



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة مtentouri
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Ecologie et environnement

قسم : ...بيئة و محیط

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master et de l'obtention
du diplôme Startup - Brevet dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystème

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Biochar écologique activé par la purine végétale de deux espaces

Présenté par : GREENDOU Zeyneb

Le : 24/06/2025

BEN MAYOUF Nour El Imene

Président : BAZRI Kamel -Eddine /Pr./ Univ. Constantine1-Frères Mentouri

Encadrant : HADJOUDJA Nawel/M.C. B/ Univ. Constantine1-Frères Mentouri

Co-Encadrante : ZEGHBID Nassim Lotfi/M.C. A/ Univ.Constantine1-Frères
Mentouri

Examinateur : GANA Mohamed /M.C. A/ Univ. Constantine1-Frères Mentouri

Incubateur : CHAÏAB Aouataf /M.C. A/Univ. Consta Aouatafntine1-Frères Mentouri

C.D.E: KASSAH LAOUAR Mounia /M.C. A/Univ. Constantine1-Frères Mentouri

Secteur socio-économique : GUELLIB Rebiha / Formatrice Expert/ Bureau International
de l'emploi

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous remercions le Bon Dieu, Tout-Puissant, de nous avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien cette recherche.

Nous adressons nos sincères remerciements à nos encadrants, Madame HADJOUDJA Nawel et Monsieur ZEGHBIDE Nassim Lotfi, pour leur patience, leur expertise, leur disponibilité, leurs conseils précieux et leur accompagnement rigoureux, qui ont grandement contribué à la progression et à la réussite de ce mémoire.

Nous tenons à remercier chaleureusement les membres du jury, Monsieur BAZRI Kamel Eddine et Monsieur GANA Mohamed, pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de notre travail et pour la richesse de leurs remarques.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des enseignants qui nous ont transmis leur savoir et accompagné tout au long de notre formation, ainsi qu'à toute la promotion "Protection des Écosystèmes 2024-2025", pour les moments partagés et la solidarité tout au long de notre parcours.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien moral, leurs conseils et leurs encouragements ont été essentiels à l'aboutissement de ce projet.

Que chacun trouve ici l'expression de notre reconnaissance la plus sincère.

Dédicaces

Ce travail est dédié à mes parents, piliers de ma vie,

Pour vos sacrifices silencieux, votre amour inconditionnel, vos prières qui m'ont accompagné dans chaque étape... Ce travail est le fruit de vos efforts bien avant les miens.

À mes sœurs Amina et Asma et mon frère Ayoub, pour votre soutien moral constant, vos encouragements dans les moments de doute, et votre présence rassurante..

À ceux qui n'ont jamais cessé de croire en moi, même lorsque moi, je doutais Merci d'avoir été là.

Et enfin,

À la terre qui m'a inspiré ce projet...

À la nature, guide silencieuse et puissante,

Je vous dédie ce travail, avec espoir et gratitude.

GRENDOU Zeyneb

Dédicaces

À mon père Ben Mayouf Omar

À toi, mon père Omar, le pilier de ma vie et la lumière qui a guidé mes pas dans les ténèbres.

Ton nom est pour moi synonyme de force, de noblesse et de patience. Tu m'as appris la dignité, la valeur du travail et la sagesse du silence. Ton regard plein de fierté m'a donné le courage d'avancer. Ce mémoire est le fruit de ton éducation, une modeste offrande à la grandeur de ton âme.

À ma chère mère Degdeg Aïcha

À toi, maman Aïcha, source inépuisable de tendresse et d'amour.

Dans tes bras, j'ai trouvé la paix ; dans tes paroles, la force ; et dans tes prières, la protection. Chaque ligne de ce travail porte l'empreinte de ton amour pur et de ton dévouement infini. Tu es resteras, la plus belle bénédiction de ma vie. Tout que je pourrais dir sur toi reste insuffisant

À mon fils cheri Mohamed Abedelrahmane

À toi, mon petit trésor, ma lumière et mon avenir.

Ton sourire a été ma force, ta présence mon espoir. C'est en pensant à toi que j'ai puisé le courage d'avancer. Que ce mémoire soit le début d'un avenir que je bâti pour toi, avec tout l'amour d'une mère qui ne souhaite que ton bonheur et ta réussite

À mes frères Abed El Karim, Abed El Mohcine et petit frère Anes, pour votre soutien moral constant, vos encouragements dans les moments de doute, et votre présence rassurante

Je prie pour que Dieu vous garde, vous bénisse et fasse de cette réussite le début d'un avenir lumineux que nous partagerons ensemble

BEN MAYOUF Nour El Imene

Résumé

Ce mémoire présente l'étude de faisabilité et le plan de développement d'une start-up innovante dans le secteur des amendements organiques durables. Le projet consiste en la création d'une entreprise spécialisée dans la production et la commercialisation d'un biochar écologique enrichi par activation naturelle, utilisant des purines végétales fermentées issues de plantes médicinales locales.

Problématique et objectifs Face aux enjeux environnementaux liés à l'agriculture intensive et à la nécessité de valoriser les déchets organiques, cette recherche vise à développer une alternative écologique aux amendements chimiques conventionnels. Le produit GREENCHAR développé ambitionne d'améliorer durablement la fertilité des sols, d'optimiser la rétention hydrique et de stimuler l'activité microbienne des écosystèmes agricoles.

Méthodologie L'approche méthodologique s'articule autour de trois axes complémentaires :

- ✓ Une recherche expérimentale incluant des analyses physico-chimiques en laboratoire (conductivité électrique, pH, dosage d'azote, mesure humidité, mesure de calcaire totale, tests de croissance végétale et la densité optique)
- ✓ Une étude de marché approfondie identifiant les segments cibles (exploitants agricoles, pépiniéristes, jardineries, coopératives) et l'analyse concurrentielle
- ✓ L'élaboration d'un business plan intégrant les aspects juridiques, techniques, financiers et commerciaux

Résultats et retombées Les résultats expérimentaux valident l'efficacité du biochar activé sur les paramètres agronomiques étudiés. L'étude économique confirme la viabilité commerciale du projet avec des projections financières favorables. Cette recherche contribue au développement de l'économie circulaire locale et propose un modèle entrepreneurial reproductible dans le secteur de l'agroécologie.

Mots-clés : biochar, amendement organique, plantes médicinales, entrepreneuriat durable, agroécologie, économie circulaire

Abstract

This study presents the feasibility study and development plan for an innovative start-up in the field of sustainable organic soil amendments. The project involves the creation of a company specializing in the production and commercialization of eco-friendly biochar, naturally activated using fermented plant-based purines derived from local medicinal plants.

Problem Statement and Objectives

In response to environmental challenges posed by intensive agriculture and the need to valorize organic waste, this research aims to develop an ecological alternative to conventional chemical soil amendments. The product, GREENCHAR, is designed to sustainably enhance soil fertility, improve water retention, and stimulate microbial activity in agricultural ecosystems.

Methodology The methodological approach is structured around three complementary axes:

- Experimental research including laboratory physico-chemical analyses (electrical conductivity, pH, nitrogen content, moisture measurement, total limestone content, plant growth tests, and optical density)
- A comprehensive market study identifying target segments (farmers, nurseries, garden centers, cooperatives) and competitive analysis
- The development of a business plan covering legal, technical, financial, and commercial aspects

Results and Impacts

The experimental results validate the effectiveness of the activated biochar on the agronomic parameters studied. The economic analysis confirms the commercial viability of the project with favorable financial projections. This research contributes to the development of the local circular economy and offers a replicable entrepreneurial model in the field of agroecology.

