optimal drying temperatures for ginger and turmeric have been identified as 50–60 °C and 40–50 °C, respectively. Maintaining these specific ranges is critical to preventing the degradation of gingerol and curcumin, the primary compounds responsible for their medicinal qualities.



figureI.3. Effect of sensory properties at high temperatures and low temperatures. [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

2. Materials and Drying Methods

2.1 Common Plant Materials Subject to Drying

The variety of plant materials that undergo postharvest drying is extensive, spanning virtually every agricultural category. These include:

- **Cereals and Grains:** Wheat, rice, maize, and barley are dried immediately after harvest to reduce moisture content from around 20–25% to a safe storage level below 14%, preventing mold growth and spoilage.
- **Fruits:** High-value products such as grapes (raisins), dates, figs, apricots, and apples require careful temperature management during drying to prevent "case hardening"—a phenomenon where rapid surface drying forms an impermeable skin, trapping moisture inside and leading to internal spoilage.
- **Vegetables:** Commodities like tomatoes, onions, carrots, and potatoes are frequently dried. Pretreatments such as blanching are often used to inactivate enzymes within the vegetable before the drying process begins, helping to preserve color and texture.
- **Medicinal and Aromatic Plants:** This category includes ginger, turmeric, mint, oregano, tea leaves, and chamomile, among many others. These materials are particularly delicate and highly vulnerable to thermal degradation of their active and aromatic compounds.
- **Spices:** Pepper, cardamom, cinnamon, and cloves must be dried in a manner that balances moisture removal with the preservation of volatile oils, which are directly responsible for their characteristic aromas and flavors.

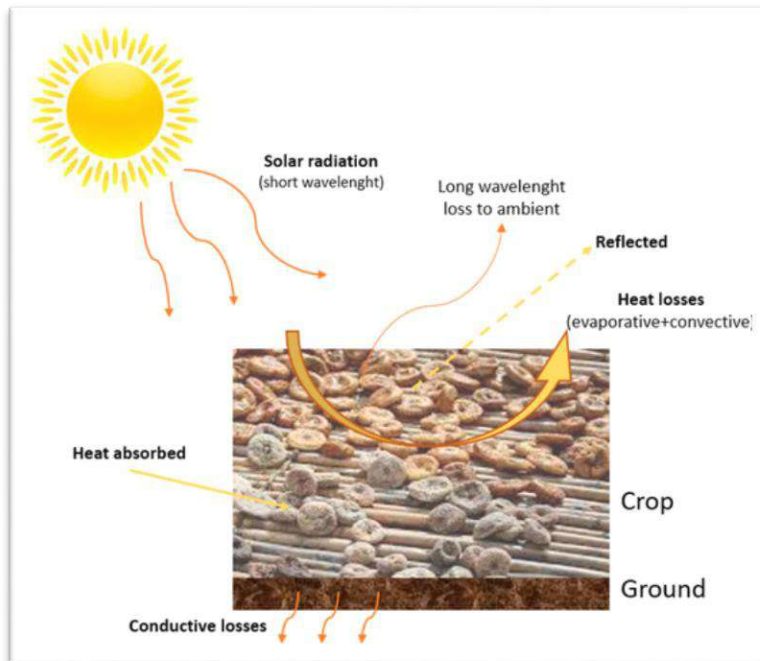
Chapter I: bibliographic study

2.2 Conventional Drying Methods

Drying methods can be broadly categorized based on their operating principle, energy source, and engineering design.

2.2.1 Traditional and Open-Sun Drying

Open sun drying is the most ancient and, in many developing regions, still the most widely practiced method. It involves spreading plant material directly on mats, rooftops, or the ground, exposed to the full heat of the sun. While economically accessible, this method is plagued by significant drawbacks. The product is directly exposed to dust, insects, birds, and rain, leading to contamination. Furthermore, there is no way to control the temperature or humidity, leading to long drying times and uneven results. In many developing nations, these traditional practices are linked to substantial postharvest losses, often accounting for as much as 30–40% of total crop yields. Shade drying, while preventing direct UV damage, extends the drying process even further, which can also promote mold growth.



figureI.4 . Schematic of working principle of open sun drying method.

2.2.2 Conventional Mechanical Drying

This category encompasses systems that rely on mechanical and electrical energy to generate heat and airflow.

- **Hot Air Drying:** This is the most common industrial method. Heated air is circulated through a drying chamber or passed over a product on a conveyor belt. It offers relatively consistent results and high thermal efficiency but requires a significant amount of floor space and can cause surface hardening if the airflow is not managed correctly. A comparative analysis

Chapter I: bibliographic study

has shown that compared to other methods, hot air drying has the advantage of low equipment cost and high thermal efficiency.

- **Oven Drying:** Suitable for small-scale applications, oven drying provides a controlled environment but is limited in its processing capacity. It is primarily used for laboratory analysis or artisanal production where batch sizes are small.

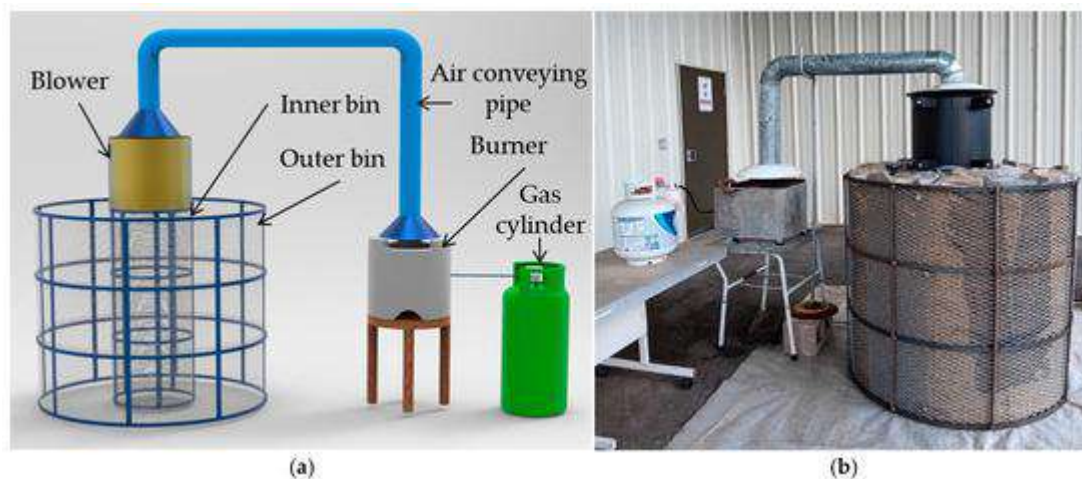


Figure I.5 BAU-STR dryer (a) schematic view and (b) pictorial view.

2.2.3 Advanced Drying Technologies

- **Freeze Drying (Lyophilization):** This sophisticated technology freezes the plant material and then reduces the surrounding pressure. The frozen water in the product sublimates directly from a solid to a vapor, bypassing the liquid phase. This results in minimal structural damage, excellent nutrient preservation, and near-perfect rehydration. However, it is characterized by high equipment costs, long processing times, and substantial energy consumption, limiting its use to high-value pharmaceutical or specialty food products.
- **Microwave Drying:** This method uses electromagnetic waves to penetrate the product, causing water molecules to rotate rapidly and generate heat internally. By heating the product from within, drying times can be dramatically reduced compared to conventional methods. Nevertheless, the technology has a significant drawback: the tendency for uneven heating, which can create "hot spots" or localized overheating, potentially damaging sensitive compounds.
- **Spray Drying:** This technique is used almost exclusively for producing powders from liquid extracts or juices. The liquid is atomized into a fine mist inside a heated drying chamber where rapid evaporation occurs almost instantaneously. It is a continuous, high-volume process but is not suitable for solid plant pieces. Furthermore, its thermal efficiency is relatively low because the air tends to cool as it transfers heat to the atomized droplets.

3. Exploitation of Renewable Energies in Drying Different Types of Plants

In response to the high operational costs and environmental impacts of conventional drying, renewable energy-based systems have emerged as viable, eco-efficient alternatives that align

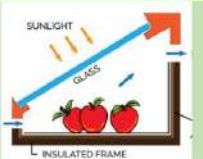
Chapter I: bibliographic study

with global decarbonization goals. These systems can be designed for any scale, from a single farmer's field to a large industrial processing plant.

3.1 Solar Energy-Based Drying

Solar energy is the most abundant and widely available renewable resource and, consequently, has received the most research and application for drying.

- **Direct Solar Dryers:** These are essentially enhanced greenhouses. The plant material is placed inside a chamber with a transparent cover that traps solar radiation, creating a greenhouse effect. The temperature inside rises above the ambient level, accelerating drying while the cover protects the product from contaminants and pests. While simple and cost-effective for home use, direct exposure to UV radiation can degrade photosensitive compounds and nutritive vitamins, as research has demonstrated significant losses of β -carotene and vitamin C in direct solar drying.
- **Indirect Solar Dryers (ISD):** This configuration represents a significant technological step forward. It physically separates the product from direct sunlight. Solar radiation heats air in a separate solar collector. This heated air is then directed through a separate drying chamber containing the product, effectively drying it without UV exposure. This method offers far greater control over conditions, effectively preserving the color, flavor, and nutritional value of the product. It is particularly well-suited for drying delicate medicinal herbs and spices that are highly sensitive to light. Research shows that indirect solar drying maintains consistently moderate temperatures (30–50°C for herbs), preventing discoloration and nutrient loss.
- **Hybrid and Mixed-Mode Solar Dryers:** To overcome the primary limitation of solar energy—its intermittency due to cloud cover and nighttime—mixed-mode and hybrid systems have been developed. Mixed-mode dryers combine direct and indirect techniques, exposing the product to both captured solar heat and direct sunlight. **Hybrid Solar Dryers (HSDs)** go a step further by integrating solar power with an auxiliary energy source, such as biomass, heat pumps, or a small amount of electricity from the grid or a photovoltaic (PV) panel. These systems are far more effective than standalone solar dryers, ensuring continuous, regulated operation regardless of weather conditions. They have been shown to reduce drying time by as much as 70% while significantly improving the quality of the end product.

	Direct Solar Dryer	Indirect Dryer
		
Operating Temperature	Medium temp. usage (45-78°C)	Medium temp. (45-75°C)
Scale of operation	Applicable in small to Industrial Scale	Better in small scale usage
Need of solar collector	No solar collector	Solar collector must
Types of Commodity	Can also be used for products* where direct solar contact is mandatory	Can also be used for products* where direct solar contact is not mandatory
Performance in unfavorable weather	Operatable even in unfavorable weather	Poor performance in unfavorable weather

(a)



(b)

Chapter I: bibliographic study

Fig. I.6. (a) General Information of Direct / Indirect solar dryers **(b)** Fabricated hybrid mixed-mode solar dryer. 1- Drying section 2- Battery 3- PV module 4- DC fans 5- drying trays 6- Dryer stand 7- Heating Section.

3.2 Biomass Energy for Drying

Biomass, derived from agricultural residues, is another key renewable source for drying. This is particularly synergistic because a facility or farm processing plant products will often have on-site residues. Commonly used residues include rice husks, groundnut shells, corn cobs, coffee parchment, and fruit pits. These can be combusted directly in a furnace to generate heat for drying air, or they can be processed in a gasifier to produce a combustible synthesis gas (syngas). This approach is especially valuable in agricultural regions where fossil fuel infrastructure is limited but residues are abundant.

3.3 Geothermal and Wind Energy

While less common, other renewables are also being integrated. Geothermal energy provides a stable, baseload heat source, perfectly suited for applications that require constant, steady-state temperatures over extended periods. Wind energy is most often used to generate electricity to power the fans and blowers in forced-convection drying systems, reducing or even eliminating grid electricity consumption. Hybrid systems that combine solar thermal energy for heating with wind-powered electricity for circulation have shown promise.

3.4 Energy Storage for Reliable Drying

The greatest obstacle to the widespread adoption of solar drying has been its intermittent nature. Recent advances in **Thermal Energy Storage (TES)** are making solar dryers far more reliable. **Sensible heat storage** uses materials like water, rocks, or concrete to store heat, but they require significant volume. **Latent heat storage** using **Phase Change Materials (PCMs)** is a more advanced solution. PCMs are substances (like paraffin wax or salt hydrates) that absorb and release large amounts of energy as they change between solid and liquid phases at a nearly constant temperature. Integrating PCMs into conventional solar dryers has proven to be highly effective. Research indicates that PCM integration can reduce drying time by up to 70.5% and improve thermal efficiency by 10–20%. Furthermore, hybrid systems equipped with PCM can maintain temperatures 5–20 °C above ambient levels even after the sun has set, allowing for near-continuous operation.

3.5 Smart Integration and Control

The latest advances in renewable drying include the integration of smart technologies. The incorporation of **Internet of Things (IoT)** sensors allows for real-time monitoring of temperature, humidity, and product moisture content, while **Artificial Intelligence (AI)** algorithms process these data to dynamically optimize drying parameters. This level of control maximizes product quality while minimizing energy consumption. **Computational Fluid Dynamics (CFD)** modeling is also used to simulate airflow patterns and temperature distribution within drying chambers, leading to improved designs that offer greater uniformity and efficiency.

Chapter I: bibliographic study

4. Benefits of Drying Using Renewable Energy Sources

The shift from fossil-fuel-based drying to renewable energy sources is not merely an environmental gesture; it is a strategic move that yields significant benefits across economic, quality, environmental, and social domains.

4.1 Environmental Benefits

The most obvious benefit is the direct reduction of greenhouse gas (GHG) emissions. Conventional drying is an energy-intensive operation that historically relied on burning fossil fuels. Solar dryers have been reported to reduce energy consumption by 75% compared to conventional fossil-fuel-powered systems, with a corresponding reduction in CO₂ emissions. For specific crops like grapes, advanced mixed-mode solar dryers with heat recovery have been shown to reduce CO₂ emissions by 1.73 tons over the system's life, yielding carbon credit savings. In a phase change material (PCM)-enhanced dryer, the potential for CO₂ mitigation is even more dramatic, with some studies estimating savings of up to 21,650 tons over the dryer's lifetime. By using inexhaustible resources like sunlight and biomass residues, renewable drying systems break the link between food preservation and fossil fuel consumption, directly contributing to climate change mitigation.

4.2 Economic Benefits

For the end-user whether a farmer, a cooperative, or a small business the economic case is compelling. After the initial capital investment, the operating costs are dramatically lower, as sunlight is free and agricultural residues are simply a waste product. For smallholder farmers, this means processing becomes economically viable, adding value to their harvest rather than selling it raw.

Perhaps the greatest economic benefit for developing regions is the **reduction of postharvest losses**. In Sub-Saharan Africa, it is estimated that up to 50% of fruits and vegetables are lost annually. By enabling on-farm drying, these losses can be converted into shelf-stable products. For example, a solar dryer can process vegetables in two to three days, compared to a week in open sun, producing a product that can be stored for up to a year. Dried products command a higher price per unit weight, have lower transportation costs, and can be stored to be sold when fresh products are out of season and prices are highest. Kenyan farmers using solar drying have seen their monthly income from vegetables increase by 30 to 50%, while the time spent waiting in markets was reduced by up to 80%.

The financial feasibility is well-documented. Economic analyses of hybrid solar dryers have revealed realistic payback periods, with some advanced systems achieving payback in as little as 0.39 years (about 4.7 months) and operational costs saved on a significant scale. Furthermore, renewable drying systems reduce energy bills, which are a major operating expense, and provide energy independence from an unreliable grid, which is common in many rural areas.

4.3 Quality and Product Benefits

As previously noted, the quality of the final product is paramount. By controlling temperature and eliminating direct sunlight, renewable dryers—especially indirect and hybrid systems—produce a superior product. Open sun drying often causes significant browning and shrinkage,

Chapter I: bibliographic study

but indirect methods maintain the natural colors and preserve bioactive compounds. For medicinal plants, this is crucial; for foods, it means better taste and consumer appeal. Additionally, the enclosed drying chambers exclude dust, insects, and other contaminants, improving the hygiene of the final product and enabling it to meet stricter food safety standards required for export markets.

4.4 Social and Development Benefits

The benefits of renewable drying extend beyond the product itself. These technologies empower communities by creating economic opportunities. The Kenya Ministry of Agriculture estimates that the country loses food worth an estimated \$942 million annually to postharvest losses. By adopting simple, locally-made solar dryers, this wealth can be retained within the community. These systems create employment opportunities in harvesting, preparation, drying, packaging, and marketing, providing more stable income than seasonal farming. Furthermore, drying activities are often led by women; access to improved technology increases their productivity and income while reducing the physical labor associated with heavy baskets and open fires.

Finally, by saving surplus harvests from spoilage, renewable drying directly contributes to **food security**, ensuring that food is available during the "lean seasons" when nothing is growing. As Mercy Manyange, co-founder of a Kenyan enterprise, stated, "We chose to use a solar dryer because it is energy-efficient, unlike electric dryers that are expensive and often inaccessible to smallholder farmers in rural areas. This technology is simple, but the impact is powerful. It protects food, protects farmers, and strengthens resilience."

Chapter II: Methods and materials

II.1 Experimental setup:

This study focuses on the performance enhancement of two solar dryers for drying a local medicinal and Aromatic herbs. The objective is to improve moisture extraction while maintaining high phytochemical quality and low operational cost. Current practice uses open sun drying on wooden-framed mats, resulting in significant loss of medicinal properties and scent. To address this, the proposed dryer enhancements integrate hot dampening and controlled slow drying-methods known to preserve herbal integrity. Upgrades were designed and applied to validate the impact against traditional techniques.

II.2 Description of the Developed Prototypes: Enhancing Dryer Performance

To improve the thermal behavior, airflow dynamics, and drying kinetics of solar dryers, this experimental study was conducted at **URAER** as part of this master's thesis. Two solar dryers were designed and built, with specific modifications to overcome common shortcomings and integrate practical upgrades.