Keywords: biochar, organic amendment, medicinal plants, sustainable entrepreneurship, agroecology, circular economy

ملخص

يعرض هذا البحث دراسة الجدوى وخطة تطوير لمشروع ناشئ مبتكر في مجال **المحسّنات العضوية المستدامة**. يتمثل المشروع في إنشاء مؤسسة متخصصة في إنتاج وتسويق البيوشار البيئي، المُنشَّط طبيعياً باستخدام مستخلصات نباتية مختلطة (بورين نباتي) مستخلصة من نباتات طيبة محلية. **الإشكالية والأهداف**

في ظل التحديات البيئية المرتبطة بالزراعة المكثفة، وال الحاجة إلى تثمين النفايات العضوية، تهدف هذه الدراسة إلى تطوير بديل بيئي للمحسّنات الكيميائية التقليدية. يسعى منتج GREENCHAR إلى تحسين خصوبة التربة بشكل مستدام، وتعزيز احتباس الماء، وتنشيط النشاط الميكروبي في النظم الزراعية. **المنهجية**

تم اعتماد منهجية تقوم على ثلاثة محاور متكاملة:

- بحث تجريبي يشمل تحاليل فيزيائية-كيميائية مخبرية (الناقلية الكهربائية، الرقم الهيدروجيني، قياس نسبة الأزوت، قياس الرطوبة، نسبة الكلس الكلي، اختبارات نمو النباتات والكتافة البصرية)
 - دراسة سوق معمقة تحدد الفئات المستهدفة (المزارعون، المشاتل، متاجر الحدائق، التعاونيات) مع تحليل المنافسة
 - إعداد خطة عمل تشمل الجوانب القانونية، التقنية، المالية والتجارية
- النتائج والأثار أكدت النتائج التجريبية فعالية البيوشار المنشَّط في تحسين المعايير الزراعية المدروسة، كما أثبتت الدراسة الاقتصادية الجدوى التجارية للمشروع مع توقعات مالية إيجابية. تساهم هذه الدراسة في تعزيز الاقتصاد الدائري المحلي، وتقدم نموذجاً ريادياً قابلاً للنكرار في مجال الزراعة الإيكولوجية.
- الكلمات المفتاحية:** البيوشار، مُحسن عضوي، نباتات طيبة، ريادة مستدامة، الزراعة الإيكولوجية، الاقتصاد الدائري

Liste Des abréviations

(Cm) : Centimètre (souvent utilisé comme chemin optique en cuvette)

(L·mol⁻¹·cm⁻¹) : Coefficient d'extinction molaire (en spectrophotométrie)

(Mg/L) : Milligrammes par litre

(mol/L) : Concentration molaire

(NO₃⁻-N) : Azote sous forme de nitrate

°C : Degré Celsius

µs/cm : Microsiemens par centimètre (conductivité électrique)

Abs : (en spectrophotométrie)

AMAP : Association pour le Maintien Agriculture Paysanne.

ANDI : Agence Nationale de Développement de l'Investissement (en Algérie).

ANSEJ : Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes (en Algérie).

ASF : Agriculture Sans Frontières (ou autre signification selon le contexte précis).

Bio : désigne ce qui est issu de l'agriculture biologique.

CaCO₃ : Carbonate de calcium

CE : Conductivité électrique

CO₂ : Dioxyde de carbone

DIY : « Do It Your self », qui signifie « fais-le toi-même ».

DO : densité optique

dS : Décisiemens (unité de conductivité électrique)

EBC : European Biochar Certificate, certificat européen garantissant la qualité du biochar.

EC : Capacité d'échange cationique

Eco : peut signifier « écologique » ou « économie », selon le contexte.

g : Gramme

H : Hydrogène (ou hauteur, selon le contexte)

HCl : Acide chlorhydrique

Kg : kilogramme, unité de masse.

L : litre, unité de volume.

m : Mètre

mg : milligramme

mL : Millilitre

Mm : Millimolaire (millimole par litre)

ms : Millisiemens

N : Normalité (équivalents par litre)

Nm : Longueur d'onde utilisée en spectrophotométrie (nanomètres)

NO₃⁻ : Ion nitrate

P₀ : poids initiale

P₁ : poids l'échantillon

P₂ : poids après séchage

pH: Potentiel hydrogène

SEO : Search Engine Optimization, ou optimisation pour les moteurs de recherche.

XXe siècle : abréviation du vingtième siècle en chiffres romains.

Table des matières

INTRODUCTION	1
1. Description de la région d'étude	3
1-1- Présentation de la région d'étude :	3
1-2- Situation géographique de la commune de El Milia :	3

2. Les caractéristiques de la région d'étude.....	4
2-1 Les caractéristiques climatiques :	5
2-2- Les caractéristiques des températures :	5
2-3- Les caractéristiques des précipitations :	5
2-4- Caractéristiques de L'évaporation	5
2-5- Caractéristiques ensoleillement	5
2-6 Caractéristiques du vent	5
2-7 Synthèse climatique	6
2-8 Caractéristiques géologiques.....	6
2-9 Caractéristiques hydrologiques	6
2-10 Caractéristiques géomorphologiques	6
2-11 Caractéristiques pédologiques	7
2-12- Nature des sols et potentiel écologique :	7
1. Historique :	9
2. Définition :	10
3. Méthodologie de production	11
4. Structure chimique et propriétés physico-chimiques du biochar	11
4.1 .Structure chimique du biochar	12
4.2. Propriétés physico-chimiques du biochar	12
4.2.1 Porosité et surface spécifique	12
4.2.2 PH et capacité d'échange cationique (CEC)	12
4.2.3 Stabilité et persistance du carbone	12
4.2.4 Composition élémentaire et teneur en cendres	13
5. Intérêt du biochar comme amendement	13
1. A propos de l'idée	16
1.1 Contexte agricole algérien et dégradation des sols	16
1.2 Valorisation de la biomasse locale.....	16
1.3 Émergence de la solution biochar activé	17
2. Les valeurs proposées	17
2.1 Solution proposée.....	17
2.2 Approche circulaire et valorisation des déchets	18
2.3 Bénéfices agronomiques et environnementaux	18
3.Méthodologie et Processus de Production	19
3.1 Matières premières	19
3.2 Pyrolyse.....	19
3.3 Activation naturelle par les plantes locales	20
3.4 Résultat final.....	21

4.L'équipe du projet.....	21
5. Localisation et Implantation Stratégique	22
5.1 Choix de Constantine comme site pilote	22
5.2 Ressources locales abondantes	22
6. Objectifs du projet.....	23
6.1 Objectifs généraux.....	23
6.2 Objectifs commerciaux.....	23
7. Le planning de réalisation du projet.....	26
1. Nature et Typologie de l'Innovation	28
1.1 Innovation technologique	28
1.2 Innovation croissante.....	28
1.3 Innovation éthique et durabilité environnementale.....	29
2. Domaines d'innovation.....	30
2.1 Nouveaux processus	30
2.2 Nouvelles fonctionnalités	30
2.3 Nouveaux clients	31
2.4 Nouvelles offres	31
2.5 Nouveaux modèles	31
1. Segment de marché : Qui achète notre produit ?	33
1.1 Producteurs engagés dans une agriculture durable	33
1.2Agriculteurs conventionnels en recherche d'alternatives	33
1.3 Responsables de projets écologiques territoriaux	33
1.4 Particuliers sensibilisés à l'environnement	34
2. Présentation des porteurs du projet et de leurs motivations	34
2.1 Répondre à une évolution des besoins dans le monde agricole.....	34
2.2 Innover pour se différencier sur un marché en transition	34
2.3Valoriser les ressources locales et les savoirs traditionnels	34
2.4 S'engager pour une agriculture plus éthique et régénérative	35
2.5 Une démarche motivée par l'urgence de transformer les pratiques agricoles	35
3. Stratégie de distribution GREENCHAR	35
3.1 Concentration urbaine prioritaire	35
3.2 Segmentation géographique et sociale.....	35
3.3 Expansion territoriale progressive	35
4. Segmentation du marché cible	36
4.1 Marché cible principal.....	36
5. Analyse de l'Offre et de la Concurrence	37
5.1 Analyse comparative de produit :	40

6. Analyse de l'Environnement (PESTEL)	40
7. Matrice SWOT	41
8. Les 7 P du Marketing Mix.....	43
1. Le Processus de production.....	49
1.1 Recherche et Développement	49
1.2 Une approche intégrée et orientée impact.....	49
1.2 Un positionnement ambitieux et qui fait la différence.....	49
1.3 Une recherche et développement agile et évolutive.....	50
2. Matière première	50
2.1 Valorisation responsable	50
2.2 Les plantes sauvages	50
2.3 Contrôle Qualité	50
3. Conditionnement éco-responsable	51
3.1 Protection, Sécurité et Durabilité	51
4. Emballage	51
4.1 Destinés aux Utilisateurs Extérieurs	51
4.2 Transparence et Traçabilité	51
5. Approvisionnement & Politique d'Achat	52
5.1 Des matières premières locales, naturelles 100 %	52
5.2 Des partenariats de confiance et un réseau local	52
5.3 Équipements adaptés à une production artisanale maîtrisée.	52
5.4 Une chaîne d'approvisionnement éco-responsable et sans perte de matière.....	53
6. Fournisseurs les plus importants	53
7. Partenariats Stratégiques Spécifiques	54
7.1 Fournisseurs de Matières Premières Végétales	54
7.2 Fournisseurs de Plantes pour Purins	54
7.3 Fournisseurs d'Équipements et Services	54
8. Politique de paiement et délais de réception.....	55
8.1 Paiement – Clarté, Engagement, Confiance.....	55
8.2 Délais de Réception – Zéro Retard, Zéro Rupture	55
8.3 Notre promesse	55
9. La main d'œuvre	56
9.1 Le nombre de postes que le projet peut créer	56
9.2 Une montée en compétences progressive et structurée.....	56
9.3 Un engagement pour un emploi local.....	56
10. Stratégie de Partenariats & Appui Institutionnel	57
1. Prévisions de chiffres d'affaires	60

1. Prototype expérimental :	65
2. Matériel et méthode.....	65
3. L'objectif de notre travail	65
4. Production du biochar.....	65
4.1 Production manuelle :	66
a. Production en laboratoire :	66
5. Activation du biochar	66
6. Analyses physico-chimiques	66
6.1Potentiel hydrogène (Ph)	66
7. Conductivité électrique :	67
7.1 Protocole expérimental :.....	68
8.Détermination de l'Humidité Gravimétrique :	68
8.1 Protocole expérimental :.....	69
8.2 Teneur en nitrates :	70
8.3 Protocole expérimental :.....	70
8.4 Protocole expérimental :.....	73
9. Analyses externes du biochar active (Laboratoire Catalyse Lab à Constantine) :	75
9.1 Essai agronomique sur (<i>coriandrum sativum</i>):.....	76
9.2 Mesure des paramètres biométriques de la coriandre (<i>coriandrum sativum</i>)	76
9.3 Essai agronomique sur la pomme de terre (<i>Solanum tuberosum</i>):	77
10.Méthodologie de mesure de l'activité microbienne par la méthode DO (au spectrophotomètre) :	78
11.Résultat :	79
11.1 Mesure de potentiel hydrogène (Ph) et la conductivité électrique (CE):.....	79
12.Ph (Potentiel Hydrogène)	82
12.1 Interprétation des résultats :	82
13. Conductivité Électrique (CE).....	83
13.1 Interprétation des résultats :	83
14.Humidité Gravimétrique	84
14.1 Interprétation des résultats	85
15. Nitrates (NO₃⁻)	86
15.1 Interprétation des résultats	87
16. Calcaire Total	88
15.1 Interprétation des résultats	89
17. Partie végétale.....	90
18. Partie microbiologique :	93
CONCLUSION.....	95

Listes des Tableaux

N	Titre	Page
01	Le planning de réalisation du projet	26
02	Segmentation du marché cible	36
03	Identification des concurrents	37
04	Fournisseurs les plus importants	53
05	Acteurs clés de la réussite de GREENCHAR	58
06	Chiffre d'affaires - Année 1-	60
07	Chiffre d'affaires - Année 2-	60
08	Chiffre d'affaires - Année 3 -	61
09	Résumé Global sur 3 ans	61
10	Initial Detaille	61
11	Les valeurs de Ph (T1 et T2 Echantillon 1)	77
12	Les valeurs de CE (T1 et T2 Echantillon 1)	77
13	Les valeurs de Ph (T1 et T2 Echantillon 2)	78
14	Les valeurs de CE (T1 et T2 Echantillon 2)	79
15	Les valeurs d'Humidité (T0 ; T1 et T2 Echantillon 1)	80
16	Les valeurs d'Humidité (T0 ; T1 et T2 Echantillon 2)	82
17	Les valeurs d'étalonnage	83
18	Les valeurs de teneur en Nitrate (T0 ; T1 et T2 Echantillon 1)	84
19	Les valeurs de teneur en Nitrate (T0 ; T1 et T2 Echantillon 2)	84
20	Les valeurs de calcaire (T0 ; T1 et T2 Echantillon 1)	86
21	Les valeurs de calcaire (T0 ; T1 et T2 Echantillon 2)	86
22	Les valeurs de biochar (V0 ; Vt et Vc)	86
23	Les résultats de mesure (<i>coriandrum sativum</i>)(temoin ; biochar ; biochar active)	88
24	Les résultats de la mesure de (<i>Solanumtuberosum</i>)	89
25	Les résultats de mesure la densité optique du la purine végétale	90

Listes des figures

N	Titre	Page
01	Situation géographique de la région d'étude (Wilaya de Jijel)	4
02	Situation géographique de la commune d'El -Milia wilaya du Jijel	4
03	Mesure du Ph	67
04	Les étapes de mesures de la conductivité électrique	68
05	Les étapes de mesures de l'humidité du sol	70
06	Les étapes de mesure du nitrate	72
07	Les étapes de mesure du calcaire du sol	73
08	Interprétation des échantillons de coriandre (<i>coriandrum sativum</i>)	74
09	Interprétation des échantillons de la pomme de terre (<i>Solanum tuberosum</i>)	76
10	Courbe des valeurs du pH (Echantillon 01)	78
11	Courbe des valeurs du pH (Echantillon 02)	79
12	Courbe de EC (Echantillon 01)	80
13	Courbe des valeurs du pH (Echantillon 02)	82
14	Courbe de la CE (Echantillon 02)	83
15	Humidité% (Echantillon 01)	90



Introduction



INTRODUCTION

L'agriculture moderne fait face à des défis environnementaux et économiques majeurs, notamment la dégradation des sols, la diminution de la fertilité naturelle et la nécessité de réduire l'empreinte carbone des activités agricoles. Dans ce contexte, le développement de solutions innovantes et durables devient une priorité pour assurer la sécurité alimentaire tout en préservant l'environnement. Le biochar éco-actif, matériau carboné issu de la pyrolyse de biomasse organique, émerge comme une solution prometteuse offrant des bénéfices multiples : amélioration de la structure du sol, séquestration du carbone et de l'eau et optimisation de la rétention des nutriments (Science Direct). Le biochar est spécifiquement produit pour être appliqué aux sols, dans le but d'améliorer leur fertilité, de stocker le carbone durablement et de favoriser la filtration de l'eau dans le sol (Lehmann & Joseph, 2009).

L'innovation réside dans l'association du biochar éco-actif avec des purines végétales extraites de deux espèces végétales spécifiques, créant ainsi un amendement organique révolutionnaire. Cette combinaison synergique vise à maximiser les propriétés fertilisantes naturelles tout en respectant les principes de l'agriculture durable. Les purines végétales constituent des fertilisants organiques performants qui, une fois associées au biochar, peuvent transformer radicalement l'approche de la fertilisation agricole (Terre Vivante).

Cependant, au-delà de ses bénéfices intrinsèques, le biochar peut être fonctionnalisé pour renforcer son efficacité. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente recherche, qui propose le développement d'un biochar éco-actif enrichi par des purines végétales fermentées issues de plantes médicinales locales. Ces extraits liquides, riches en nutriments assimilables et en micro-organismes bénéfiques (Pant et al., 2012), constituent des bio activateurs naturels capables d'amplifier les effets fertilisants du biochar tout en valorisant des déchets organiques locaux.

L'enjeu de ce travail est ainsi de concevoir une solution agronomique innovante et économiquement viable, ancrée dans une logique d'économie circulaire, pour répondre aux défis de la fertilisation durable dans les systèmes agricoles algérien.

L'objectif de ce travail est de valoriser des déchets organiques et développer un produit bio, écologiques et durable pour l'amélioration synergique de la fertilité du sol mais aussi la croissance et vigueur des plantes...