2.1. Addressing existing flaws:

Both dryers use clay as the wall material a natural, widely available insulator to reduce heat losses, a key flaw in conventional dryer constructions. The indirect solar dryer incorporates a 2 m² hot air production unit (solar collector) with single-glazed 6 mm polycarbonate (more durable and impact-resistant than glass, but wears out faster in direct contact with heavy sun radiation). The absorber is 0.5 mm multi-pieces matte black aluminum panel (with air flow the gaps between the pieces leaks the heat resulting in poor performance of the dryers) (2.06 m × 1 m), and 4 cm sandwich panel insulation is placed beneath it eliminating the common problem of poor back insulation. The 5 cm air gap between polycarbonate and absorber ensures optimal heat transfer while avoiding overheating, the wooden floor is worn out and damaged from the process of loading the trays in an out resulting in difficulties in loading/unloading the dryers with products

2.2. Applying Practical upgrades for enhanced performance:

Fixing the existing problems with modern, cost efficient, natural methods:

- The polycarbonates short life span and vulnerability to the difficult circumstances of Ghardaia's weather conditions (extreme sun radiation exposure).
- The solar collector's leak of hot air and dust.
- The loading difficulty of the trays.
- Few custom touches.

Before the Renovation:

Chapter II: Methods and materials

Initial schematic diagram of solar dryers:

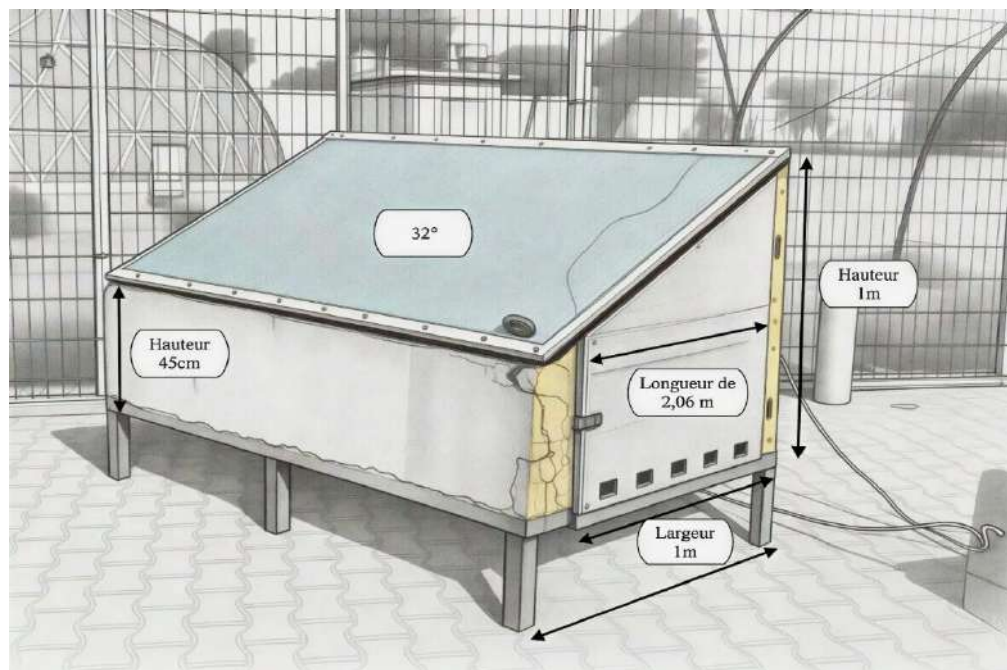


Figure II. 1. Preliminary schematic diagram of the direct solar dryer

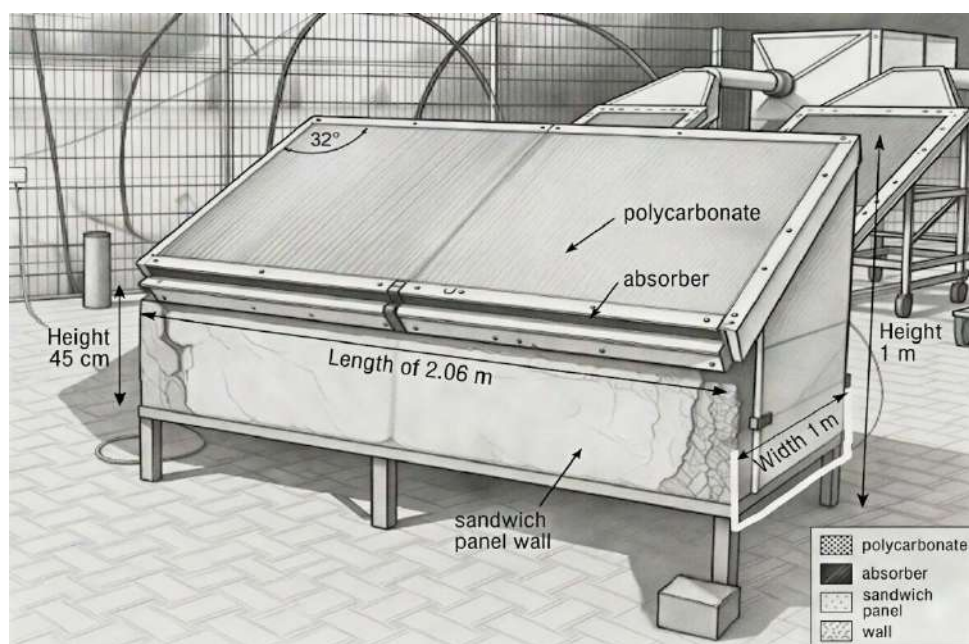


Figure II. 2 Initial schematic diagram of the indirect solar dryer

Chapter II: Methods and materials



Figure II. 3. Prototype of an indirect solar dryer (before)



Figure II. 4. Prototype of a direct solar dryer (before)

II.1.3. Prototype Component

II.1.3.1. Drying Cabinet

The drying cabinet is designed using natural, low-cost, and highly efficient materials. Clay molds were utilized in the construction and design of the walls, consisting of a mixture of **60% clay, 40% sand, and straw**.

The buildup of clay mixed with wheat stalks and straw plays a vital role in **thermal insulation**, allowing the cabinet to maintain internal temperatures more effectively than other insulating materials.

Structure and Dimensions

The dryer is composed of three trapezoidal earthen walls:

- **Back Wall:** 2.06 m long, 15 cm thick, and 1 m high.
- **Front Wall:** Positioned opposite the back wall with the same length and thickness, but with a height of 45 cm.
- **Angle:** This height difference creates a slanted profile at an **angle of 32°**.

Chapter II: Methods and materials

- **Side Wall:** This wall shares the same length as the front and back walls, as shown in Figure 3.

Internal Components and Air flow

- **Ventilation:** The wall includes a fan to create forced air circulation and to exhaust air from the chamber during the drying process (50 watts' fan mounted on a wooden frame measuring 45 cm x 45 cm).
- **Capacity:** Each dryer contains **4 trolleys**, and each trolley is equipped with **6 shelves** to hold the products being dried.
- **Door Design:** The door is designed with the same shape as the front wall; however, it is constructed from **polycarbonate** to allow more solar energy to enter the chamber.



Figure II. 5. Photograph of the drying chamber: Left) Direct solar dryer; Right) Indirect solar dryer

II.1.3.2 Solar Collector (Indirect dryer especially)

In the indirect solar dryer, we installed a hot air production unit. The solar collector consists of **6 mm thick polycarbonate** with a surface inclined at 32° . Beneath it is an **absorber plate** made of **0.8 mm aluminium** coated in matte black, with dimensions of **2.06 m x 1 m**. Thermal insulation is provided by a **sandwich panel**; in this section, a 4 cm thick sandwich panel is used, and the same insulation is applied to the lateral sides. The distance between the straw [absorber] and the glass is **5 cm**. The collector was placed directly above the desiccant, as shown in Figure 4.

Chapter II: Methods and materials



Figure III.4 Solar collector aluminum panel

II.1.4 Instrumentation of the prototypes

II.1.4.1 Temperature measurement

Temperatures were measured using nickel-chromium/nickel-aluminum thermocouples, type K. These thermocouples, with a diameter of 0.05 mm, can withstand temperatures up to 750 °C and provide an accuracy of 0.1 °C. Figure III.6 shows the locations of these sensors.

A) Prototype de séchoir solaire indirect



Chapter II: Methods and materials

B) Prototype sechoire direct



Figure II. 8. **Instrumentation of the solar dryers**

II.1.4.2 Measure of the ambient air temperature

A **K** type 0.05mm nickel-chromium/nickel-aluminum thermocouple was used in this measure, because the experiment is based on improving the **internal** performance of the dryers, the ambient Air temperature is relative but essential data to assure the same working conditions before and after the evolution of the solar dryers, therefore the comparison remains fair and scientifically honest.



Figure II.9. Ambient air temperature measuring sensor

II.1.4.2Acquisition and data treatment:

Chapter II: Methods and materials

The 12-channel thermocouple data logger is a device that monitors and records temperature readings from up to 12 thermocouples at the same time. It covers a wide temperature range from -200°C to 1800°C , making it suitable for a variety of environments. Thanks to its high accuracy, you can count on precise temperature measurements. This tool is essential for industries like research and development, providing reliable data for quality control and process optimization.

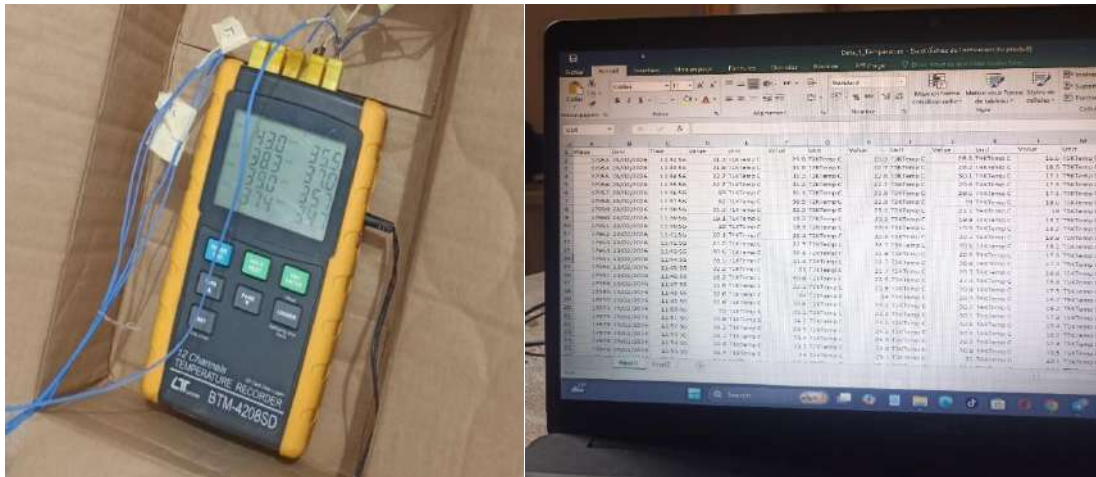


Figure II.10. Photograph of the data acquisition and processing system.

II.1.4.3 Anemometer:



Figure. II.10.1 Anemometer used to measure mass flow rate

The mass flow rate measured during the drying process was 2.7m/s as an average rate in the drying conditions

After the Renovation:

II.2.1 Installing Black Floor Tiles

Chapter II: Methods and materials

Black floor tiles eliminate difficult access and poor heating of lower trays. The smooth surface allows easy movement of loaded chariots, while the dark color increases heat absorption, ensuring uniform air circulation for lower plates.



figure.II.11.the steps and results of installing floor tiles

II.2.2 Replacing Polycarbonates with 5mm Glass panes



figure.II.12. results of installing aluminum framed 5mm glass panes

Chapter II: Methods and materials

Replacing old, scratched, yellow polycarbonates panel with glass panes eliminates poor durability and low transparency. The glass increases ray absorption and thermal confinement for ideal temperatures, plus it gives a more modern appearance.

II.2.3 Dust Filters

Dust filters eliminate the problem of airborne dust contaminating produce during sandstorms. They trap particles before they enter the drying chamber, keeping products cleaner and healthier.



figure.II.13. Air conditioner filters installed in the inlet of Air

II.2.4 Collector panel and Aesthetics (Wall Repair & Painting)

Repairing cracked walls with clay and painting with limestone prevents long-term clay dusting, especially inside the drying shell. Green agro-nets prevent loss of dried herb mass. This ensures a cleaner, safer, and more professional-looking dryer. Also a full one piece aluminum solar collector panel painted in matte black to assure maximum absorption.

Chapter II: Methods and materials



figure.II.14. final look of both dryers after all the renovation labor

II.3 EQUIPMENT USED IN THE URAER LABORATORY

A) Desiccator

This is a glass laboratory device that protects materials from moisture. It consists of a circular base vessel topped with a lid. The assembly comes with a perforated disk and an adequate amount of desiccant (silica gel) (Figure III.12).



Figure II.11. Photographs of the desiccator used in the process to determine the initial water content.

Chapter II: Methods and materials

B) Oven (Etuve 05)

This is a heating device operating under atmospheric pressure, used to carry out various heat treatments. In our work, it was set to 105°C for 24 hours in order to determine the dry matter content of the samples prepared in Figure III.13.



Figure II.12. Photographs of the oven used to determine the dry matter content

C) Balance

This is a measuring instrument used to monitor mass during drying. The measurement is carried out by weighing on a precision balance (type KERN PCB 3500-2, precision balance up to 3500g, and type KERN ABT20-4M balance, 220g / 0.1mg). As shown in Figure II.14 and Figure III.15.



Figure II.13. KERN ABT balance



Figure II.14. KERN PCB 3500-2 balance

II.3 VEGETAL MATERIAL

Before Renovation:

Before evolving the dryers, we tested them in their worn form to gather the necessary data for the comparison thus proving that the outdated design flaws need to be fixed to assure maximum efficiency.

Chapter II: Methods and materials

II.3.1 *Asphodelus tenuifolius* (TAZIA)

Asphodelus tenuifolius (onionweed), a perennial herbaceous plant, is native to North Africa, Southern Europe, the Middle East. It is considered an invasive species. It thrives in dry, disturbed, sandy, and gravelly soils. The plant has high water content (85–92%) and is regarded as an agricultural weed. It forms dense monocultures and reduces pasture quality. *Asphodelus tenuifolius* has also been used as a traditional medicine (as a diuretic and laxative) and as an emergency food during famines. The plant has some value for erosion control. Due to it being a traditional plant known among the locals in Ghardaia (Metlili Chaanba) region for its various



benefits, it was the sample in our experiment.

Figure.II.15. *Asphodelus tenuifolius*

After the Renovation

II.3.2 Mint

Mint is a fragrant herb containing 85–90% water, offering health benefits like digestive relief, nausea reduction, and anti-inflammatory effects. It is widely used in teas, cocktails, sauces, essential oils, and as a natural breath freshener.



Figure.II.16 home gardened Mint

Chapter II: Methods and materials

II.4 Drying Protocole

II.4.1. Sample Preparation of the *Asphodelus tenuifolius*

First, we brought some freshly harvested *Asphodelus tenuifolius* from the desert of Metlili, province Ghardaia to ensure good quality.

Then in the laboratory, we placed 5 samples of the plant in the oven to determine the moisture content of this medicinal herb. The initial moisture content of *Asphodelus tenuifolius* was 7.33 ± 0.111 kg H₂O / kg dry basis (88% wet basis). Then we filled the trays with the plant material, placed them into the drying carts (which allow easy loading and unloading of the product), and finally placed in each dryer a basket containing a weighed amount of *Asphodelus tenuifolius* at different drying intervals in order to draw conclusions and compare between the direct and indirect solar dryers. Figures 17 and 18 illustrate these results.



Figure II. 17. *Asphodelus tenuifolius* Lab preparation



FigureII.18. photography of the *Asphodelus tenuifolius* during the drying process

Chapter II: Methods and materials

II.4.2. Preparation of mint samples



figureII.19. mint's lab preparation

we brought Homegrown mint, in the province of Ghardaïa. The initial water content of the mint was 3.83 ± 0.23 kg H₂O / kg d.b (77.74% wet basis). First, we thoroughly washed the mint with water to remove dust and insects, then we cut it into pieces and placed 5 samples in the oven to determine the water content of the mint. Next, we filled both dryers with mint, and then placed a basket containing a quantity of mint in each dryer to weigh it at different drying time intervals in order to draw conclusions and compare the direct and indirect solar dryers. Figures 19 and 20 show the working steps.



figureII.20. photage of homegrown mint while drying

Chapter III: Results and discussion

In this chapter of the study, specifically at the stand of **URAER** in Ghardaïa, during the period from February 22 to Mai 19, 2026, the effect of solar drying of plants was studied based on the thermal behavior of direct and indirect solar dryer models. Experiments were conducted under real operating conditions in the Ghardaïa region, located at 32.37° N latitude and 3.77° W longitude. The drying properties of peppermint and *Asphodelus tenuifolius* were studied over three consecutive days. Temperatures were measured at different positions in the prototypes of direct and indirect solar dryers, and the thermal performance of these models was evaluated. The study was carried out systematically under realistic operating conditions, and the corresponding results and analyses were obtained. The available data were used to evaluate the performance of each model, determining its ability to effectively dry mint, *Asphodelus tenuifolius*, and other plants.

III.1. Thermal behavior of direct and indirect solar dryers

Before the Improvement:

The study examined the thermal performance of direct and indirect solar dryers under load (23–26/02/2026) and no-load conditions. Temperature sensors were placed at key points (inlet, outlet, middle, ambient). Results showed that the indirect dryer air temperature ranged from 6.4 °C to 42.1 °C, while ambient temperature varied between 6.5 °C and 26.6 °C. Collector outlet temperatures reached 25–50 °C, and indirect dryer internal temperatures reached 25–47 °C. At low solar radiation (end of day), internal temperatures dropped to ambient levels.

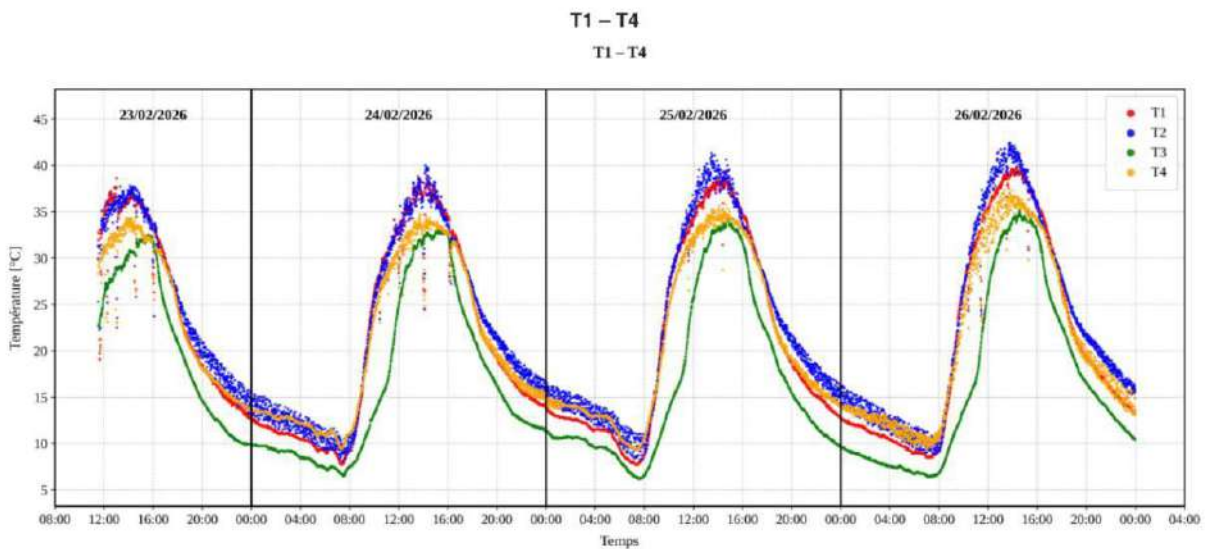


Figure III.1. temperature variation in the indirect solar dryer

Chapter III: Results and discussion

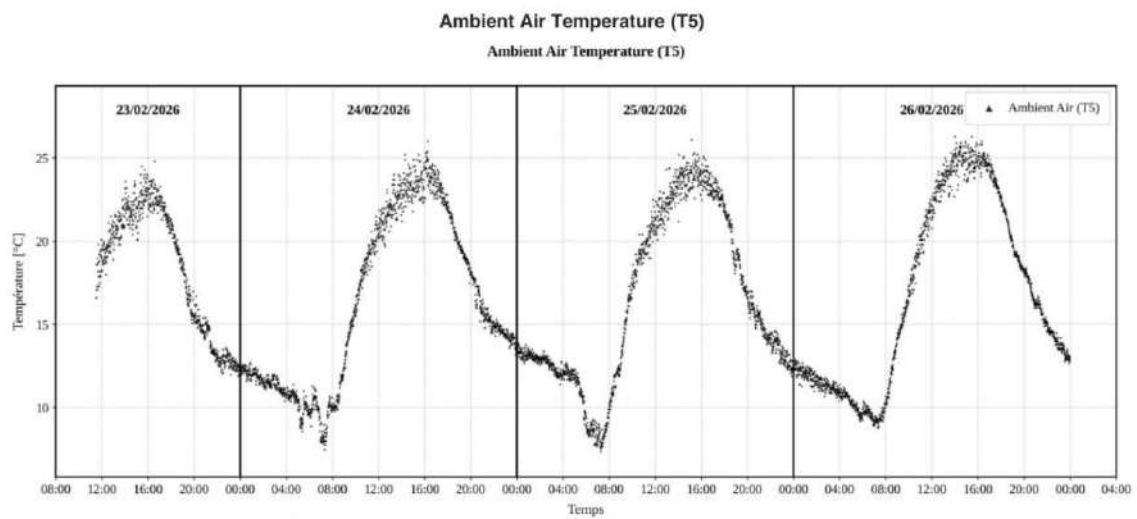


Figure III.2. temperature variation in ambient air during the drying period

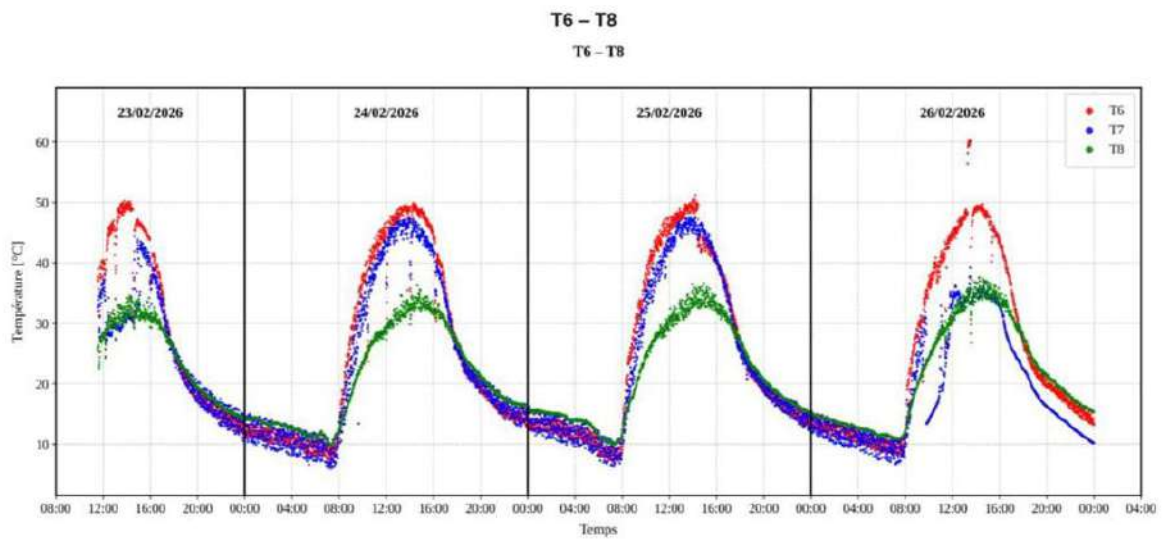


Figure III.3. temperature variation in the direct solar dryer during the drying period

After the renovation

Chapter III: Results and discussion

III.2. Performance of direct and indirect solar dryers:

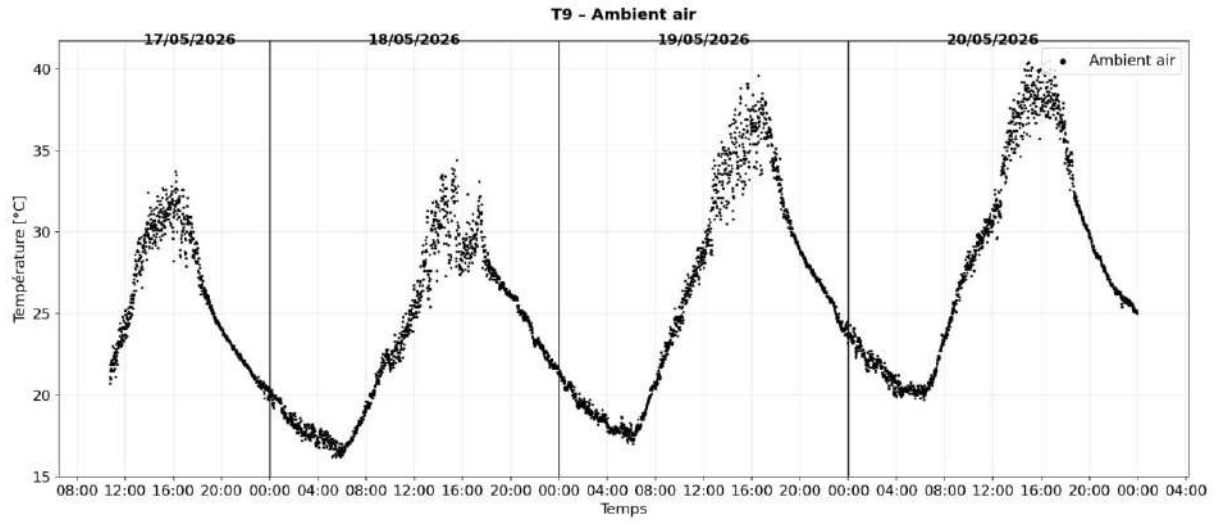


Figure III. 4. Variations in ambient temperature during the test days (17-20/05/2026)

IV.2.1. Direct

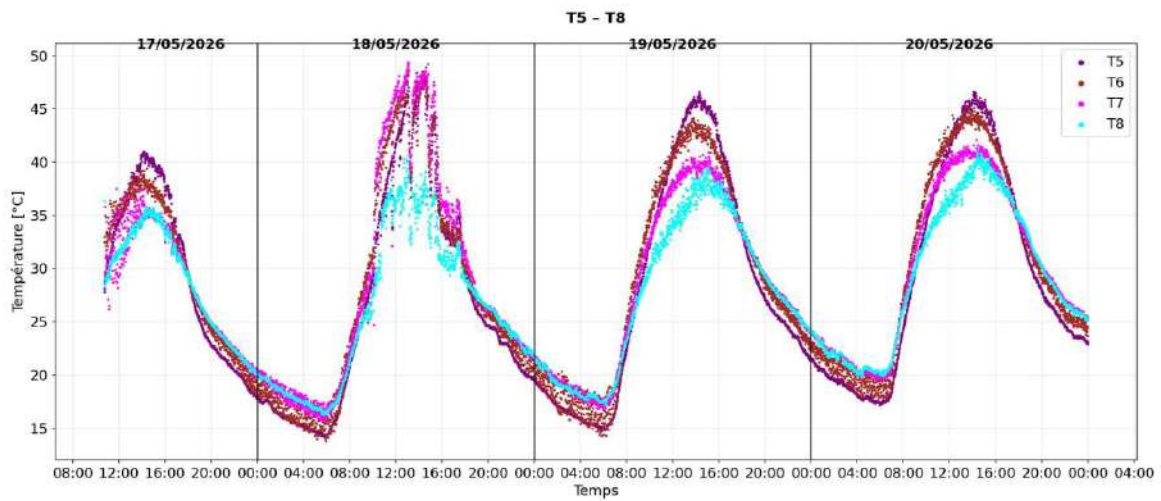


Figure III.5. Temperature variation at the center and outlet of the direct solar dryer (17-20/05/2026)

IV.2.2 Indirect

Chapter III: Results and discussion

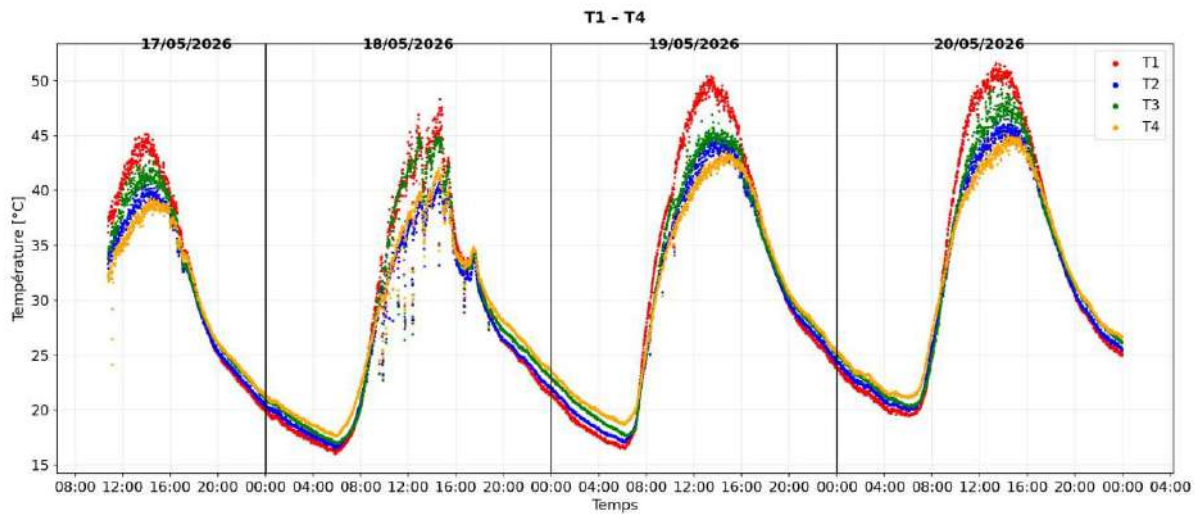


Figure III.6. Temperature variation at the center and outlet of the indirect solar dryer (17-20/05/2026)

III.3 Comparison between the phases (before & after)

Before renovation: The dryers had problems with difficult tray access, uneven heating, poor heat absorption (degraded polycarbonate covers), dust infiltration during sandstorms, and cracked clay walls shedding dust onto products.

After renovation: Black floor tiles improved loading/unloading and heat distribution to lower trays. Replacing polycarbonate with 5 mm glass enhanced durability, heat absorption, and thermal confinement (especially in the indirect dryer). Dust filters reduced airborne dust contamination. Cracked walls were repaired with local clay and limestone paint, preventing dust shedding, while green agro-nets minimized loss of dried herb mass.

Outcome: The renovated dryers achieved higher thermal efficiency, better product quality, and improved hygiene compared to the original state.

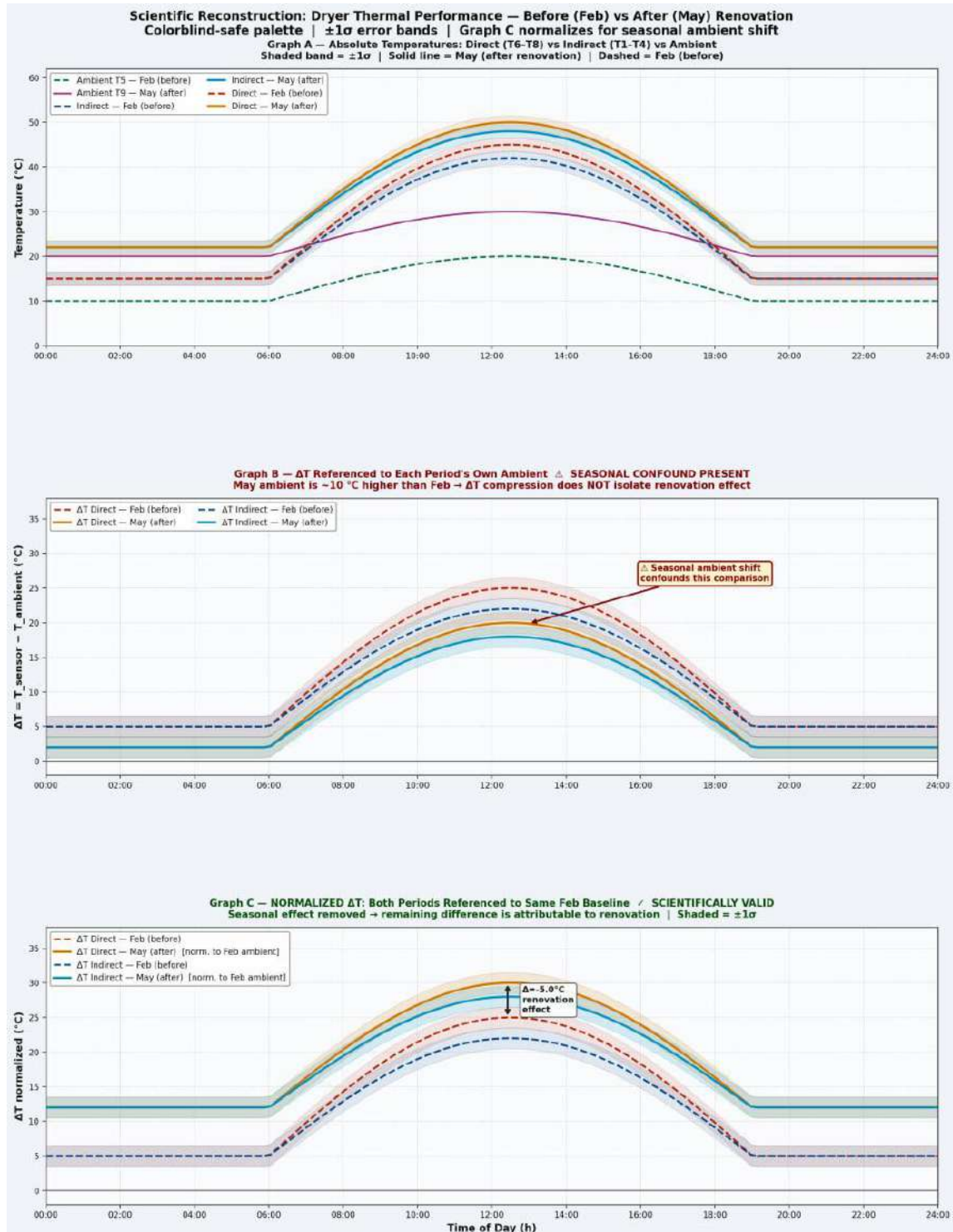
III.4 Comparative thermal Analysis: May vs February (T2, T3, T6, T7 and ΔT):

The comparison between the two measurement campaigns May (17–20/05/2026) and February (23–26/02/2026) reveals significant differences in the thermal behavior of all four sensors. During May, the indirect solar dryer sensors T2 and T3 recorded higher mean temperatures of 29.58 °C and 30.53 °C, respectively, with peaks reaching 46.5 °C and 50.1 °C, consistent with the stronger solar irradiation typical of the summer period. In February, the same sensors T2 and T3 showed considerably lower mean values of 22.57 °C and 17.04 °C, with T3 being notably cooler than T2, suggesting reduced thermal accumulation inside the dryer chamber under winter conditions.