Chapitre 1

La région d'étude

1. Description de la région d'étude

1-1- Présentation de la région d'étude :

La wilaya de Jijel est située au nord-est de l'Algérie. Elle est délimitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Skikda, à l'ouest par celle de Béjaïa, et au sud par les wilayas de Sétif et de Mila (Cf. Fig.1). Le territoire présente un relief accidenté, dominé par la chaîne des Babors, avec une couverture forestière dense (environ 47 %). La région étudiée concerne une zone de digue, localisée dans une vallée côtière à proximité de la mer, caractérisée par des terrains alluviaux récents. Le sol de digue y est généralement composé de matériaux meubles, de type limono-sableux à argileux, issus du dépôt fluvial et marin. Ces sols sont marqués par une forte humidité, une perméabilité variable et une stabilité mécanique conditionnée par le niveau de la nappe phréatique et la texture du sol. Leur portance est souvent faible à moyenne, nécessitant des renforcements lors de travaux hydrauliques ou d'aménagements de protection contre les crues et l'érosion marine. Ce type de sol est également sensible à la salinisation, notamment dans les zones proches du littoral (DTJ, 2023 ; ANRH, 2022).

1-2- Situation géographique de la commune de El Milia :

La commune d'El Milia est située dans la wilaya de Jijel, au nord-est de l'Algérie, à environ 40 km à l'est du chef-lieu Jijel (cf. Fig.2). Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la commune de Taher, à l'ouest par la commune de Jijel, et au sud par les reliefs montagneux de la chaîne des Babors. Le territoire de la commune présente un relief diversifié, associant des plaines littorales relativement plates à des collines et montagnes plus élevées vers le sud. Ce relief confère à la région un climat méditerranéen humide avec des précipitations annuelles variant entre 900 et 1200 mm, favorisant une végétation dense et diversifiée.

2. Les caractéristiques de la région d'étude

Wilaya de Jijel

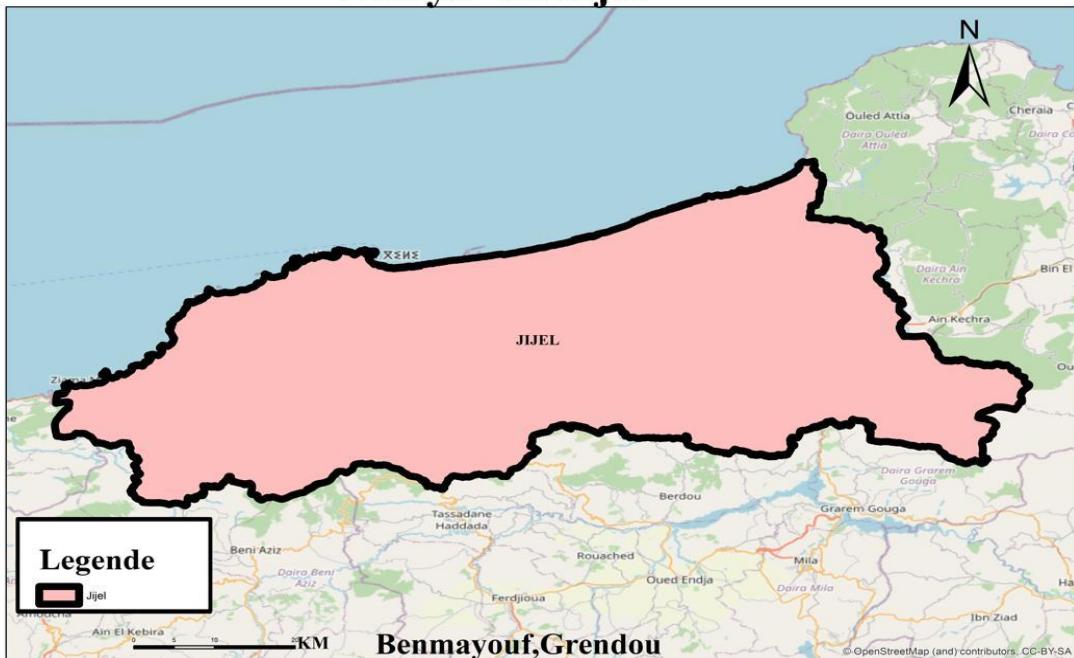


Figure 01 : Situation géographique de la région d'étude (Wilaya de Jijel)

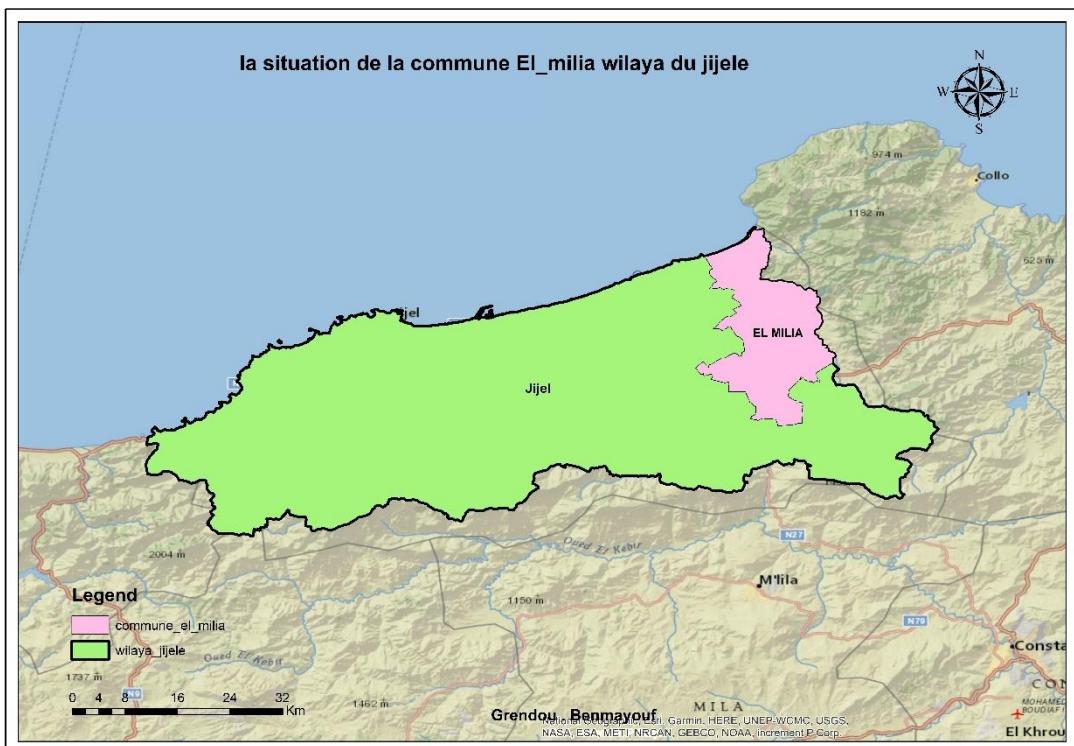


Figure 02 : Situation géographique de la commune d'El -milia wilaya du jijel

2-1 Les caractéristiques climatiques :

Le climat regroupe l'ensemble des facteurs météorologiques tels que la température, les précipitations, l'humidité et le vent. Ces facteurs jouent un rôle primordial dans la répartition des espèces.

2-2- Les caractéristiques des températures :

La température joue un rôle important dans les réactions métaboliques de tous les êtres vivants (Ramade, 1984). L'Office National de la Météorologie de Jijel a mis à notre disposition les données des températures et des précipitations couvrant la période de 1994 à 2024. La figure ci-dessous montre les variations mensuelles des températures moyennes dans la région de Jijel. La valeur la plus élevée est enregistrée en juillet avec environ 28,7°C, tandis que la température la plus basse est observée en janvier avec environ 9,1°C.

2-3- Les caractéristiques des précipitations :

Les précipitations jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des milieux aquatiques tels que les oueds, les mares et les lacs (Ramade, 1984). Selon les données climatiques disponibles pour la wilaya de Jijel, les précipitations annuelles moyennes sont estimées à environ 982 mm. Le mois le plus pluvieux est décembre, avec une moyenne de 170 mm, tandis que juillet est le mois le plus sec avec environ 2 mm de précipitations (Climate-Data.org, 2024 ; Climatsetvoyages.com, 2024).

2-4- Caractéristiques de L'évaporation

L'évaporation à El Milia varie selon les saisons. Elle est plus marquée durant les mois chauds en raison des températures élevées et de l'ensoleillement important. Le maximum est observé en juillet et août, tandis que le minimum est enregistré en janvier Boukli Hacène, A. (2000). Climat et ressources en eau en Algérie. Office des publications universitaires, Alger.