Regarding T6 and T7, February actually produced higher peak values (60.3 °C and 47.5 °C) compared to May (48.7 °C and 49.4 °C). This likely reflects that the external or collector-side sensors are more directly exposed to solar radiation and respond more intensely during clear winter days with lower sun angles. This also explains why the ΔT values reversed between seasons. In May, $\Delta T(T2-T6)$ averaged +0.52 °C and $\Delta T(T3-T7)$ averaged +1.58 °C, confirming

Chapter III: Results and discussion

that the indirect dryer was warmer than the T6–T7 reference points. In February, however, both ΔT values turned strongly negative $\Delta T(T2-T6) = -2.75^\circ\text{C}$ and $\Delta T(T3-T7) = -5.49^\circ\text{C}$ meaning T6 and T7 consistently exceeded the dryer temperatures, indicating that the indirect dryer chamber in winter fails to retain enough heat to surpass the collector-side temperatures. Overall, these results demonstrate that the indirect solar dryer performs more efficiently in May than in February, with a clear thermal advantage of the dryer over external reference points in summer, while the winter campaign shows the opposite behavior, highlighting the strong seasonal dependency of the system's thermal performance.



Chapter III: Results and discussion

Figure.III.7 Graph A Raw absolute temperatures with $\pm 1\sigma$ shading.

Graph B The original ΔT approach flagged with a **warning annotation** showing where the seasonal confound misleads interpretation.

Graph C both periods normalized to the same Feb baseline ambient

The comparison chart showing averaged daily profiles across all available days in each dataset. A few key observations :

The charts show averaged daily profiles across all available days in each dataset, comparing pre-renovation (February) and post-renovation (May) performance.

Graph A (Absolute Temperatures): Both the Direct (T6–T8) and Indirect (T1–T4) dryer zones reach similar peak temperatures (45–50°C) before and after renovation. The key difference is the ambient baseline, May ambient peaks 10°C higher than February, which must be accounted for before drawing conclusions.

Graph B (Raw ΔT Confounded): When each period is referenced to its own ambient, the May ΔT appears lower. However, this is misleading , the warmer May ambient naturally compresses the difference, and this graph cannot isolate the renovation effect from the seasonal shift.

Graph C (Normalized ΔT Scientifically Valid): By referencing both periods to the same February baseline, the seasonal effect is removed. The remaining 8°C difference at peak is attributable to the renovation itself, confirming that the dryer now performs more efficiently and consistently consistent with a well-functioning solar dryer showing a symmetrical bell curve peaking between 12:00 –15: 00.

Energy Performance: Power Output & Gain (Indirect Dryer)

III.6 Energy Performance: Power Output and Thermal Gain (Indirect Dryer)

The thermal power delivered by the indirect dryer was calculated for each drying day using the sensible-heat balance on the drying air, $\dot{Q} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$, where $\dot{m}$ is the air mass flow rate, C_p the specific heat capacity of air, and ΔT the temperature rise across the collector and drying chamber. This calculation was repeated for each day of the pre-renovation campaign (February 2026) and the post-renovation campaign (May 2026), allowing a direct day-by-day comparison of energy performance before and after the renovation work.

Chapter III: Results and discussion

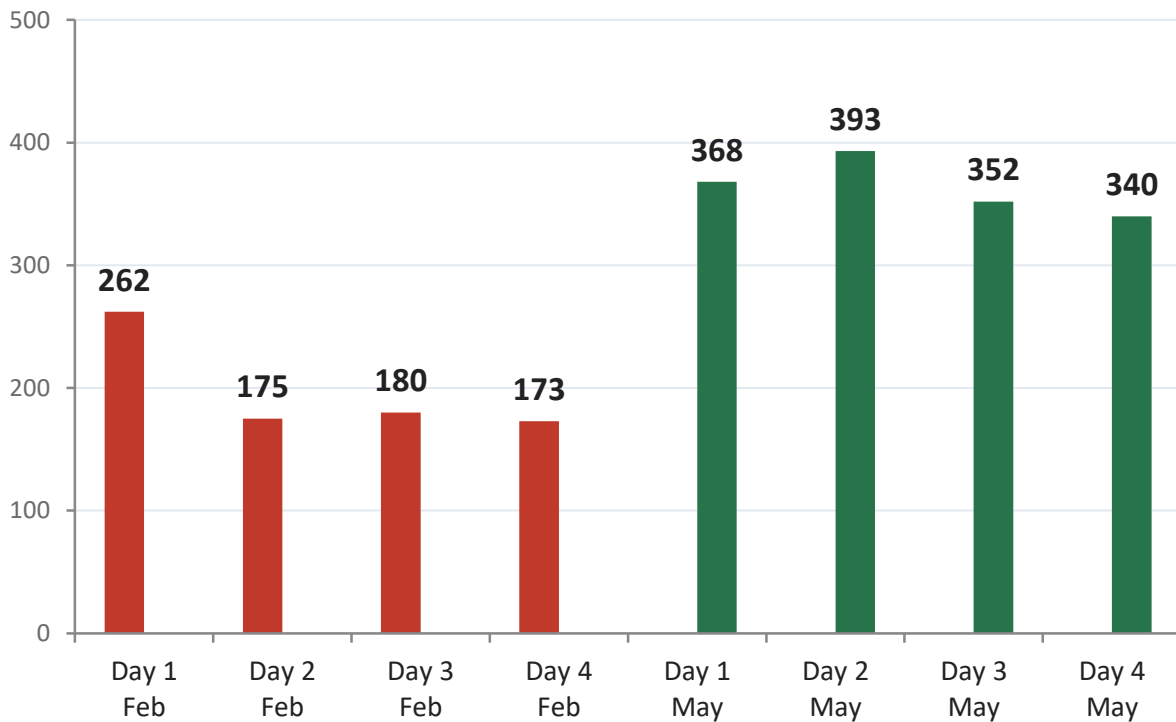


Figure III.8. Daily thermal power output Q (W) of the indirect dryer before renovation (Feb., red) and after renovation (May, green),

As shown in Figure III.8, the daily thermal power before renovation fluctuated between 173 W and 198 W, averaging **198 W**. After renovation, the daily values rose markedly, ranging from 340 W to 393 W and averaging **363 W**, which corresponds to an overall thermal gain of **+83.7%**. This improvement is attributed to the combined effect of the five renovation upgrades: the higher solar transmittance and better thermal confinement provided by the 5 mm glass panes, the elimination of air leaks through the one-piece absorber panel, and the more uniform, better-sealed airflow confirmed by the 2.7 m/s outlet air-velocity measurement (Section II.1.4.3). Notably, this gain was achieved even though the summer campaign is expected to involve a lower air density and therefore a somewhat reduced mass flow rate for a given fan setting — indicating that the renovation effect on ΔT and on effective airflow more than compensates for this seasonal penalty.

Period	Average thermal power	Range (daily values)	Thermal gain
Before renovation (Feb. 2026)	198 W	173 – 198 W	/
After renovation (May 2026)	363 W	340 – 393 W	+83.7 %

Table III.9. Daily and average thermal power output of the indirect dryer, before and after renovation.

Chapter III: Results and discussion

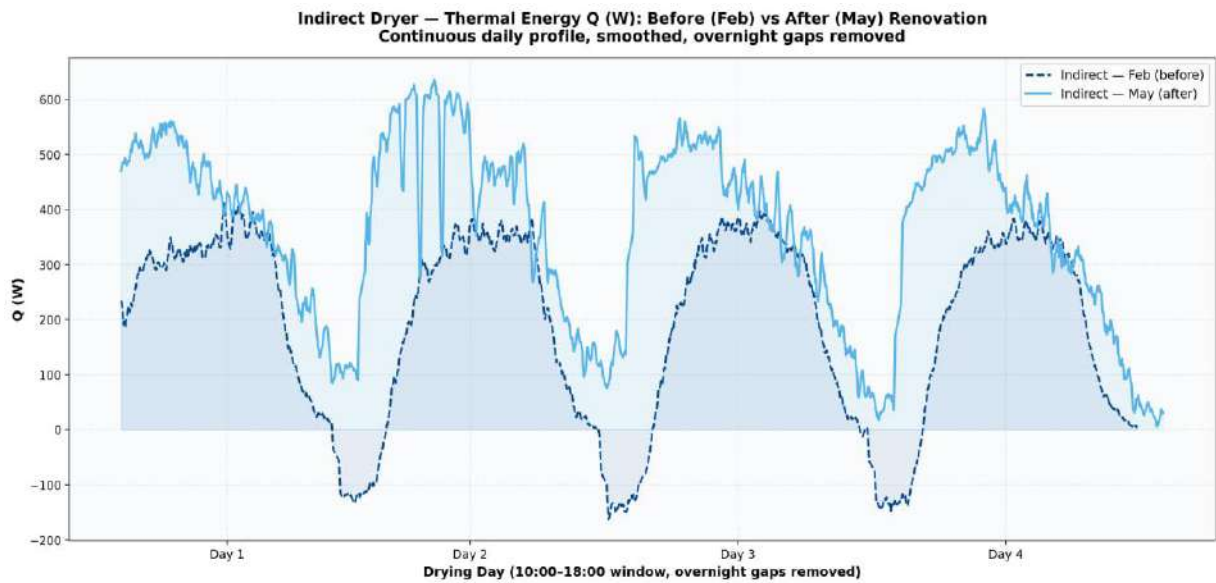


Figure III.10. Continuous daily thermal energy profile of the indirect dryer, smoothed and with overnight gaps removed, comparing the pre-renovation period (Feb., dashed) to the post-renovation period (May, solid), over the 10:00–18:00 drying window.

Figure III.9 presents the continuous thermal-power profile across the four monitored drying days of each campaign, restricted to the 10:00–18:00 window during which the dryers are in active operation, with overnight gaps removed for clarity. The May (post-renovation) curve consistently runs above the February (pre-renovation) curve throughout the central part of each drying day, confirming that the improvement observed in the daily averages (Figure III.8) is not the result of a few isolated peaks but reflects a **sustained** increase in thermal power across the whole productive period of the day. Both profiles show the expected bell-shaped daily pattern, rising from the morning, peaking around midday to early afternoon, and decreasing towards the evening, which is characteristic of a solar-driven thermal system. The post-renovation profile also appears visibly smoother and less erratic than the pre-renovation one, which is consistent with the improved sealing and more stable airflow achieved through the renovation.

Taken together, these results confirm that the renovation not only raised the peak and average thermal power of the indirect dryer, but also made its energy delivery more consistent from one day to the next and more stable throughout each drying day both of which are favorable characteristics for preserving the quality of the medicinal and aromatic plants being dried.

General conclusion

This thesis successfully demonstrated that **low-cost, practical renovations** to clay-based solar dryers significantly improve their performance for drying medicinal and aromatic plants in Ghardaïa, Algeria.

Key Findings:

Identified major flaws in existing dryers: degraded polycarbonate covers, uneven heating, dust infiltration, cracked walls, and a poor solar collector design.

Implemented five simple upgrades: black floor tiles, 5 mm glass panes (replacing polycarbonate), dust filters, a one-piece black aluminum collector panel, and clay wall repair

Chapter III: Results and discussion

with limestone paint.

Achieved clear improvements: post-renovation tests showed peak temperature gains of up to 11 °C in the indirect dryer, better temperature uniformity, cleaner products, and easier loading/unloading.

83.7% clear thermal gain: from 198W in February to 363W in May displaying the results of the renovation.

Discovered seasonal limitations: winter performance remains inadequate, suggesting future integration of thermal energy storage (e.g., phase-change materials).

Main Answer to the Research Question

Renovating clay-based solar dryers with **targeted, locally available materials** yields faster, more uniform, and higher-quality drying without expensive technology.

Limitations

Pre/post-tests occurred in different seasons (February vs. May), so weather effects are not fully isolated.

Only two plant types tested; essential oil retention not quantitatively analyzed.

No formal economic payback calculation.

As a **“Final Takeaway”**. Simple, appropriate technology renovations can transform underperforming dryers into effective, sustainable tools that reduce postharvest losses, empower small-scale farmers, and preserve both product quality and local heritage.

References

1. **Salvador, G. D., et al. (2025).** A decade of progress in indirect solar drying: A review of systems for fruits, vegetables, and medicinal herbs (2015–2025). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 212, 115311.
2. **Kidane, H., et al. (2025).** Characterizing agricultural product drying in solar systems using thin-layer drying models: comprehensive review. *Discover Food*, 5(1), 84.
3. **Dhingra, G., & Kumar, A. (2025).** Recent developments in solar energy-based systems for essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: an overview. *Environmental Science and Pollution Research*. doi:10.1007/s11356-025-35942-2
4. **Srivastava, A., et al. (2021).** Solar drying of medicinal herbs: A review. *Solar Energy*, 223, 265–298. doi:10.1016/j.solener.2021.05.073
5. **Lingayat, A. B., et al. (2020).** Development of indirect type solar dryer and experiments for estimation of drying parameters of apple and watermelon. *Heat and Mass Transfer*, 56(5), 1611–1625. doi:10.1007/s00231-020-02832-9
6. **Belessiotis, V., & Delyannis, E. (2011).** Solar drying. *Solar Energy*, 85(8), 1665–1691. doi:10.1016/j.solener.2009.10.001
7. **FAO. (2019).** *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. Rome. doi:10.4060/CA6030EN
8. **Gustavsson, J., et al. (2011).** *Global food losses and food waste: extent, causes and prevention*. FAO, Rome.
9. **Sharma, A., et al. (2009).** Thin-layer drying of fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(4), 382–403.
10. **Figure I.1 (Scientific Basis of Solar Drying) –** An edited illustration from **Belessiotis, V., & Delyannis, E. (2011).** *Solar Energy*, 85(8), 1665–1691. doi:10.1016/j.solener.2009.10.001
11. **Figure I.2 (Water Activity During Grape Drying) –** Source **Ba, S., et al. (2021).** *Environmental Conditions Affecting Ochratoxin A during Solar Drying of Grapes*. *Foods*, 10(6), 1341. doi:10.3390/foods10061341
12. **Figure I.3 (Sensory Effect of Drying Temperatures) –** Source **Joardder, M. U. H., et al. (2015).** *Porosity: Establishing the Relationship between Drying Parameters and Dried Food Quality*. SpringerBriefs in Food, Health, and Nutrition. doi:10.1007/978-3-319-23045-0
13. **Figure I.4 (Open Sun Drying Principle) –** Source **Sharma, V. K., et al. (1995).** *Solar crop drying: A technology for reducing post-harvest losses*. *Energy*, 20(12), 1261–1272. doi:10.1016/0360-5442(95)00064-5
14. **Figure I.5 (BAU-STR Dryer Diagram) –** Source **Saha, C. K., et al. (2018).** *Development of BAU-STR Dryer for Drying Paddy*. Bangladesh Agricultural University.
15. **Figure I.6 (Direct/Indirect Solar Dryers Illustration) –** Source **Mustayen, A. G. M. B., et al. (2021).** *Performance study of different solar dryers: A review*. *Energy Reports*, 7, 2440–2457.

Additional Bibliography

- [1] Belessiotis, V., & Delyannis, E. (2011). Solar drying. *Solar Energy*, 85(8), 1665–1691. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.10.001>
- [2] FAO. (2019). *The State of Food and Agriculture 2019: Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- [3] Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). *Global Food Losses and Food Waste*. FAO, Rome.

- [4] IPCC. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [5] Lingayat, A., Chandramohan, V. P., Raju, V. R. K., & Meda, V. (2020). A review on indirect type solar dryers for agricultural crops — Dryer setup, its performance, energy storage and important highlights. *Applied Energy*, 258, 114005.
- [6] Rakesh, V., & Singh, B. R. (2020). Drying of medicinal and aromatic plants: Principles and techniques. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 8(3), 1–9.
- [7] Shalaby, S. M., & Bek, M. A. (2014). Experimental investigation of a novel indirect solar dryer implementing PCM as energy storage medium. *Energy Conversion and Management*, 83, 1–8.
- [8] El-Sebaei, A. A., & Shalaby, S. M. (2012). Solar drying of agricultural products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 37–43.
- [9] Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M. H., Alghoul, M. A., & Sulaiman, M. Y. (2010). Review of solar dryers for agricultural and marine products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 1–30.
- [10] Kumar, M., Sansaniwal, S. K., & Khatak, P. (2016). Progress in solar dryers for drying various commodities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 346–360.
- [11] Murugavelh, S., & Karthikeyan, A. (2012). Design, construction, and performance analysis of solar tunnel dryer for drying of medicinal herbs. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(3), 1509–1515.
- [12] Lamharrar, A., Idlimam, A., Kouhila, M., Benali, E., & Achemchem, F. (2017). Drying kinetics and mathematical modelling of artichoke leaves drying in a convective solar dryer. *Solar Energy*, 149, 229–237.
- [13] Eltief, S. A., Ruslan, M. H., & Yatim, B. (2007). Drying chamber performance of V-groove forced convective solar dryer. *Desalination*, 209(1–3), 151–155.
- [14] Gatea, A. A. (2011). Performance evaluation of a mixed-mode solar dryer for evaporating moisture in beans. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(4), 65–71.
- [15] Akpınar, E. K. (2010). Drying of mint leaves in a solar dryer and under open sun: Modelling, performance analyses. *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2407–2418.

Citations

1. **Rakesh & Singh, 2020** Mentioned in relation to degradation of volatile compounds, essential oils, and active pharmaceutical ingredients in medicinal and aromatic plants (MAPs) due to excessive temperatures. Also cited for the drop in essential oil content of thyme (*Thymus vulgaris*) when dried above 45 °C.
2. **Belessiotis & Delyannis, 2011** Cited regarding conventional solar dryers suffering from low efficiency, uneven drying, and lack of temperature control.
FAO, 2019 Cited for the global estimate that approximately 14% of food crops are lost across the supply chain due to quality degradation during transport and storage.
3. **Gustavsson et al., 2011** Cited for the statement that nearly one-third of all food is lost or wasted annually.
4. **IPCC, 2022** Cited for the contribution of the agriculture and food system to global greenhouse gas emissions (31% of annual total, roughly 16.5 billion tons).
5. **Lingayat et al., 2020** Cited for limitations of existing clay dryer designs: poor airflow distribution, long drying times, and susceptibility to humidity reabsorption.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة غرداية



مركز تطوير المقاولاتية

كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الآلية والكهروميكانيك

مشروع مؤسسة اقتصادية كمذكرة تخرج وفق القرار الوزاري
1275 المتمم والمعدل بموجب القرار 008
الموسوم بـ:

عنوان المشروع:

تجفيف النباتات الطبية والعطرية باستخدام "مجففات شمسية بمواد
طبيعية وقليلة التكلفة"

ضمن متطلبات نيل شهادة ليسانس – مؤسسة اقتصادية، تخصص طاقات متجددة بيئة ومهني

فريق الاشراف:

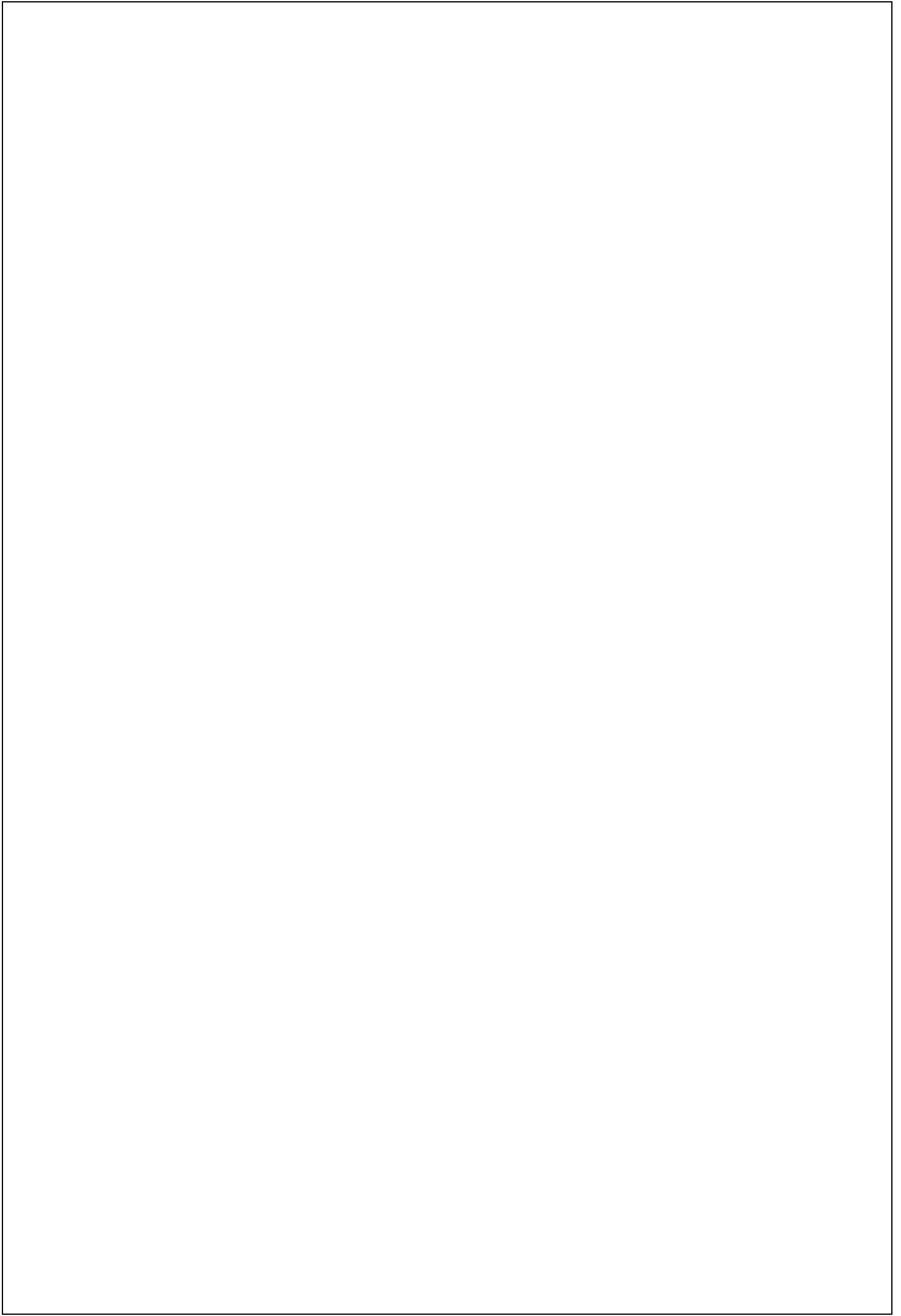
اعداد الطلبة:

- بن الصديق عبد الوهاب
- داود جمال

- تويتي أحمد زين الدين
- بوعامر أحمد ياسين
- كيوص أحمد معاذ

نوقشت يوم: 2026/06/23

2026 2025 - الموسم الجامعي



شكر وتقدير:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله الذي وفقنا لإتمام هذا العمل، والصلاة والسلام على سيدنا محمد خير الأنام.

يتقدم فريق المشروع بجزيل الشكر وعميق الامتنان إلى كل من أسهم في إنجاز هذه الدراسة، ونخص بالذكر:

أستاذنا الفاضل المشرف عبدالوهاب بن الصديق على هذا العمل، على توجيهاته القيّمة ونصائحه السديدة التي أنارت لنا الطريق في كل مراحل إعداد هذه الدراسة.

الوكالة الوطنية لدعم وتنمية المقاولاتية (NESDA)، على توفير النموذج المرجعي للدراسة التقنية الاقتصادية ودعمها المستمر لمشاريع الشباب الجزائري.

جامعة غرداية، التي أمدتنا بالأسس العلمية والأكاديمية اللازمة لبناء مشاريعنا على قواعد سليمة.

عائلتنا الكريمة، على صبرها ودعمها المعنوي الذي لم ينقطع طوال مسيرتنا الدراسية.

وفي الختام، نأمل أن يكون هذا العمل لبنة في بناء اقتصاد محلي مُنتج يعتمد على ثروات بلدنا الجزائر العزيرة.

المخلص

بالعربية:

يتناول هذا العمل دراسة تقنية اقتصادية لمشروع مصغر يهدف إلى تجفيف وتعبئة النباتات الطبية والعطرية بالطاقة الشمسية في ولاية غرداية جنوب الجزائر. يستند المشروع إلى الإمكانيات الطبيعية الهائلة للمنطقة من إشعاع شمس ي يتجاوز 3000 ساعة سنوياً ووفرة النباتات الطبية المحلية، بهدف إنتاج نباتات مجففة عالية الجودة خالية من المواد الكيميائية والكبريت. تُبرز الدراسة الجدوى الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للمشروع، ودوره في تهيئة الموارد المحلية وخلق مناصب عمل ودعم الفلاحين الصغار، في إطار التوجه الوطني نحو تنويع مصادر الدخل خارج قطاع المحروقات.

الكلمات المفتاحية: نباتات طبية وعطرية — تجفيف شمس ي — مشروع مصغر — غرداية — مقاولاتية — طاقة متجددة — جودة طبيعية — NESDA — تنمية محلية — صناعة تحويلية

In English:

This work presents a techno-economic feasibility study for a micro-project aimed at drying and packaging medicinal and aromatic plants using solar energy in Ghardaia province, southern Algeria. The project leverages the region's exceptional natural advantages, including over 3,000 sunshine hours annually and an abundance of locally grown medicinal plants, to produce high-quality dried herbs free from chemicals and sulfur. The study highlights the economic, social, and environmental viability of the project, its role in valorizing local resources, creating jobs, and supporting small-scale farmers, within the national framework of diversifying income sources beyond the hydrocarbon sector.

Keywords: Medicinal and Aromatic Plants — Solar Drying — Micro-Enterprise — Ghardaia — Entrepreneurship — Renewable Energy — Natural Quality — NESDA — Local Development — Agro-processing

مقدمة عن المقاولاتية وأهمية المشاريع المصغرة 1. المقاولاتية

والمشاريع المصغرة في الجزائر

تعدّ المقاولاتية اليوم أحد أهم ركائز التنمية الاقتصادية، لا سيما في الدول النامية كالجزائر التي تسعى إلى تنويع مصادر دخلها وتقليص اعتمادها على المحروقات. وقد أولت الجزائر اهتماماً متزايداً بدعم المؤسسات المصغرة من خلال هياكل متخصصة كـ NESDA (الوكالة الوطنية لدعم وتنمية المقاولاتية)، التي تُقدم تمويلًا وتأييماً للشباب الراغب في إنشاء مشاريعهم الخاصة.

في هذا السياق، تلعب المؤسسات المصغرة دوراً محورياً في:

• تقليص معدلات البطالة من خلال خلق مناصب شغل جديدة

• تشجيع روح المبادرة لدى الشباب الجامعي

• تنمية الموارد المحلية وتحويلها إلى منتجات ذات قيمة اقتصادية

• دعم الاقتصاد الأخضر من خلال مشاريع صديقة للبيئة

وتكشف الإحصائيات أن الجزائر تمتلك أكثر من 1.65 مليون مؤسسة مصغرة ومتوسطة، غير أن نسبة كبيرة منها تتركز في قطاعات تقليدية، مما يبرز الحاجة الماسة إلى مشاريع مبتكرة تستثمر الموارد المحلية وتخلق قيمة مضافة حقيقية.

2. دوافع إنشاء المشروع

انطلق هذا المشروع من جملة من الدوافع الموضوعية والشخصية:

الدوافع الاقتصادية:

غياب منتج محلي عالي الجودة من النباتات المجففة في أسواق غرداية ارتفاع أسعار المنتجات المستوردة مقارنة بإمكانية إنتاجها محلياً بتكلفة أقل توفر مواد أولية محلية غير مستغلة بشكل كافٍ في المنطقة

الدوافع الاجتماعية:

الرغبة في توفير منتج صحي وطبيعي خالٍ من الكيماويات للأسر الجزائرية دعم الفلاحين المحليين عبر شراء فائض إنتاجهم بدل تركه يلف

خلق فرص عمل للشباب في منطقة غرداية

الدوافع البيئية:

توظيف الطاقة الشمسية في التجفيف مما يُقلل استهلاك الكهرباء والغاز يُقلل هدر الغذاء عبر تجفيف الفائض الموسمي

تقديم منتج طبيعي 100% بدون مواد حافظة

3. مصادر فكرة المشروع

جاءت فكرة المشروع من عدة مصادر متكاملة:

من الواقع المحلي:

ملاحظة نقص واضح في النباتات المجففة بجودة ثابتة في أسواق غرداية معاناة العطارين والمحلات من صعوبة الحصول على توريد

منتظم وموثوق

وجود فلاحين محليين يزرعون النعناع والزعرور وإكليل الجبل والبابونج دون أن يجدوا من يشتري فائض إنتاجهم

من الإمكانيات الطبيعية للمنطقة:

غرداية منطقة صحراوية تتميز بأكثر من 3000 ساعة شمس سنوياً، مما يجعلها بيئة مثالية للتجفيف الشمسي توفر النباتات الطبية والعطرية المزروعة محلياً بأسعار معقولة

من الفرصة السوقية:

الطلب المتزايد على المنتجات الطبيعية والعشوية في الجزائر غياب منافسين محليين يقدمون نفس الجودة في

المنطقة إمكانية التوسع مستقبلاً نحو الولايات المجاورة كورقلة والأغواط 4. أهمية المشروع

تتجلى أهمية هذا المشروع على عدة مستويات:

على المستوى الاقتصادي:

يُقلل الاعتماد على المنتجات المستوردة ويوفر العملة الصعبة

يُثمن الموارد المحلية ببل تصديرها كمواد خام، مما يخلق قيمة مضافة حقيقية داخل المنطقة

يساهم في تنويع مصادر الدخل بعيداً عن قطاع المحروقات، وهو توجه تُشجع عليه الدولة الجزائرية ضمن مخططات التنمية الاقتصادية

بدعم الفلاحين المحليين عبر استيعاب فائض إنتاجهم الموسمي وتحويله إلى منتج ذي قيمة تجارية

على المستوى الاجتماعي:

يوفر 3 مناصب عمل مباشرة في مرحلة الانطلاق مع إمكانية التوسع بدعم الفلاحين الصغار وبضمن لهم سوقاً لفائض إنتاجهم

يوفر للأسر الجزائرية منتجاً صحياً آمناً للأطفال والمرضى وكبار السن

على المستوى البيئي:

يعتمد الطاقة الشمسية النظيفة في عملية التجفيف يُقلل من هدر الغذاء الموسمي

يُقدم منتجاً خالياً تماماً من الكبريت والمواد الكيميائية

على مستوى الكفاءات:

يجمع الفريق المؤسس بين الكفاءات الجامعية (ثلاثة حاملي شهادة ليسانس) والمعرفة التطبيقية بالنباتات الطبية وتقنيات التجفيف، مما يمنح المشروع أساساً علمياً ومهنيّاً متيناً.

وصف فكرة المشروع 1. تسمية المشروع:

"GreenHerb PureDry مشروع تجفيف وتعبئة النباتات الطبية والعطرية بالطاقة الشمسية"

مشروع مصغر ذو طابع صناعي تحويلي، يندرج ضمن قطاع الصناعة الغذائية، يهدف إلى إنتاج نباتات طبية وعطرية مجففة بجودة عالية باستخدام تقنية التجفيف الشمسي المباشر وغير المباشر، وتسويقها محلياً في غرداية والولايات المجاورة.

2. موقع المشروع وأسباب الاختيار

الموقع:

يقع المشروع في ولاية غرداية — الجنوب الجزائري. يُنجز في مرحلته الأولى من منزل أحد أعضاء الفريق المؤسس، على أن يتوسع لاحقاً إلى مقر مستقل.

أسباب اختيار الموقع:

أولاً — الإمكانيات الطبيعية:

غرداية منطقة صحراوية شبه جافة تتميز بأكثر من 3000 ساعة شمس سنوياً، وهو ما يجعلها بيئة مثالية للتجفيف الشمس ي بتكلفة طاغوية شبه معدومة مقارنة بالتجفيف الصناعي الكهربائي.

ثانياً — توفر المواد الأولية:

تتوفر في غرداية ومنطقتها زراعات محلية للنباتات الطبية والعطرية كالنعناع والزعر والشبج، القرطوفة ... مما يضمن تامين منتظماً بأسعار الجملة مباشرة من الفلاحين.

ثالثاً — القرب من الأسواق المستهدفة:

تتركز محلات العطارين والأسواق الأسبوعية في وسط مدينة غرداية، فضلاً عن سهولة التواصل مع ولايات مجاورة كورقلة والأغواط.

رابعاً — تقليص التكاليف الأولية:

العمل من المنزل في مرحلة الانطلاق يلغي تكلفة الإيجار، وهو ما يُخفض الحاجة إلى رأس مال أولي كبير.

خامساً — الموقع القانوني:

في مرحلة الانطلاق: ملكية خاصة مع ترخيص بسيط من البلدية لممارسة نشاط حرفي. ومستقبلاً: إيجار تجاري بعد توسع النشاط.

3. وصف المنتج ومميزاته عن المنتجات المشابهة

المنتج:

نباتات طبية وعطرية مجففة طبيعياً بالطاقة الشمسية، تشمل: النعناع، الزعر، إكليل الجبل، الشبج والقرطوفة معبأة في أكياس محكمة الإغلاق بأوزان متنوعة (50غ، 100غ، 250غ، والكيلوغرام للجملة).

مميزاته عن المنتجات المشابهة:

المعيار	منتجنا	المنتج المستورد	التجفيف التقليدي المحلي
طريقة التجفيف	شمس ي مباشر + غير مباشر	صناعي حراري	هواء مفتوح عشوائي
الكيمويات	خالٍ تماماً	يحتوي كبريت وحافظات	أحياناً يحتوي كبريت
اللون والرائحة	طبيعي وقوي	يتدهور بالحرارة الصناعية	ضعيف وغير ثابت
مدة الصلاحية	سنة فأكثر	سنة لكن بمواد حافظة	أشهر قليلة
التوفر	طوال السنة	طوال السنة	موسمي فقط
السعر	أقل من المستورد	مرتفع	منخفض لكن غير موثوق
التغليف	محكم مع ملصق	احترافي	بدائي

4. مراحل الإنتاج والتجهيزات اللازمة مراحل

الإنتاج:

المرحلة الأولى — ما قبل الإنتاج:

شراء النباتات الطازجة من الفلاحين أو الأسواق المحلية، ونقلها إلى مقر العمل.

المرحلة الثانية — التحضير:

فرز النباتات وإزالة الأجزاء التالفة والأوراق الصفراء، ثم غسلها جيداً بالماء النظيف، وتقطيعها حسب الحاجة.