2-5- Caractéristiques ensoleillement

El Milia bénéficie d'une bonne insolation. La durée moyenne d'ensoleillement est de 12 heures par jour en juillet, et descend à environ 6 heures par jour en décembre. Cela correspond à une insolation annuelle d'environ 2800 heures : Climate-Data.org. (2024). Climat Jijel.

2-6 Caractéristiques du vent

Les vents à El Milia soufflent principalement du nord-ouest et nord-est, influencés par la mer Méditerranée. Leur vitesse moyenne varie entre 2 et 5 m/s, avec

une augmentation pendant les saisons de transition (printemps et automne) (Wikipedia . 2024).

2-7 Synthèse climatique

Selon Bagnouls et Gausson (1953), un mois est considéré biologiquement sec lorsque les précipitations mensuelles (P , en mm) sont inférieures ou égales à deux fois la température moyenne mensuelle (T , en °C), soit $P \leq 2T$.

En appliquant cette méthode aux données climatiques de la commune d'El Milia (période 2009–2018), on observe une période sèche de juin à août. Par exemple :

Juillet : $P = 4 \text{ mm} ; T = 25,6 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 2T = 51,2 \text{ mm} \rightarrow P < 2T \rightarrow \text{mois sec}$

Décembre : $P = 142 \text{ mm} ; T = 13,2 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 2T = 26,4 \text{ mm} \rightarrow P > 2T \rightarrow \text{mois humide}$

Cela indique que la période sèche correspond à l'été, tandis que l'hiver est humide, ce qui est typique du climat méditerranéen. Bagnouls, F. & Gausson, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. (Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 88, 193-239. A Contresens. (2024). Climat El Milia (Algérie).

2-8 Caractéristiques géologiques

La région d'El Milia, située dans le massif de Collo (Petite Kabylie), présente une géologie complexe dominée par des formations sédimentaires et métamorphiques. Elle est constituée principalement de flyschs crétacés et tertiaires, de gneiss, de micaschistes, ainsi que de formations argilo-sableuses riches en kaolinite. Ces roches témoignent d'une activité tectonique importante ayant façonné le relief local. Des gisements de kaolin sont également présents dans la région, notamment exploités à des fins industrielles.Jijel-Archeo (Bourbala B., 2019)

2-9 Caractéristiques hydrologiques

La région d'El Milia dispose de ressources hydriques variées. Elle est traversée par plusieurs oueds, dont l'oued Zhour, qui contribuent à la recharge des nappes phréatiques. Les aquifères présents dans les zones basses et les plaines alluviales fournissent de l'eau pour l'agriculture et l'approvisionnement domestique. Les eaux souterraines sont d'origine principalement météorique, alimentées par les précipitations locales. (Fac.umc.edu.dz)

2-10 Caractéristiques géomorphologiques

Le relief d'El Milia est très accidenté, dominé par des montagnes (massif de Collo) dont l'altitude dépasse souvent 600 m. La région comprend aussi des vallées profondes, des plaines étroites et des collines. Ces formes résultent de l'érosion des

roches anciennes, ainsi que de l'activité tectonique. Vers le nord, la région s'ouvre sur une zone côtière à influence méditerranéenne. (Kaddouri H., 2022)

2-11 Caractéristiques pédologiques

Les sols de la région d'El Milia sont diversifiés. On y trouve des sols argilo-limoneux dans les plaines et vallées, adaptés à l'agriculture. Sur les pentes, les sols sont plus sableux, pauvres en matière organique et sujets à l'érosion. Certains sols contiennent de la kaolinite, liée à la présence de gisements de kaolin dans le sous-sol. Le pH est généralement neutre à légèrement acide, et l'activité biologique du sol est modérée. (Bourbala B., 2019)

2-12- Nature des sols et potentiel écologique :

Les sols de la région d'El Milia sont principalement composés de sols limono-argileux sur les plaines côtières et de sols plus calcaires dans les zones montagneuses. Ces sols riches en matière organique offrent une bonne capacité de rétention en eau, ce qui favorise les activités agricoles traditionnelles telles que la culture céréalière, l'olivier et la vigne. La couverture forestière importante, notamment constituée de chêne-liège, de pins et de maquis méditerranéen, joue un rôle essentiel dans la prévention de l'érosion et dans la conservation de la biodiversité Caractéristiques locales. Cette région représente ainsi un écosystème précieux pour la faune et la flore méditerranéenne. (Sources : DTJ, 2023 ; ANRH, 2022 ; Office National des Forêts, 2021)

Chapitre 2

Généralité sur le biochar

1. Historique :

Les sols Terra Preta, d'origine précolombienne, couvrent une superficie de plus de 50 000 hectares en Amazonie. La datation au radiocarbone indique que leur formation remonte à une période comprise entre 7000 et 500 ans (Glaser, 2007). Ces sols ont été redécouverts en 1966 par le pédologue néerlandais Wim Sombroek, qui a mis en évidence leur fertilité exceptionnelle.

Contrairement aux sols amazoniens environnants, généralement pauvres en nutriments et en carbone, les Terra Preta contiennent des niveaux élevés de carbone organique, soit 70 fois plus de nutriments que les sols voisins. Elles sont riches en éléments essentiels tels que le carbone (C), l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et le calcium (Ca), et possèdent une capacité d'échange cationique (CEC) élevée, permettant de recycler les nutriments sur de longues périodes de culture (Lima et al., 2002; Factura, 2010). Une Terra Preta d'un hectare et d'un mètre de profondeur peut stocker jusqu'à 250 tonnes de carbone, contre 100 tonnes pour un sol non amélioré.

L'analyse de ces sols a révélé des concentrations élevées de charbon et de matières organiques, notamment des résidus végétaux et animaux. Leur productivité exceptionnelle est due à leur capacité à conserver les nutriments et à maintenir un pH neutre, ce qui contraste avec l'acidité typique des sols amazoniens. L'équivalent moderne du charbon présent dans les Terra Preta est le biochar, produit par un procédé de pyrolyse (Lehmann, 2007).

En 2003, le Japon était le plus grand producteur mondial de biochar, avec une production annuelle de 15 000 tonnes (Sohi et al., 2010). En Suisse, la compostière La Coulette est pionnière dans la production de charbon végétal, majoritairement issu de déchets forestiers. Leur biochar est disponible en petites quantités (à partir de 30 litres) et ils commercialisent également un mélange compost/biochar, nommé Terra Preta, en référence aux sols amazoniens. Toutefois, ce produit est un amendement fabriqué et ne possède pas exactement les mêmes propriétés que la Terra Preta naturelle.

Depuis le 1er janvier 2012, une certification européenne du biochar a été mise en place afin d'encadrer sa fabrication et son utilisation, en définissant des normes de qualité (Schmidt et al., 2012).

Les applications du biochar sont nombreuses et offrent plusieurs avantages (Lehmann & Joseph, 2009) :

➤ Bénéfices environnementaux :

Séquestration du carbone et atténuation du changement climatique

Réduction des émissions de gaz à effet de serre, notamment le CO₂

Amélioration de la qualité des sols et protection contre l'érosion

➤ Gestion des déchets :

Valorisation des déchets verts, forestiers et issus de l'industrie papetière

Réduction du volume des déchets grâce au procédé de pyrolyse

Génération de sous-produits énergétiques, tels que le gaz de synthèse et les bio-huiles

2. Définition :

Le biochar est un matériau solide, de couleur noire, issu de la carbonisation de la biomasse. Cette dernière peut être constituée de matières lignocellulosiques riches en carbone, telles que des résidus végétaux, agricoles et forestiers, ainsi que des herbes (Yao et al., 2012). Contrairement au charbon et à d'autres matières similaires, le biochar est spécifiquement produit pour être appliqué aux sols, dans le but d'améliorer leur fertilité, de stocker le carbone durablement et de favoriser la filtration de l'eau dans le sol (Lehmann & Joseph, 2009).

Sa classification repose sur son mode de production et son utilisation finale. Le processus de transformation thermique, appelé pyrolyse, s'effectue en milieu pauvre ou totalement exempt d'oxygène (Mukherjee & Zimmerman, 2013), afin d'éviter sa combustion, qui le réduirait en cendres.

Le terme pyrolyse est utilisé dans deux contextes principaux :

Comme une technique analytique permettant d'étudier la composition chimique de différentes substances organiques, notamment la matière organique des sols (Leinweber & Schulten, 1999).