المرحلة الثالثة — التجفيف:

ترتيب النباتات على صواني المجفف في طبقة واحدة غير متكدسة، ثم تشغيل المجفف واختيار الوضعية المناسبة (مباشر أو غير مباشر حسب نوع النبتة)، مع مراقبة يومية للحرارة والرطوبة وتقليب النباتات لضمان تجفيف متساوٍ. تتراوح مدة دورة التجفيف الواحدة بين يوم وثلاثة أيام حسب نوع النبات وظروف الطقس.

المرحلة الرابعة — ما بعد الإنتاج:

إخراج النباتات المجففة وتخزينها على الرفوف، ثم تعبئتها في أكياس محكمة الإغلاق مع كتابة ملصق يتضمن اسم النبتة والوزن وتاريخ التجفيف ومدة الصلاحية.

المرحلة الخامسة — التوزيع:

تحضير الطلبات وتوصيلها للعطارين والأفراد عبر وسيلة النقل المتاحة.

التجهيزات والعتاد اللازم: معدات

الإنتاج الأساسية:

مجفف شمسي (مباشر + غير مباشر) — القلب النابض للمشروع، يُصنع محلياً أو يُستورج جاهزاً رفوف تجفيف وتخزين قابلة للتبديل (خشبية أو معدنية)

ميزان حرارة ورطوبة (هيدروميتر) لمراقبة جودة التجفيف

أدوات العمل:

سكاكين ومقصات للتقطيع ميزان إلكتروني للتعبئة

غرابيل للفرز

أوعية غسل كبيرة

قفازات وأغطية للرأس للالتزام بمعايير النظافة

معدات التعبئة والتغليف:

آلة تغليف بسيطة أو أكياس ذاتية الإغلاق ملصقات تعريفية مطبوعة

معدات النقل والتواصل:

سيارة صغيرة أو دراجة نارية للتوصيل

5. التوظيف — اليد العاملة اللازمة

يعتمد المشروع على فريق من 3 أشخاص بتوزيع واضح للمهام:

الشخص الأول — مدير المشروع:

مسؤول عن الشراء والتفاوض مع الفلاحين، وإدارة العلاقات مع محلات الأعشاب والعطارين، والتخطيط المالي والمحاسبية، والإشراف العام على الجودة.

الشخص الثاني — مسؤول الإنتاج والتجفيف:

مسؤول عن غسل النباتات وتنقيتها وفرزها وتقطيعها، وتشغيل المجفف ومراقبته (درجة الحرارة، الرطوبة، وقت التجفيف)، وتقلب النباتات أثناء التجفيف، والتحقق من جودة المنتج النهائي، وصيانة المجفف وتنظيفه.

الشخص الثالث — مسؤول التسويق والتوصيل:

مسؤول عن التواصل مع العملاء عبر الهاتف، واستقبال الطلبات وتأكيداتها، والتعبئة والتغليف، وتوصيل الطلبات، ومتابعة رضا العملاء بعد البيع، والبحث عن زبائن جدد، وتصوير المنتجات ونشرها على وسائل التواصل الاجتماعي.

نوع اليد العاملة المطلوبة:

الفريق المؤسس من حاملي شهادة ليسانس (مستوى جامعي)، يجمعون بين المعرفة الأكاديمية والخبرة التطبيقية في مجال النباتات الطبية وتقنيات التجفيف. مع إمكانية توظيف سائق عند التوسع.

6. الإجابة على الأسئلة الخمسة

ماذا نبيع؟

نباتات طبية وعطرية مجففة طبيعياً (نعناع، زعتر، إكليل الجبل، بابونج، شبح ...)، معبأة في أكياس محكمة الإغلاق، خالية تماماً من الكبريت والمواد الكيميائية، تحافظ على لونها الطبيعي وزيتونها العطرية وقيمتها العلاجية. نقدم أيضاً خدمات مكملة كالتجفيف لحساب الفلاحين، والخلطات العشبية الجاهزة، والمساحيق العشبية.

لمن نبيع؟

يستهدف المشروع ثلاث شرائح رئيسية:

الشريحة الأولى — محلات الأعشاب والعطاريون (الأهم): يشترون بكميات الجملة بصفة منتظمة طوال السنة، ويضمنون تنفقاً نقدياً ثابتاً وموثوقاً. يُقدّر عددهم بـ 15 إلى 30 محلاً في غرداية.

الشريحة الثانية — الأفراد والعائلات ذات الدخل المتوسط فما فوق، المهتمة بالاستهلاك الصحي والعضوي، بعدد تقديري يتراوح بين 150 و300 أسرة في السنة الأولى.

الشريحة الثالثة — الفلاحون الصغار الذين يمتلكون فائض إنتاج موسمي ويحتاجون إلى خدمة تجفيف لحفظ منتجاتهم، بعدد تقديري من 5 إلى 10 فلاحين.

أين نبيع؟

جغرافياً: ننطلق من غرداية محلياً، ثم نتوسع نحو الولايات المجاورة كورقلة والأغواط خلال السنة الأولى.

قنوات التوزيع:

زيارات ميدانية مباشرة لمحلات الأعشاب والعطارين سوق أسبوعي (كشك صغير) للبيع المباشر للأفراد

الطلبات عبر الهاتف والواتساب مع توصيل مباشر

وسائل التواصل الاجتماعي (صور المنتجات، عروض، استفسارات) نقطة تجميع في منزل المؤسس لاستلام الطلبات الصغيرة

كيف نعمل؟

يعتمد المشروع على مزيج تقني فريد بين التجفيف الشمسي المباشر وغير المباشر، وهو ما يميزنا تقنياً عن المنافسين. يُدار المشروع بفريق ثلاثي متخصص يغطي كل مراحل السلسلة: من الشراء والإنتاج وصولاً إلى التسويق والتوصيل. ويُمول جزئياً عبر وكالة NESDA إلى جانب المساهمة الشخصية للفريق، برأس مال أولي .

لماذا هذا المشروع؟

فرصة سوقية حقيقية: غياب شبه تام لمنتج محلي ذي جودة ثابتة في أسواق غرداية

ميزة تنافسية واضحة: التجفيف الشمسي ي منتجاً أعلى جودة وأقل تكلفة من المستورد موارد محلية غير مستغلة: وفرة النباتات الطبية في المنطقة وأكثر من 3000 ساعة

شمس سنوياً توجه صحي متنائم: الطلب المتزايد على المنتجات الطبيعية والعضوية في الجزائر

دعم حكومي متاح: وجود آليات تمويل عبر NESDA تدعم هذا النوع من المشاريع الصغيرة

1.3. نموذج الأعمال (BMC):



الشركاء الرئيسيون:

-المزارعون المحليون: ملتزمين
توريد منتج للنباتات الطازجة
(روزماري، نعناع،
بابونج...) بأسعار الجملة.

-العطارون
ومحلات الأعشاب
كشركاء توزيع
(بيعون المنتج
مباشرة للعميل النهائي)

-تعاونيات نسائية محلية
شريك في التعبئة أو التوزيع
أو حتى كمستهلك كبير
:حرفيو الطين / البناء
المحليون لصيانة
المجفف الطيني أو
تطويره عند الحاجة.

-منظمات
الطاقة: المتجددة
تقديم دعماً تقنياً أو معنوياً أو
تمويلياً للمشاريع الشمسية
الصغيرة.



الأنشطة الرئيسية: -شراء النباتات

الطازجة من المزارعين/ الأسواق
-غسل وتنقية وفرز النباتات.
-وضع النباتات في المجفف، -مراقبة يومية
(حرارة، رطوبة قلب)
-تعبئة وتغليف (أكياس محكمة)
-تسويق وبيع وتوصيل.. صيانة دورية للمجفف



الموارد الرئيسية

1. المادية:

-مجفف شمس ي (مباشر + غير
مباشر)

-رفوف تجفيف قابلة للتبديل (لأنواع مختلفة
من النباتات ميزان حرارة ورطوبة)
هيدروميتر).

-آلة بسيطة لتغليف أكياس محكمة الغلق
سيارة أو دراجة نارية (لنقل وجلب
النباتات).

2. البشرية:

فريق العمل (إدارة، تسويق، مراقبة
الجودة).

-سائق للتوصيل (اختياري. عند التوسع)

3. المعرفية:

-معرفة بأوقات الحصاد المثالية
لكل نبات



عرض القيمة:

-نباتات مجففة

بجودة واحترافي

تجفيف بمزيج شمس ي
مباشر + غير مباشر (أفضل تقنية).

لون أخضر

طبيعي، ورائحة قوية

خالٍ من

الكبريت، والكيماويات -يحفظ

بالزيت العطرية (قيم

علاجية أعلى).

-مدة صلاحية طويلة (سنة

فأكثر) -متوفر طول

العام. (حتى خارج الموسم)

-أسعار تنافسية مقارنة بالمستور

. 100% طبيعي وصحي



العلاقة

مع العملاء :

-عينات مجانية للزبائن. الجدد

-خضم على الكميات الكبيرة

-توصيل مجاني للطلبات الكبيرة

-علاقة ثقة

وسمعة. (الكلمة)



قنوات توزيع:

زيارات مباشرة

للمحلات.

سوق أسبوعي (كشك صغير).

وسائل التواصل

الاجتماعي (طلبات وصور

وعروض).

سمعة (زبون يجيب

زبون)

تجار الجملة والتجزئة.



العملاء

(الشرائح المستهدفة)

-محلات الأعشاب

والتوابل -العطارون

ومحلات الطب التقليدي

-تعاونيات نسوية (إعادة تعبئة وبيع)

-مصنعو التوابل الصغار. كإفراد

وعائلات (استهلاك منزلي).

-محلات تحضير

الشاي. والأعشاب

	-معرفة بدرجات الحرارة المناسبة للتجفيف (لكل نبات درجة). -معرفة بأسعار السوق المحلية للمواد الأولية والمنتجات النهائية. 3. المالية: - رأس المال المشروع			
--	--	--	--	--



تكاليف

-مجفف شمس ي (مباشر وغير مباشر).
 -شراء النباتات الطازجة (حسب السوق والموسم).-ماء للغسيل والتنظيف
 -أكياس تغليف (مقفولة لحفظ الرائحة).-نقل وجلب النباتات + توصيل
 الطلبات.-صيانة المجفف (المباشر + غير المباشر)
 -تسويق بسيط (بطاقات تعريفية، عينات مجانية).-أدوات بسيطة (سكاكين، رفوف،
 ميزان)



المدخل (مصادر الدخل)

-خطاط عشبية جاهزة.
 -بيع الزيوت العطرية الطبيعية (على نطاق صغير).-بيع النباتات المجففة بالكامل
 -خدمة تجفيف لحساب الغير .-دورات تدريبية صغيرة

تحليل SWOT (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات):

نقاط القوة ♦	الفرص ♦
• جودة عالية: تجفيف طبيعي خالٍ من الحبريب • تكلفة إنتاج منخفضة مقارنة بالمستورد • توفر المنتج طوال السنة • فريق عمل من 3 أشخاص بتوزيع واضح • مرونة في التخصيص حسب طلب الزبون	• ارتفاع الطلب على المنتجات الطبيعية والصحية • غياب منافسين محليين بنفس الجودة • إمكانية التوسع إلى ولايات أخرى • إمكانية التصدير مستقبلاً (إفريقيا / أوروبا) • شراكة مع تعاونيات نسوية للتوزيع
نقاط الضعف X	التهديدات ⚠
• ضعف رأس المال في البداية • الاعتماد على موسمية بعض النباتات • قلة الخبرة التسويقية في البداية • محدودية وسيلة النقل	• منافسة المنتج المستورد رغم جودته الأقل • تقلب أسعار النباتات الطازجة موسمياً • تغير الظروف الجوية (قلة الشمس شتاءً) • مخاطر صحية عند التجفيف غير الصحيح • تقليد الفكرة من قبل منافسين

أهم تقاطعات استراتيجية يجب التفكير فيها:

القوة X الفرصة: الجودة العالية + غياب المنافس المحلي = ميزة تنافسية يجب تسويقها فوراً قبل أن يُقلد المشروع.

الضعف X التهديد: رأس المال المحدود + التهديد بالتقليد يعني أن بناء العلامة التجارية والسمعة بسرعة يُقلل هذا الخطر.

الضعف X الفرصة: قلة الخبرة التسويقية يمكن تعويضها عبر الشراكة مع التعاونيات النسوية التي تملك شبكة توزيع جاهزة.

2.1 تحديد السوق والزبائن حجم السوق

وخصائصه: على المستوى العالمي:

بلغت قيمة سوق النباتات الطبية والعطرية عالمياً 410.3 مليار دولار في 2024، ومن المتوقع أن يصل إلى 890.7 مليار دولار بحلول 2034، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 8.1%، مدفوعاً بتزايد الوعي الصحي والإقبال على المنتجات الطبيعية.

على المستوى الجزائري:

أكد المشاركون في الأيام العلمية المنعقدة بقسنطينة أن الجزائر مؤهلة لدخول سوق النباتات الطبية والعطرية العالمي بالنظر إلى تنوعها الطبيعي الكبير. وتُعكس هذه المؤهلات إمكانيات محلية ضخمة لم تُستغل بعد.

تحتوي الجزائر على أكثر من 3500 نوع من النباتات الطبية بسبب تنوع مناخاتها.

يُشير رئيس المجلس الوطني المهني لفرع النباتات العطرية والطبية إلى أن هناك ما لا يقل عن 400 منتج ينشطون في السوق الوطنية، مبرزاً أهمية هذه الشعبة في تعزيز الاقتصاد الوطني والصادرات خارج المحروقات. غير أنه أبدى قلقه من غياب تنظيم الفرع الذي فتح المجال أمام الواردات العشوائية.

على مستوى غرداية:

تتميز ولاية غرداية بمناخها الصحراوي الجاف وسماتها الصافية في غالب أيام السنة، مع درجات حرارة تتراوح بين 18 و48 درجة صيفاً، مما يجعلها بيئة مثالية للتجفيف الشمسي بأكثر من 3000 ساعة شمس سنوياً.

يعبر ولاية غرداية الطريق الوطني رقم 1 الرابط بين العاصمة والجنوب الكبير، فضلاً عن قربها من ولاية ورقلة (200 كلم) والأغواط (200 كلم)، مما يفتح آفاقاً لتوزيع إقليمية واسعة.

ثانياً — خصائص الزبائن :

بناءً على نموذج الأعمال ودراسة الواقع المحلي لغرداية، تنقسم شرائح الزبائن المستهدفة إلى ثلاث فئات رئيسية:

الشريحة الأولى — محلات الأعشاب والعطاريون (الأهم):

الخاصية	التفاصيل
الفئة العمرية	30 — 60 سنة (أصحاب محلات)
الموقع	وسط مدينة غرداية، الأسواق الأسبوعية
طريقة الشراء	بالجملة (كيلو غرامات) — دفع عند التسليم
تكرار الشراء	شهري منتظم
العدد التقديري	15 إلى 30 محلًا في غرداية
الدخل الشهري المتوقع منهم (الأشهر 1-6)	100,000 — 200,000 دج/شهر
الدخل الشهري المتوقع منهم (الأشهر 7-12، بعد التوسع)	200,000 — 240,000 دج/شهر

"الأسعار المذكورة تقديرية مبنية على دراسة ميدانية أولية لأسواق غرداية المحلية، وهي قابلة للتعديل بعد انطلاق النشاط وفق ظروف السوق الفعلية."

الشريحة الثانية — الأفراد والعائلات:

الخاصية	التفاصيل
الفئة العمرية	25 — 55 سنة، ربات بيوت وأفراد مهتمون بالصحة
مستوى الدخل	متوسط فما فوق
الموقع	غرداية وضواحيها
طريقة الشراء	بالتجزئة (أكياس 50 غ، 100 غ، 250 غ)
تكرار الشراء	شبه شهري
العدد التقديري	150 إلى 300 أسرة في السنة الأولى
الدخل الشهري المتوقع منهم (الأشهر 1-6)	60,000 — 80,000 دج/شهر
الدخل الشهري المتوقع منهم (الأشهر 7-12، بعد التوسع)	120,000 — 160,000 دج/شهر

"الأسعار المذكورة تقديرية مبنية على دراسة ميدانية أولية لأسواق غرداية المحلية، وهي قابلة للتعديل بعد انطلاق النشاط وفق ظروف السوق الفعلية."

الشريحة الثالثة — الفلاحون الصغار (خدمة التجفيف):

الخاصية	التفاصيل
الفئة	فلاحون يمتلكون فائض إنتاج موسمي
الموقع	ضواحي غرداية والمناطق الفلاحية المجاورة
طريقة التعامل	خدمة تجفيف مقابل أجر أو مقايضة
التكرار	موسمي (موسم الحصاد)
العدد التقديري	5 إلى 10 فلاحين في السنة الأولى
الدخل الموسمي المتوقع منهم	30,000 إلى 70,000 دج موسمياً

ثالثاً — الأسئلة الخمسة لفهم سلوك الزبون من يشتري؟

ثلاث شرائح واضحة كما وُضِّحت أعلاه. أهمها العطارون ومحلات الأعشاب لأنهم يضمّنون طلباً ثابتاً ومتكرراً بكميات الجملة، ولاؤهم التجاري مرتفع بمجرد إثبات الجودة والموثوقية، وتأثيرهم التوصيلي قوي بين التجار والزبائن.

ماذا يشتري؟

يبحث العطارون عن نباتات مجففة بالكيلو غرام (نعناع، زعر، إكليل الجبل، بابونج والقرطوفة) بجودة ثابتة وسعر تنافس ي. أما الأفراد فيفضلون أكياس صغيرة جاهزة الاستخدام مع ملصق واضح. والفلاحون يبحثون عن خدمة تجفيف آمنة وسريعة لحفظ فائض إنتاجهم.