Dans des systèmes de production de bioénergie, où les gaz émis lors de la carbonisation de la biomasse sont récupérés pour produire de l'hydrogène, du gaz de synthèse, des bio-huiles, de la chaleur et de l'électricité (Bridgwater et al., 1999).

Lors du processus de pyrolyse, le carbone labile contenu dans la biomasse est transformé en carbone noir, une forme hautement stable qui peut persister dans les sols pendant plusieurs milliers d'années (Pudasaini et al., 2012).

La qualité du biochar, ainsi que son efficacité en tant qu'amendement agricole et son potentiel de séquestration du carbone, dépendent fortement des conditions de

production. Les facteurs déterminants incluent la température de pyrolyse et la nature de la biomasse utilisée (Angın & Şensöz, 2014).

Grâce à sa grande surface spécifique et à sa forte capacité d'adsorption, le biochar interagit efficacement avec les ions inorganiques, ce qui lui confère une excellente résistance à la dégradation. Sa composition, dominée par des composés aromatiques récalcitrants, renforce son stabilité et son rôle dans l'amélioration des sols (Lehmann & Joseph, 2009).

3. Méthodologie de production

La pyrolyse est le processus de production de biochar le plus couramment utilisé. Il s'agit d'une décomposition thermique de la biomasse, réalisée à des températures élevées ($>350^{\circ}\text{C}$) en l'absence d'oxygène (Yaman, 2004 ; Bridgwater, 2012; Cha et al., 2016). Les trois principaux composants de la biomasse, à savoir la lignine, la cellulose et l'hémicellulose, subissent une série de réactions à haute température, incluant la réticulation, la dépolymérisation et la fragmentation. Ces réactions aboutissent à la formation de produits solides (biochar), liquides (bio-huiles) et gazeux (bio-syngas ou syngas) .

La qualité du biochar et le rendement de sa production dépendent fortement des conditions de pyrolyse et du type de biomasse utilisé (Cha et al., 2016 ; Tripathi et al., 2016). Le paramètre le plus influent est la température. En effet, une augmentation de la température favorise l'aromatisation des produits, suivie d'une condensation des arômes, ce qui conduit à une purification du produit. Par conséquent, les pourcentages d'oxygène et d'hydrogène diminuent, tandis que la proportion de carbone augmente.

Cependant, l'augmentation de la température de pyrolyse entraîne également une augmentation des pertes de syngas, ce qui diminue le rendement en biochar. Par ailleurs, des vitesses de chauffage trop élevées, un temps de résidence trop long à la température cible, une pression trop faible, une humidité trop élevée, ainsi qu'une taille de particules trop fine réduisent également le rendement de la production (Tripathi et al., 2016). Enfin, la composition de la biomasse, notamment sa teneur en lignine, cellulose et hémicellulose, influence également le rendement de la pyrolyse (Lathouwers & Bellan, 2001 ; Sharypov et al., 2008)

4. Structure chimique et propriétés physico-chimiques du biochar

Le biochar est un matériau carboné issu de la pyrolyse de la biomasse, dont la composition chimique et les propriétés physiques varient en fonction des conditions

de production. Ses caractéristiques influencent son efficacité en tant qu'amendement du sol et sa capacité à stocker du carbone de manière durable.

4.1. Structure chimique du biochar

La composition chimique du biochar est dominée par des structures aromatiques condensées, qui lui confèrent une grande stabilité et une résistance accrue à la dégradation (Lehmann & Joseph, 2009). Il contient principalement :

Carbone (C) sous forme de structures graphitiques et aromatiques ;

Oxygène (O), Hydrogène (H) et Azote (N) en proportions variables selon la biomasse et les conditions de pyrolyse ;

Groupes fonctionnels tels que les hydroxyles (-OH), les carboxyles (-COOH) et les carbonyles (-C=O), jouant un rôle clé dans les interactions avec l'eau et les nutriments (Keiluweit et al, 2010).

L'augmentation de la température de pyrolyse entraîne une plus grande condensation des structures aromatiques, réduisant la proportion d'oxygène et d'hydrogène tout en enrichissant le matériau en carbone (Keiluweit et al, 2010).

4.2. Propriétés physico-chimiques du biochar

4.2.1 Porosité et surface spécifique

Le biochar possède une structure poreuse développée, favorisant une surface spécifique élevée qui améliore son aptitude à adsorber les nutriments et les contaminants (Downie et al, 2009).

4.2.2 PH et capacité d'échange cationique (CEC)

Le pH du biochar varie généralement entre 6 et 10, augmentant avec la température de pyrolyse, ce qui peut contribuer à la neutralisation des sols acides (Yuan et al., 2011).

Sa capacité d'échange cationique (CEC), liée à la présence de groupes fonctionnels oxygénés, tend à être plus élevée pour les biochars produits à basse température (Cheng et al., 2006).

4.2.3 Stabilité et persistance du carbone

Grâce à sa structure hautement réfractaire, le biochar peut persister dans les sols pendant plusieurs siècles, voire millénaires, jouant ainsi un rôle essentiel dans la séquestration du carbone et la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Lehmann & Joseph, 2009).

4.2.4 Composition élémentaire et teneur en cendres

Les teneurs en carbone, hydrogène et oxygène varient selon la biomasse utilisée et les paramètres de pyrolyse.

Le biochar issu de résidus agricoles et forestiers contient des minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium et le phosphore, qui peuvent enrichir les sols (Cantrell et al., 2012).

5. Intérêt du biochar comme amendement

Le biochar est un amendement du sol reconnu pour sa capacité à absorber les composants chimiques néfastes à l'agriculture et à améliorer la fertilité des sols (Gaunt & Lehmann, 2008). Des recherches récentes soulignent son rôle bénéfique dans l'amélioration des sols naturellement pauvres, acides ou dégradés par une agriculture intensive (Steiner et al., 2008). En favorisant une meilleure structure du sol, il contribue à l'optimisation de ses propriétés physico-chimiques (Rillig & Mummey, 2006).

L'ajout de biochar dans les sols permet notamment de réguler le pH, agissant comme un tampon qui améliore la disponibilité des nutriments. Cette amélioration découle de sa capacité à adsorber les cations à sa surface, augmentant ainsi la rétention des éléments nutritifs essentiels (Liang et al., 2006). De plus, le biochar influence la communauté biologique du sol en modifiant sa composition et son abondance microbienne (Liang et al., 2010). Son effet sur les communautés microbiennes a été démontré dans les sols noirs d'Amazonie, où une plus grande diversité et activité microbienne ont été observées (Kim et al., 2007).

Par ailleurs, l'amendement des sols avec du biochar peut modifier leur masse volumique apparente ainsi que leur rétention en eau, influençant ainsi le développement racinaire des plantes et la faune du sol (Major et al., 2009). En raison de sa structure poreuse, composée de macro et micropores, le biochar possède une masse volumique faible (Downie et al., 2009).

Chapitre 3

Lancement de start up

Premier axe : Présentation de l'idée du projet

1. A propos de l'idée

1.1 Contexte agricole algérien et dégradation des sols

L'agriculture algérienne, c'est un pilier essentiel de la sécurité alimentaire nationale, est confrontée depuis plusieurs décennies à une dégradation progressive et alarmante des sols. Plusieurs facteurs en sont responsables, notamment :

- ✓ La surexploitation des terres agricoles ;
- ✓ L'usage intensif d'engrais chimiques, qui épuise la biodiversité microbienne naturelle ;
- ✓ La désertification et l'érosion éolienne et hydrique, aggravées par le changement climatique ;
- ✓ La salinisation des terres irriguées, surtout dans les zones steppiques et sahariennes ;
- ✓ La perte de matière organique, qui affecte la structure et la fertilité des sols.

Cette dégradation entraîne une baisse des rendements, une hausse des coûts de production et une dépendance accrue aux intrants importés. Dans ce contexte, GREENCHAR s'impose comme une solution durable, régénérative et locale, répondant aux enjeux actuels de souveraineté agricole et de résilience des sols.

1.2 Valorisation de la biomasse locale

Au cœur de ce changement de paradigme se trouve une idée simple mais puissante : valoriser ce que le territoire produit déjà. Des plantes adventices, abondantes dans les zones rurales algériennes, constituent une biomasse riche, gratuite et durablement renouvelable.