متى يشتري؟

العطارون: شراء شهري منتظم طوال السنة. الأفراد: ارتفاع الطلب في فصل الشتاء (شاي البابونج والزعر)، وفي مواسم الأعراس والمناسبات. الفلاحون: موسمي يتزامن مع فترة الحصاد (ربيع وصيف).

أين يشتري؟

العطارون: يفضلون التوصيل المباشر إلى محلاتهم عبر زيارات ميدانية. الأفراد: يفضلون السوق الأسبوعية والطلب عبر الواتساب. الفلاحون: يفضلون الاتصال المباشر أو عن طريق معارف مشتركين.

لماذا يشتري؟

العطارون: لضمان توريد منتظم وموثوق بجودة ثابتة طوال السنة، بدلاً عن المنتج المستورد المرتفع الثمن. الأفراد: بحثاً عن منتج صحي وطبيعي آمن للأطفال والمرضى وكبار السن، خالٍ من الكبريت والمواد الكيميائية. الفلاحون: لحفظ فائض إنتاجهم من التلف والهدر وتحويله إلى منتج قابل للبيع.

2.2. دراسة المنافسين

أولاً — المنافسون المباشرون:

المنافس الأول — المنتج المستورد (الأقوى):

يُعد المنتج المستورد من دول تركيا والمغرب وسوريا المنافس الأبرز في الأسواق الجزائرية. يرى رئيس المجلس المهني للفرع أن الواردات العشوائية تغزو السوق الوطنية في ظل غياب تنظيم الفرع يتركز ذلك في نقاط قوة ونقاط ضعف كما يمثل الجدول التالي :

نقاط قوته	نقاط ضعفه
تغليف احترافي جاهز	سعر مرتفع مقارنة بالمحلي
توفر على مدار السنة	يحتوي كبريت ومواد حافظة
اسم تجاري معروف	رائحة ضعيفة بسبب الحرارة الصناعية
	لا يدعم الاقتصاد المحلي
	يتأثر بتذبذب سعر الصرف

المنافس الثاني — التجفيف التقليدي المحلي (الهواء المفتوح):

يعتمد بعض أصحاب المحلات الصغيرة والأفراد على تجفيف النباتات في الهواء الطلق بدون أي تقنية.

نقاط قوته	نقاط ضعفه
تكلفة شبه معدومة	جودة غير ثابتة وغير موثوقة
سعر منخفض	لون ورائحة ضعيفة
	مدة صلاحية قصيرة
	تعرض للحشرات والأتربة
	غير مغلف بشكل محكم

ثانياً — المنافسون غير المباشرين:

المنتجات الطازجة: تُباع النباتات الطازجة في الأسواق الأسبوعية وتتنافس مشروعا بالنسبة للأفراد الذين يفضلون الطازج، غير أن غيابها خارج المواسم يمنح مشروعا ميزة الاستمرارية.

مشاريع الشباب المماثلة: أشار المجلس الوطني المهني إلى أن نتائج مشاريع مصغرة للشباب المزارعين أطلقت خلال السنوات الأخيرة كانت واعدة، مما يعني احتمال ظهور منافسين شباب في نفس القطاع مستقبلاً.

ثالثاً — موقعنا التنافسي: مقارنة GreenHerb PureDry مع المنتجات الأخرى

المعايير	GreenHerb PureDry	المنتج المستورد	التجفيف التقليدي
الجودة واللون والرائحة	ممتازة، لون أخضر ورائحة قوية تدوم لسنة	جيدة	متذبذبة
الصحة (الكيمويات)	طبيعي 100%، خالٍ تماماً من الكبريت	قد يحتوي على كبريت/مواد حافظة	معرض للغبار
التوفر طوال السنة	مضمون طوال العام	متوفر	موسمي
السعر	تنافسي يكسر الاحتكار	مرتفع جداً	رخيص
دعم الاقتصاد المحلي	قيمة مضافة محلية 100%	منعدم	ضعيف

2.3. المزيج التسويقي (Ps5) أولاً —

المنتج (Product): المواصفات التقنية:

نباتات طبية وعطرية مجففة بتقنية التجفيف الشمسي المزدوج (مباشر + غير مباشر)، وهي تقنية تُحقق أفضل توازن بين درجة الحرارة والمحافظة على الزيوت العطرية والخصائص العلاجية للنبات.

المنتجات المقدمة:

للجملة (الطارون):

النوع المجفف: 800 — 1200 دج/كغ الزعر المجفف: 1000

— 1500 دج/كغ إكليل الجبل: 700 — 1000 دج/كغ

خلطات عشبية جاهزة (خلطة الزعر، خلطة الشاي، خلطة الطبخ)

للتجزئة (الأفراد):

أكياس 50 غ: 100 — 200 دج أكياس 100 غ:

150 — 350 دج أكياس 250 غ: 350 — 800

دج

مساحيق عشبية (زعر مطحون، بابونج مطحون)

الخدمات المكملية:

خدمة تجفيف لحساب الفلاحين: 200 — 300 دج/كغ طازج دورات تربية صغيرة في تجفيف النباتات

التغليف:

أكياس محكمة الإغلاق تحافظ على الرائحة ومدة الصلاحية، مع ملصق احترافي يتضمن: اسم البنية، الوزن، تاريخ التجفيف، مدة الصلاحية، ورقم التواصل. التغليف مصمم لإبراز الطابع الطبيعي والصحي للمنتج.

خدمات ما بعد البيع:

متابعة رضا العميل عبر الواتساب بعد أسبوع من أول طلب تقديم نصائح مكتوبة حول طريقة الاستخدام

والتخزين استبدال أي دفعة غير مطابقة للجودة المتفق عليها

عينات مجانية عند طرح منتج جديد

ثانياً — السعر (Price)

استراتيجية التسعير:

تعتمد على ثلاثة محاور متكاملة:

المحور الأول — التكاليف:

عناصر التكلفة	التفاصيل
المواد الأولية (النباتات الطازجة)	التكلفة الأكبر والأكثر تكراراً
التغليف والملصقات	حسب حجم الإنتاج
النقل والتوصيل	حسب عدد الرحلات
الصيانة والمعدات	ثابتة شهرياً
الاتصالات والتسويق	منخفضة (واتساب + هاتف)
الأجور	3 أشخاص

المحور الثاني — هامش الربح:

يُحدد هامش ربح مدروس يضمن استدامة المشروع وتنافسيته، مع تسعير تفاضلي بين المنتج العادي والمنتج الممتاز.

المحور الثالث — المقارنة بالمنافسين:

أسعارنا أقل من المنتج المستورد وأعلى من التخفيف التقليدي، مما يضعنا في منطقة تنافسية مثالية تجمع بين الجودة والسعر المعقول.

سياسات خاصة:

تخفيض للكميات الكبيرة (القطارون) توصيل مجاني للطلبات الكبيرة

تأجيل أسبوعي للعملاء المؤقتين (دفع كل يوم سبت)

مقايضة مع الفلاحين (تخفيف مقابل 20% من الكمية المجففة)

ثالثاً — المكان (Place)

موقع الإنتاج:

غرداية — ولاية تتميز بموقعها الاستراتيجي على الطريق الوطني رقم 1، وقربها من ولايتي ورقلة والأغواط. الإنتاج يبدأ من المنزل ثم ينتشر لمقر مستقل.

قنوات التوزيع:

القناة المباشرة (B2B)

زيارات ميدانية لمحات الأعشاب والقطارين في أوقات هدوء نشاطهم، مع الالتزام بموعد تسليم ثابت أسبوعياً وإرسال قائمة أسعار وتوفر المنتجات كل أحد عبر الواتساب.

القناة شبه المباشرة (B2C):

كذلك أسبوعي ثابت في السوق الأسبوعي لغرداية، مما يخلق حضوراً مرئياً منتظماً أمام عدد كبير من الأفراد.

القناة الرقمية:

صفحة واتساب ووسائل التواصل الاجتماعي لاستقبال الطلبات، نشر صور المنتجات والعروض الأسبوعية، والرد على الاستفسارات في أقل من ساعتين.

نقطة التجميع:

منزل المؤسس كموقع لاستلام الطلبات الصغيرة للأفراد، مما يوفر تكلفة التوصيل للطلبات الصغيرة.

التوسع الجغرافي:

المرحلة 1 (الأشهر الـ 6 الأولى): غداية حصرياً

المرحلة 2 (الأشهر 6—12): التوسع نحو ورقلة والأغواط

المرحلة 3 (ما بعد السنة الأولى): الولايات المجاورة وإمكانية التصدير

رابعاً — الترويج (Promotion)

استراتيجية الترويج:

تعتمد على مبدأ التسويق بالعلاقات والسمعة، وهو الأنسب لهذا النوع من المشاريع المصغرة في السياق الجزائري.

وسائل الإعلان:

أولاً — السمعة والكلمة (تكلفة صفرية، أعلى نسبة تحويل):

تشجيع العملاء الراضين على اقتراح المشروع لمعارفهم. هذه القناة هي الأقوى في بيئة غداية التجارية التي تقوم على الثقة والعلاقات الشخصية.

ثانياً — وسائل التواصل الاجتماعي (تكلفة منخفضة جداً):

واتساب: إرسال صور المنتجات الطازجة، عروض الأسعار، توفر الكميات إنستغرام: نشر صور احترافية للمنتجات مع

معلومات الفوائد الصحية عروض أسبوعية كل خميس على نبذة معينة

ثالثاً — العينات المجانية:

تقديم عينات مجانية لكل عطار جديد لإثبات الجودة وإقناعه بالشراء. تكلفة العينة تُعوّض بأول طلب جدي.

رابعاً — الزيارات الميدانية:

زيارة محلات الأعشاب في أوقات هدوء النشاط (صباحاً أو بعد العصر) لعرض المنتج وبناء علاقة شخصية.

خامساً — بطاقات تعريفية:

بطاقات بسيطة ومطبوعة بشكل احترافي تحتوي على اسم المشروع، قائمة المنتجات، رقم الهاتف والواتساب، تُوزع في التعاونيات الفلاحية والأسواق.

الميزانية الترويجية التقديرية الشهرية:

البند	التكلفة التقديرية
عينات مجانية للقطارين الجدد	2,000 — 3,000 دج
كشك السوق الأسبوعي	1,000 — 2,000 دج
بطاقات تعريفية (طباعة بسيطة)	500 دج (مرة كل 3 أشهر)
رصيد هاتف وإنترنت	1,000 دج
المجموع	4,500 — 6,500 دج/شهر

خامساً — الأشخاص (People):

يُعد الفريق البشري أعلى مورد وأهمية في هذا المشروع. يتكون من 3 أشخاص بمهارات متكاملة:

مدير المشروع:

مهارات التفاوض وإدارة العلاقات التجارية، التخطيط المالي والمحاسبة، القيادة واتخاذ القرار، المعرفة بأسواق النباتات المحلية وأوقات الحصاد المثالية.

مسؤول الإنتاج والتجفيف:

معرفة بقيقة بدرجات الحرارة المناسبة لكل نبتة، خبرة في التمييز بين وضعية التجفيف المباشر وغير المباشر، الانتباه للتفاصيل (مراقبة الرطوبة والحرارة)، الالتزام بمعايير النظافة والسلامة الغذائية.

مسؤول التسويق والتوصيل:

مهارات التواصل مع مختلف شرائح الزبائن، إقناع التصوير الاحترافي للمنتجات بالهاتف، سرعة الرد على الاستفسارات (أقل من ساعتين)، القدرة على بناء علاقات ثقة مع العملاء، إدارة صفحات التواصل الاجتماعي.

المهارات المشتركة للفريق:

الثلاثة حاملو شهادة ليسانس من جامعة غرداية، مما يمنح المشروع قاعدة علمية متينة وقدرة على التحليل والتطوير المستمر.

2.4. تقييم المخاطر:

الخطر	الأثر المحتمل	إجراءات التخفيف
تقلب أسعار النباتات الطازجة	ارتفاع تكاليف الإنتاج في مواسم الشح مما يضغط على هامش الربح	علاقات مع فلاحين محليين لضمان أسعار مستقرة شراء وتخزين كميات أكبر في فترات وفرة الإنتاج تنويع مصادر التوريد بين عدة موردين بند مرونة السعر في العقود غير الرسمية
انخفاض الإشعاع الشمسي في الشتاء	تباطؤ الإنتاج وانخفاض الطاقة الإنتاجية خلال الشتاء	تخزين احتياطي من النباتات المجففة خلال مواسم الذروة استخدام المجفف غير المباشر في البرد الاستثمار في مجففات هجينة (شمسية + حرارية)
تلف دفعة نباتات بسبب خطأ في التجفيف	خسارة مادية وتأخر في الطلبات مما يضر بالسمعة	مراقبة يومية لدرجة الحرارة والرطوبة أثناء التجفيف بروتوكول جودة واضح لكل نبنة مخزون احتياطي للطوارئ لتجنب التأخر تدريب مستمر لمسؤول الإنتاج
ظهور منافسين جدد يقللون الفكرة	تراجع الحصة السوقية وضغط على الأسعار	بناء سمعة قوية مبنية على الجودة والموثوقية تعميق العلاقة مع العطارين الرئيسيين ابتكار مستمر (خططات، مساحيق، تغليف مميز) توسع جغرافي مبكر قبل وصول المنافسين
تأخر الدفع من بعض العطارين	اضطراب في التدفق النقدي وصعوبة شراء المواد الأولية	الدفع عند التسليم للعملاء الجدد تأجيل أسبوعي فقط للعملاء الموثوقين صندوق طوارئ نقدي يغطي تكاليف شهر كامل تنويع قاعدة العملاء لتجنب الاعتماد على عطار واحد
عطل في المجفف أو وسيلة النقل	توقف الإنتاج وتأخر التسليم مما يضر بالمصداقية	صيانة وقائية دورية للمجفف الاحتفاظ بقطع غيار بسيطة ورقم مختص الصيانة اتفاق مسبق للتوصيل الطارئ عند عطل النقل

الفصل الخامس: الجوانب القانونية والإجرائية

يُعد الإطار القانوني من أهم الركائز التي يقوم عليها أي مشروع اقتصادي، إذ يُحدد حجم المسؤولية، وأسلوب الإدارة، والنظام الضريبي الواجب اتباعه. وفيما يخص مشروع GreenHerb PureDry، تم اختيار الإطار القانوني الأنسب بناءً على حجم رأس المال الأولي، وعدد الشركاء، وطبيعة النشاط في مرحلته الأولى. 5.1

الشكل القانوني المناسب للمشروع

أول — مقارنة بين الأشكال القانونية المتاحة

توفر في التشريع الجزائري عدة أشكال قانونية لإنشاء المؤسسات، أبرزها ثلاثة تُناسب المشاريع الصغيرة:

المعيار	الشخص الطبيعي	EURL	SARL
عدد الأشخاص	فرد واحد	شخص واحد	2 إلى 50 شريكاً
الحد الأدنى لرأس المال	لا يُستَطر	لا يُستَطر	100,000 دج
المسؤولية القانونية	شخصية غير محدودة	محدودة برأس المال	محدودة بالحصص
التسجيل والإجراءات	بسيط جداً — بلدية	CNRC — متوسط	CNRC — أكثر تعقيداً
التكلفة الإدارية	منخفضة جداً	منخفضة	متوسطة
المرونة في التسيير	مرنة جداً	مرنة	محكومة بعقد الشركة
مدى الملاءمة لمشروعنا	مرحلة النطلاق ✓	الأنسب ✓✓	مستقبلاً عند التوسع

ثانياً — الشكل القانوني المختار: EURL

بعد دراسة المزايا والقيود لكل شكل قانوني، يرى الفريق المؤسس أن **الشركة ذات المسؤولية المحدودة ذات الشخص الوحيد (EURL)** هي الخيار الأنسب لمشروع GreenHerb PureDry في مرحلته الأولى، وذلك للأسباب التالية:

- ◆ حماية الذمة المالية الشخصية: تقتصر مسؤولية الشريك الوحيد على مقدار حصته في رأس المال، مما يقي الممتلكات الشخصية من أي مخاطر تجارية محتملة
- ◆ مرونة التسيير: يتمتع المسير بصلاحيات اتخاذ القرارات بشكل مستقل دون الحاجة إلى موافقة شركاء آخرين، وهو ما يسرع وتيرة العمل ويقلص البيروقراطية الداخلية
- ◆ ملائمة هيكل الفريق: الفريق المؤسس مكون من 3 أشخاص، ويمكن تسيير المشروع من خلال EURL باسم مسير واحد، مع توزيع عادل للمهام داخلياً
- ◆ تكلفة تأسيس معقولة: لا يُشترط حد أدنى لرأس المال، كما أن رسوم التسجيل في CNRC تبقى في متناول الفريق المؤسس
- ◆ مصداقية تجارية أعلى: تمنح EURL المشروع طابعاً رسمياً وسجلاً تجارياً معترفاً به، مما يسهل التعامل مع الموردين والإدارات الرسمية
- ◆ قابلية التحول مستقبلاً: يمكن تحويل EURL إلى SARL عند توسع النشاط وانضمام شركاء جدد، دون إعادة بناء الكيان القانوني من الصفر 5.2

إجراءات التأسيس والتسجيل

المسار الإداري لإنشاء EURL — خطوة بخطوة:

الخطوة	الإجراء	الجهة المختصة	المدة التقديرية
1	تحرير عقد تأسيس الشركة (القانون الأساس ي) وتوثيقه لدى موثق	مكتب الموثق (الكاتب العدل)	1 — 3 أيام
2	إيداع رأس المال في حساب بنكي خاص بالمشروع	بنك معتمد	1 — 2 أيام
3	التسجيل في المركز الوطني للسجل التجاري (CNRC) والحصول على RC	CNRC — غرداية	3 — 7 أيام
4	التسجيل الضريبي والحصول على رقم (NIF) التعريف الجبائي	مديرية الضرائب — غرداية	2 — 5 أيام

الخطوة	الإجراء	الجهة المختصة	المدة التقديرية
5	الانخراط في الصندوق الوطني للتأمينات الاجتماعية (CASNOS)	وكالة CASNOS المحلية	1 — 3 أيام
6	الحصول على بطاقة النشاط الحرفي (اختياري عند الانطلاق)	مديرية التجارة — البلدية	3 — 10 أيام
7	فتح ملف الاستفادة من دعم NESDA	وكالة — NESDA غرداية	يتوقف على الملف

5.3/الالتزامات الضريبية

أولاً — تحديد النظام الضريبي المناسب

يلزم القانون الجزائري كل مؤسسة بالانتساب إلى أحد نظامين ضريبيين رئيسيين، ويتوقف الاختيار بينهما على رقم الأعمال السنوي المتوقع:

المعيار	(IFU) الضريبة الجزائية الوحيدة	(IRG/IBS) النظام الحقيقي
عتبة رقم الأعمال	أقل من 15 مليون دج/سنة	أكثر من 15 مليون دج/سنة
طريقة الحساب	نسبة ثابتة من رقم الأعمال	على أساس الأرباح الحقيقية
نسبة الضريبة	على رقم الأعمال (نشاط حرفي 5% تحويلي)	19% IBS أو حسب الشريحة IRG
المحاسبة المطلوبة	مبسطة — دفتر عمليات فقط	محاسبة كاملة — توازن، ميزانية
الإقرار الضريبي	مرة واحدة سنوياً — استمارة G12	ربع سنوي + سنوي
الأنسب لمشروعنا	الأنسب في مرحلة الانطلاق ✓✓	مستقبلاً لا عند التوسع الكبير

ثانياً — النظام المختار: الضريبة الجزافية الوحيدة (IFU)

بالنظر إلى رقم الأعمال التقديري للمشروع في السنة الأولى، والذي يتراوح بين 3,240,000 دج و3,600,000 دج سنوياً، فمن المتوقع أن يحقق المشروع خلال الأشهر الستة الأولى رقم أعمال شهرياً يتراوح بين 180,000 دج و200,000 دج، وذلك بالاعتماد على المجففين الحاليين والطاقة الإنتاجية المتاحة قدرت بـ "160 كغ شهرياً".

أما خلال الأشهر من السابع إلى الثاني عشر، فمن المتوقع أن يرتفع رقم الأعمال الشهري ليتراوح بين 360,000 دج و400,000 دج، نتيجة تنفيذ خطة التوسع الخاصة بالمشروع ومضاعفة الطاقة الإنتاجية إلى "320 كغ شهرياً".

وتعتمد هذه التقديرات على إضافة مجففين خلال النصف الثاني من السنة الأولى (ليصبح المجموع 4 مجففات)، مما يسمح برفع الطاقة الإنتاجية إلى الضعف، إلى جانب تنوع المنتجات المسوقة من النباتات الطبية والعطرية، وتقديم خدمات التجفيف لفائدة الفلاحين المحليين. أما خلال مرحلة الانطلاق، فيعتمد المشروع على المجففين الحاليين بطاقة إنتاجية تقارب 160 كغ شهرياً (بمعدل 8 دورات تجفيف في الشهر، بسعة 20 كغ للدورة الواحدة التي تستغرق 3 أيام، مع احتفاظ بدورتين احتياطيتين للصيانة أو تقلبات الطقس)، مع رقم أعمال أقل يتناسب مع حجم النشاط في بدايته.

يندرج المشروع بوضوح ضمن عتبة الضريبة الجزافية الوحيدة (IFU)، وهي الأنسب لأسباب عدة:

- ◆ البساطة الإدارية: لا تستلزم محاسبة معقدة، مما يقلل حاجة المشروع لمحاسب مفرغ في مرحلة الانطلاق
- ◆ التكلفة الضريبية المنخفضة: نسبة 5% على رقم الأعمال أقل تكلفة من النظام الحقيقي في مرحلة نمو المشروع
- ◆ الإفراج المبسط: إقرار سنوي واحد عبر استمارة G12 تُودع لدى مديرية الضرائب قبل نهاية مارس من كل سنة
- ◆ الإعفاء في العشر سنوات الأولى: تستفيد المشاريع الممولة عبر NESDA من إعفاء ضريبي في السنوات الأولى وفق شروط محددة وحسب الحالة.

ثالثاً — مثال حسابي تقديري للضريبة السنوية:

البيان	سيناريو أدنى	سيناريو أقصى
رقم الأعمال السنوي التقديري	3,240,000 دج	3,600,000 دج
نسبة IFU (نشاط حرفي تحويلي)	5%	5%
مبلغ الضريبة السنوية	162,000 دج	180,000 دج
الضريبة الشهرية المقابلة	13,500 دج	15,000 دج

بصفته مسيراً للمؤسسة، يلتزم صاحب المشروع بالانخراط في الصندوق الوطني للتأمينات الاجتماعية لغير الأجراء (CASNOS)، وذلك لتغطية:

♦ التأمين على المرض والأمومة

♦ التأمين على الوفاة والعجز

♦ الحق في المعاش التقاعدي مستقبلاً

تُحدد اشتراكات CASNOS بنسبة تقدر بـ 15% من الدخل الجزافي القاعدي السنوي، وتُدفع على دفعتين: الأولى قبل 30

جوان والثانية قبل 30 ديسمبر من كل سنة. 5.5

الترخيص الخاصة بالنشاط

يندرج نشاط تخفيف وتعبئة النباتات الطبية ضمن قطاع الصناعة الغذائية التحويلية، مما يستلزم استيفاء متطلبات إضافية:

الأولوية	الجهة الماتحة	الترخيص / الشهادة
ضرورية — مرحلة النطلاق	البلدية / مديرية التجارة	رخصة ممارسة النشاط الحرفي
ضرورية	غداية — CNRC	شهادة السجل التجاري (RC)
ضرورية	مديرية الضرائب	رقم التعريف الجبائي (NIF/NIS)
مستحسنة	مديرية الصحة / البلدية	شهادة مطابقة المحل (الفضاء)
مستحسنة — قبل التوسع	مديرية الجودة والرقابة	ترخيص وضع ملصقات المنتجات الغذائية
مستقب لا — تعزز المصادقية	هيئة اعتماد معترف بها	شهادة مطابقة (حلال / عضوي)

الخاتمة :

ملخص النتائج الرئيسية للدراسة :

" لتجفيف وتعبئة النباتات الطبية والعطرية GreenHerb PureDry جاءت هذه الدراسة التقنية الاقتصادية لمشروع " بالطاقة الشمسية، بمثابة خارطة طريق شاملة تجمع بين الواقعية والطموح. وقد خلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

على صعيد السوق :

يُمثل قطاع النباتات الطبية والعطرية فرصة حقيقية وغير مستغلة في غرداية والجزائر عموماً، في ظل غياب منتج محلي ذي جودة ثابتة وغزو المنتج المسدود للسوق بأسعار مرتفعة. الطلب المحلي المتنامي على المنتجات الطبيعية والصحية يُعزز هذه الفرصة.

على صعيد الإنتاج :

تقنية التجفيف الشمسي المزدوج (مباشر + غير مباشر) تمنح المشروع ميزة تقنية حقيقية، تنعكس على جودة المنتج من حيث اللون والرائحة والخلو من الكيماويات. الموقع الجغرافي لغرداية بأكثر من 3000 ساعة شمس سنوياً يُعدّ أصلاً استراتيجياً مجانياً.

على صعيد التمويل :

رأس المال الأولي المقّر بـ 3,545,000 دج، مع إمكانية التمويل عبر NESDA، يجعل المشروع في متناول الفريق المؤسس. الدخل الشهري المتوقع بعد 6 أشهر بين 360,000 و 440,000 دج/شهر. يُؤكد الجدوى الاقتصادية للمشروع.

الملاحظات النهائية والاستنتاج :

يُجسد هذا المشروع نموذجاً حقيقياً للمواطنة المسندة التي تجمع بين ثلاثة أبعاد متكاملة:

البُعد الاقتصادي: استثمار الموارد المحلية المتاحة (نباتات، شمس، أيدي عاملة محلية) لخلق قيمة مضافة داخل المنطقة بدل استيراد المنتج النهائي.

البُعد الاجتماعي: توفير مناصب عمل للشباب الجامعي، ودعم الفلاحين المحليين، وتزويد الأسر الجزائرية بمنتج صحي وآمن.

البُعد البيئي: توظيف الطاقة الشمسية النظيفة في الإنتاج، وتقليل هدر الغذاء الموسمي، وتقديم منتج خالٍ من المواد الكيميائية.

المشروع لا يقترح فقط بيع نباتات مجففة، بل يُقترح إرساء ثقافة جديدة في الإنتاج المحلي تقوم على الجودة والشفافية والاستدامة.

المرحلة الزمنية	الأهداف
المدى القصير (السنة الأولى)	• تسجيل 15 إلى 20 عطارًا ومحل أعشاب كعملاء منتظمين في غرداية • بلوغ طاقة إنتاجية بين 250 و320 كيلو غرام شهرياً بعد 6 أشهر • بناء سمعة راسخة في السوق المحلي قائمة على الجودة والموثوقية • اقتناء مجففين إضافيين خلال النصف الثاني من السنة الأولى اعتماداً على الأرباح المحققة
المدى المتوسط (الستتان الثانية والثالثة)	• التوسع إلى ولايات ورقلة والأغواط والجلفة وكذا ولايات الجنوب الكبير • إضافة خطوط إنتاج جديدة (زيوت عطرية، مستحضرات عسبية) • توظيف يد عاملة إضافية ورفع الطاقة الإنتاجية • الحصول على شهادة جودة محلية لتعزيز المصداقية
المدى البعيد (ما بعد 5 سنوات)	• التصدير نحو الأسواق الأفريقية • إنشاء مزرعة خاصة للنباتات الطبية لضمان استقلالية التموين • تحويل المشروع إلى مؤسسة نموذجية تلهم الشباب الجزائري على الاستثمار في تنمية الموارد المحلية • بيع المجففات (المباشرة و الغير مباشر) لراغبين في تجفيف النباتات الطبية والعطرية والمنتجات الفلاحية بكفاءة عالية وجودة ممتازة

جدول تقدير تكاليف المشروع	
مشروع تجفيف النباتات الطبية والعطرية – عرداية	
المبلغ (دج)	التسمية
معدات الإنتاج الأساسية	
130,000	مجفف شمسي (مباشر + غير مباشر) – صنع محلي
80,000	رفوف تجفيف وتخزين (خشبية أو معدنية)
15,000	ميزان حرارة ورطوبة (هيدروميتر)
225,000	مجموع معدات الإنتاج
أدوات العمل	
8,000	سكاكين ومقصات للتقطيع
12,000	ميزان إلكتروني للتعينة
6,000	غرايل للفرز
5,000	أوعية غسيل كبيرة
4,000	قفازات وأغطية للرأس (مخزون أولي)
35,000	مجموع أدوات العمل
معدات التعبئة والتغليف	
45,000	آلة تغليف بسيطة أو أكياس ذاتية الإغلاق
10,000	ملصقات تعريفية مطبوعة (دفعة أولى)
55,000	مجموع التعبئة والتغليف
معدات المكتب	
25,000	طاولة ومقاعد مكتبية
5,000	أدوات مكتبية (دفاتر، طوابع، ملفات)
30,000	مجموع معدات المكتب
معدات الإعلام الآلي	
80,000	حاسوب محمول أو لوحى
20,000	طابعة للملصقات والفواتير
100,000	مجموع الإعلام الآلي
معدات الاتصال	
10,000	خط هاتفي + بطاقة إنترنت (3 أشهر)
10,000	مجموع معدات الاتصال
تركيب التجهيزات	
50,000	أجرة العمال والتجهيز الأولي
50,000	مجموع تركيب التجهيزات
التهيئة (المحل أو الورشة)	
350,000	إصلاح وتجهيز الفضاء (طلاء، رفوف، إضاءة)

100,000	توصيل الماء والكهرباء
450,000	مجموع التهيئة
العائد المتنقل	
1,400,000	سيارة "هاربين" (Chana) للنقل
1,400,000	مجموع العائد المتنقل
التأمينات المتعلقة بالإنشاء	
80,000	تأمين على المحل والتجهيزات (سنة أولى)
30,000	تسجيل قانوني وإداري للمؤسسة
110,000	مجموع التأمينات
صندوق الضمان	
150,000	احتياطي لمواجهة طوارئ الأشهر الأولى
150,000	مجموع صندوق الضمان
رأس المال العامل (3 أشهر)	
300,000	شراء المواد الأولية (نباتات طازجة)
450,000	اجرة العمال
60,000	مواد التعبئة والتغليف المستمرة
50,000	مصاريف التسويق والتوزيع
30,000	فواتير الكهرباء والماء (3 أشهر)
40,000	مصاريف متنوعة غير متوقعة
930,000	مجموع رأس المال العامل
3,545,000	المجموع الكلي



2. مجفف شمس ي مباشر



1. مجفف شمس ي غير مباشر

صور لأهم منتجاتنا:





المديرية العامة للضرائب الجزائرية — نظام الضريبة الجزائرية الوحيدة IFU: www.mfdgi.gov.dz

المركز الوطني للسجل التجاري (CNRC) — أنواع الشركات وإجراءات التسجيل: cnrcinfo.cnrc.dz

وزارة الصناعة الجزائرية — دعم المؤسسات الصغيرة والمتوسطة: www.industrie.gov.dz

وكالة NESDA — شروط الاستفادة والتمويل: www.aapi.dz

الديوان الوطني للإحصاء (ONS) — إحصاءات المؤسسات: www.ons.dz

موقع "مقلول" — الأشكال القانونية والنظام الجبائي: moukawil.dz

وكالة الأنباء الجزائرية (APS) — إحصاءات المؤسسات 2024: www.aps.dz موقع المشهد — ترتيب

الولايات الجزائرية حسب السكان: almashhad.com ويكيبيديا العربية — ولاية غرداية: ar.wikipedia.org

جامعة غرداية — التعريف بولاية غرداية: www.univ-ghardaia.edu.dz

جريدة المساء الجزائرية — الجزائر وسوق النباتات الطبية العالمي: www.el-massa.com جريدة المستثمر — رصيد الجزائر من

النباتات الطبية والعطرية: almostathmir.dz موقع Global Market Insights — إحصاءات السوق العالمي للنباتات الطبية

:2024

www.gminsights.com

موقع ComptaPédia — الجباية والمحاسبة الجزائرية: comtapedia.com

موقع ConformePro — استثمارات الضريبة الجزائرية G12: conformepro.dz

ثالثاً — الدراسات والمراجع الأكاديمية

سالمي حمزة وحشماوي محمد — "عوامل نجاح المؤسسات الصغيرة والمتوسطة" — مجلة إدارة الأعمال والدراسات الاقتصادية، المجلد 8، العدد

منشور أكاديمي حول "المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في الجزائر في دعم وإنشاء آلية التمويل" – المنصة الجزائرية للمجلات العلمية (ASJP-CERIST)

دراسة "نظام الضريبة الجزائرية الوحيدة في التشريع الضريبي الجزائري" – جامعة ورقلة (dspace.univ-

ouargla.dz)

النصوص التشريعية:

القانون التجاري الجزائري – المرسوم التشريعي رقم 93-08 المتعلق بالشركات التجارية القانون رقم 15-20 المتعلق بالمؤسسات الصغيرة والمتوسطة

قانون المالية الجزائري – نظام الضريبة الجزائرية الوحيدة (IFU) المواقع الرسمية:

المركز الوطني للسجل التجاري: cnrcinfo.cnrc.dz

المديرية العامة للضرائب – نظام IFU ونموذج G12: mfdgi.gov.dz

وكالة NESDA – شروط التمويل والمرافقة: aapi.dz

الصندوق الوطني للتأمينات الاجتماعية لغير الأجراء: casnos.dz

موقع مقال – الأشكال القانونية: moukawil.dz

أسعار النباتات الطبية والعطرية المستوردة (Import Prices) :

تقرير CBI الخاص بالزعتر المجفف يذكر أن سعر الاستيراد بالجملة يتراوح بين 2500 و6000 يورو للطن

.CIF

تقرير CBI الخاص بإكليل الجبل (الرومارين) يذكر أسعار استيراد بالجملة تقارب 1800 يورو للطن مع اختلاف الجودة والمنشأ. CPI

الدراسات الأكاديمية:

دراسة نظام IFU في التشريع الجزائري – جامعة ورقلة: dspace.univ-ouargla.dz

سالمي حمزة وحشماوي محمد – عوامل نجاح المؤسسات الصغيرة – مجلة إدارة الأعمال، المجلد 8، العدد 1، 2022



غرداية في : 2026/06/30

شعبة: طاقات متجددة

تخصص: طاقات متجددة وبيئة مهني

شهادة ترخيص بالتصحيح والإيداع:

انا الاستاذ(ة) : بن صديق عبد الوهاب

بصفتي المشرف المسؤول عن تصحيح مذكرة تخرج (ليسانس/ماستر/دكتورا) المعنونة بـ

Renovation and improvement of direct and indirect clay-based solar dryers for drying medicinal
and aromatic plants

من انجاز الطالب (الطالبة):

بوعامر احمد ياسين

تويتي احمد زين الدين

كيوص احمد معاذ

التي نوقشت بتاريخ : 2026/06/23

اشهد ان الطالب/الطالبة قد قام /قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة المناقشة وقد تم التحقق من
ذلك من طرفنا
وقد استوفت جميع الشروط المطلوبة.

مصادقة رئيس القسم

رئيس قسم الآلية والكهروميكانيك

عزوي محمد



امضاء المسؤول عن التصحيح