Ces plantes, loin d'être des nuisibles, sont en réalité :

- ✓ Des concentrés de nutriments naturels ;
- ✓ Des catalyseurs microbiens, qui dynamisent la vie du sol ;
- ✓ Des extraits fermentescibles puissants, utilisés depuis des siècles dans les pratiques agricoles paysannes.

Récoltées localement et transformées par fermentation, elles deviennent des activateurs biologiques capables de restaurer la fertilité des sols, tout en renforçant les défenses naturelles des cultures.

1.3 Émergence de la solution biochar activé

C'est dans cette synergie entre tradition phytothérapeutique rurale et innovation agronomique bas-carbone qu'est née la solution du biochar Eco activé naturellement (GREENCHAR).

Le biochar, résidu solide issu de la pyrolyse de biomasse organique (pain sec et chutes de bois), possède des propriétés exceptionnelles :

- ✓ Rétention d'eau et de nutriments ;
- ✓ Neutralisation de certains polluants ;
- ✓ Habitat idéal pour les micro-organismes du sol ;
- ✓ Et surtout, stabilité carbone sur plusieurs siècles

Mais pour déployer tout son potentiel, le biochar doit être "chargé" biologiquement.

Le simple charbon est inerte. L'idée fondatrice du projet est donc la suivante :

Activer le biochar avec des extraits fermentés, pour créer un amendement vivant, énergétiquement autonome, 100 % local, qui nourrit les sols tout en captant du carbone.

Ce procédé, reproductible à petite échelle, représente une rupture agronomique majeure. Il permet d'offrir aux agriculteurs un outil à la fois :

- ✓ Écologique, en réduisant l'usage d'intrants chimiques ;
- ✓ Économique, grâce à des ressources locales gratuites ;
- ✓ Résilient, en régénérant les sols à long terme.

2. Les valeurs proposées

2.1 Solution proposée

Dans un contexte où l'agriculture algérienne s'épuise sous le poids de la chimie importée, nous proposons une solution radicale, régénérative et profondément ancrée dans le territoire : un biochar éco activé biologiquement, produit à partir de ressources locales gratuites ou négligées.

Le biochar, matrice carbone poreuse et stable, est élaboré à partir :

- ✓ De pain sec invendu : matière organique à haute teneur en carbone ;
- ✓ De résidus de menuiserie non traités : sciure, copeaux, chutes de bois brut.

Ce mélange, pyrolysé à basse température, donne un biochar :

- ✓ Extrêmement microporeux, capable de retenir l'eau et les nutriments comme une éponge ;
- ✓ Chimiquement neutre, non toxique pour les cultures ;

- ✓ Et surtout, capable de stocker durablement du carbone dans les sols pendant des siècles.

Nous l'inoculons avec des purins fermentés de deux espèce végétaux, extraits riches en :

- ✓ Micro-organismes bénéfiques (bactéries, levures, champignons) ;
- ✓ Minéraux clés (azote, potassium, magnésium, fer...) ;
- ✓ Acides organiques et enzymes qui stimulent la dynamique microbienne du sol.

Ce processus de charge transforme le biochar en amendement intelligent :

Un substrat carbone bioactif, nutritif, capable de réveiller des sols morts

2.2 Approche circulaire et valorisation des déchets

Notre approche s'inscrit dans une logique d'économie circulaire totale, à haut rendement écologique et à faible intensité technologique. Chaque ressource utilisée est un déchet revalorisé :

- ✓ Le pain rassis, symbole du gaspillage urbain, devient un carbone utile ;
- ✓ Les copeaux de bois non traités, sous-produit des ateliers artisanaux, deviennent structure du sol ;
- ✓ Des plantes spontanées, souvent arrachées ou brûlées, deviennent des activateurs microbiologiques puissants.

Ce modèle crée une chaîne de valeur territoriale fermée :

- ✓ Sans chimie de synthèse,
- ✓ Sans dépendance au pétrole,
- ✓ Sans pollution des nappes,
- ✓ Et sans intrusion dans la souveraineté alimentaire (aucune concurrence avec les cultures nourricières).

Le procédé est répliable dans n'importe quel écosystème rural algérien avec un maximum d'impact.

2.3 Bénéfices agronomiques et environnementaux

La combinaison biochar-purins fermentés génère une triple valeur ajoutée :

- Bénéfices agronomiques :
 - ✓ Régénération de la structure du sol : amélioration de l'aération, décompactage naturel, meilleure rétention de l'eau et des nutriments.
 - ✓ Réactivation biologique : explosion de la microfaune, restauration du cycle de l'azote, stimulation naturelle des racines.

- ✓ Moins d'engrais, plus d'efficacité : réduction jusqu'à 40 % de l'utilisation d'engrais chimiques en trois cycles.
- Impact environnemental
 - ✓ Séquestration massive de carbone : jusqu'à 2 tonnes de CO₂ fixées par hectare et par an.
 - ✓ Réduction des émissions agricoles (protoxyde d'azote, méthane) ;
 - ✓ Zéro déchet, zéro pollution : tous les intrants sont compostables, recyclables ou valorisés.
- Impact socio-économique
 - ✓ Autonomisation des petits agriculteurs : indépendance partielle ou totale vis-à-vis des intrants industriels ;
 - ✓ Création d'emplois ruraux verts, autour de la collecte, la pyrolyse, la fermentation ;
 - ✓ Démocratisation de la fertilité : même les sols les plus pauvres peuvent redevenir productifs sans dépendre de solutions importées.

GREENCHAR c'est un amendement vivant, économique, régénérant. Un modèle de transition reproductible, prêt pour le terrain (Nous transformons des déchets ordinaires en un outil extraordinaire de souveraineté agroécologique.)

3. Méthodologie et Processus de Production

3.1 Matières premières

GREENCHAR c'est une idée simple et puissante : tout ce que l'agriculture jette peut redevenir sol vivant. Notre processus débute par la transformation de deux flux de déchets négligés en intrants premium :

- ✓ Le pain sec invendu, symbole du gaspillage alimentaire, est une biomasse carbonée facilement pyrolysable. Sa structure amidonnée permet une carbonisation rapide et propre.
- ✓ Les déchets de bois brut (sciure, copeaux non traités), récupérés localement auprès d'ateliers, constituent une base ligneuse parfaite, stable, non toxique, idéale pour générer un biochar à forte longévité.

Ces deux flux (pain et bois brut) forment une base de pyrolyse unique, dense, homogène, riche en carbone, et 100 % gratuite.

3.2 Pyrolyse

Le cœur technologique du processus est une pyrolyse basse température :

- ✓ Plage thermique de 350 à 500°C : température optimale pour préserver la structure microporeuse, sans production de goudrons.

3.3 Activation naturelle par les plantes locales

L'un des piliers fondamentaux de GREENCHAR repose sur une méthode d'activation biologique du biochar, directement inspirée de pratiques agroécologiques ancestrales et modernisées grâce aux connaissances actuelles en microbiologie du sol. Concrètement, le biochar brut est "ensemencé" ou pré-chargé avec des purins fermentés à base des plantes locales.

Des plantes, bien connues dans les traditions paysannes, sont sélectionnées pour leur richesse naturelle en éléments nutritifs, enzymes et micro-organismes bénéfiques. En les transformant en purins fermentés, on crée un milieu biologique actif, vivant, qui va interagir directement avec la structure poreuse du biochar.

Les effets de cette activation sont doubles :

- Enrichissement microbiologique : Le biochar agit comme une véritable "maison pour les microbes". Grâce à ses millions de micropores, il offre un refuge idéal pour les bactéries, champignons, levures et autres micro-organismes issus du purin. Ces derniers jouent un rôle essentiel dans les cycles biologiques du sol et facilitent l'interaction entre les racines des plantes et le sol. On ne dépose donc pas simplement un amendement, mais un support vivant, actif, prêt à travailler dès qu'il est incorporé dans la terre.
- Réveil de son potentiel régénératif : L'activation végétale donne au biochar une efficacité immédiate. Là où un biochar brut met parfois plusieurs mois à "se charger" naturellement en milieu agricole, l'activation permet une action rapide sur la fertilité des sols, la rétention d'eau, et la stimulation de la biodiversité microbienne locale. En ce sens, les deux espaces, souvent considérés comme des "mauvaises herbes", deviennent des alliées puissantes pour la régénération des sols et la transition agroécologique.

Pourquoi les plantes locales ?

Le choix de plantes endémiques ou communes, accessibles gratuitement dans les environnements naturels proches, renforce la cohérence écologique et économique du projet. Il évite les intrants exotiques, limite les coûts de production et réduit l'empreinte carbone globale de l'amendement. De plus, cela permet une appropriation.

3.4 Résultat final

GREENCHAR est un amendement biochar éco activé, unique par sa triple qualité :

- 100 % local :
 - ✓ Produits dérivés des déchets disponibles dans un rayon de 10–20 km ;
 - ✓ Zéro intrant industriel, zéro dépendance à l'importation.
- 100 % naturel :
 - ✓ Aucun additif chimique ;
 - ✓ Compatible agriculture biologique et pratiques agroécologiques.
- 100 % régénératif :
 - ✓ Séquestre le carbone sur le long terme ;
 - ✓ Réduit les besoins en irrigation et engrais ;
 - ✓ Favorise l'autonomie paysanne.

4.L'équipe du projet

Le projet est porté par une équipe pluridisciplinaire, engagée et complémentaire :

- **HADJOUDJA NAWEL** : Encadrent
 - ✓ Maître de Conférences à l'université Constantine1-Frères Mentouri
 - ✓ Doctorat en biologie végétale
- **ZEGHBID NASSIM LOTFI**: Co-encadrant
 - ✓ Actuellement enseignant à l'Ecole nationale Polytechnique de Constantine.
 - ✓ Maitre de conférences à l'université Constantine1-Frères Mentouri.
 - ✓ Obtention d'un doctorat en Banque et ingénierie financière.
- **GRENDOU ZEYNEB** : Etudiante en Master 2 Ecologie protection en écosystème.
 - ✓ Une expérience pratique grâce à plusieurs stages académiques dans la conservation des forêts (conservation des forêts de la wilaya de Jijel et d'el Milia)
 - ✓ Participation à des formations en entrepreneuriat avec (l'Incubateur de l'Université Constantine1, département de l'écologie et environnement).
 - ✓ Participation à des formations en ligne avec (l'Incubateur d'Entreprises Numérique)
 - ✓ License en écologie et environnement.

- **BEN MAYOUF NOUR EL IMENE :** Etudiante en Master 2 Ecologie spécialité protection en écosystème.
- ✓ Participation à des formations en entrepreneuriat avec (l'Incubateur de l'Université Constantine1).
- ✓ License en agronomie spécialité sol et eau

5. Localisation et Implantation Stratégique

5.1 Choix de Constantine comme site pilote

Constantine est bien plus qu'un simple choix logistique : elle incarne une plateforme idéale pour initier un modèle agricole régénératif fondé sur l'économie circulaire et l'autonomie locale. Ce territoire conjugue plusieurs avantages déterminants :

- ✓ Un potentiel agricole prouvé, avec une diversité de productions végétales et une pression croissante sur la fertilité des sols. Cela crée un besoin réel pour des solutions à faible coût, durables et accessibles aux petits exploitants.
- ✓ Un réseau académique de qualité (universités, laboratoires, instituts agricoles) offrant un cadre de propriété à l'expérimentation, au suivi agronomique rigoureux et à la valorisation scientifique du projet.
- ✓ Une culture artisanale ancrée, riche en savoir-faire manuel, capable de fabriquer et entretenir les équipements nécessaires à la pyrolyse et à l'activation biologique.
- ✓ Une configuration géographique avantageuse, au carrefour de plusieurs écosystèmes agricoles, permettant d'évaluer la performance du produit dans des conditions climatiques et pédologiques variées.

5.2 Ressources locales abondantes

GREENCHAR repose sur une valorisation intelligente des déchets organiques et locaux. Constantine dispose de plusieurs leviers déjà disponibles pour enclencher la chaîne de production :

- ✓ Le pain sec, Collecté auprès des entreprises et des ménages, constitue une biomasse riche en carbone, facilement traitable par pyrolyse.
- ✓ Les résidus de bois non traité, issus des scieries et ateliers, apportent une base ligneuse optimale pour produire un biochar stable, avec un bon ratio carbone/fraction minérale.
- ✓ Les plantes sauvages poussant naturellement sur le territoire sont employées dans l'élaboration de purins activant, sans engrains ni produits chimiques. Elles enrichissent le biochar en microorganismes et nutriments.

- ✓ Une main d'œuvre locale qualifiée : ferronniers, soudeurs, charpentiers, agriculteurs... Ces compétences sont déjà présentes et prêtes à être impliquées dans la fabrication des unités de production à petite échelle.

6. Objectifs du projet

6.1 Objectifs généraux

GREENCHAR vise à développer une solution écologique, innovante et accessible pour valoriser des déchets organiques locaux en les transformant en biochar éco active.

L'objectif général est de contribuer à la protection et à la régénération des sols, tout en réduisant le volume de déchets alimentaires et végétaux.

GREENCHAR entend également réintroduire des savoirs naturels comme l'usage des purins végétaux pour activer biologiquement le biochar et en augmenter les effets bénéfiques sur la fertilité et la vie microbienne des sols.

Par cette approche, GREENCHAR ambitionne de :

- ✓ Offrir une alternative locale et durable aux amendements chimiques ;
- ✓ Réduire l'empreinte carbone liée à la gestion des biodéchets ;
- ✓ Favoriser une économie circulaire ancrée dans les territoires ;
- ✓ Et sensibiliser les acteurs agricoles, les collectivités et les citoyens à des pratiques respectueuses des écosystèmes.

6.2 Objectifs commerciaux

- ❖ Court terme (1 à 2 ans)

Au cours des deux premières années, les objectifs commerciaux seront les suivants :

- Structurer l'activité de production : mettre en place un atelier pilote à Constantine de fabrication de biochar utilisant des ressources locales (pain invendu, tontes, résidus verts non traités), en s'appuyant sur des méthodes artisanales efficaces et peu coûteuses.
- Finaliser le processus : activé naturelle le biochar à l'aide de purins végétaux, en optimisant les protocoles d'extraction, de fermentation, et d'application pour assurer une qualité reproductible du produit fini.
- Créer une première gamme de produits : développer et tester différents types de biochar (pour sols potagers, agriculture biologique, permaculture, etc.) avec des packagings adaptés aux petits producteurs, collectivités ou jardiniers urbains.

- Cibler une clientèle locale : établir des partenariats avec des fermes en agriculture biologique, des AMAP, des jardins partagés, des communes ou des particuliers sensibles aux pratiques écologiques.
 - Obtenir les premières certifications ou reconnaissances : label biochar de qualité, normes environnementales, reconnaissance locale, pour renforcer la crédibilité de l'offre.
 - Lancer une communication ciblée : déployer une stratégie de sensibilisation via les réseaux sociaux, des ateliers pédagogiques et des démonstrations terrains pour faire connaître l'intérêt du biochar naturel activé.
- ❖ Moyen terme (3 à 5 ans)

D'ici 3 à 5 ans, GREENCHAR visera à :

- Augmenter la capacité de production : en investissant dans un site de production semi-industriel ou modulaire tout en conservant des méthodes de pyrolyse à faible impact carbone.
 - Structurer un réseau d'approvisionnement local en matières premières (boulangeries, collectivités, espaces verts, maraîchers bio) pour garantir une chaîne circulaire fiable et éthique.
 - Diversifier les produits : proposer des formulations spécialisées (biochar pour sol acide, compost activé au biochar, biochar horticole, etc.) et des formats professionnels.
 - Étendre la zone de distribution à l'échelle régionale ou interrégionale dans au moins 5 wilayas, en ciblant notamment les coopératives agricoles, les réseaux de permaculture et les collectivités engagées dans des démarches de transition écologique.
 - Développer une offre de services : conseil en régénération des sols, formations sur l'usage du biochar, diagnostic agroécologique pour les petites exploitations.
 - Construire des partenariats de recherche avec des universités ou des instituts agroécologiques pour améliorer les formulations et évaluer scientifiquement les bénéfices environnementaux.
- ❖ Long terme (5 ans et plus)

À plus long terme, la vision GREENCHAR est de :

- Devenir un acteur de référence dans le domaine du biochar activé naturellement, en Algérie puis en pays du Maghreb, France, Belgique, Suisse ...etc.
- Standardiser et certifier le procédé d'activation naturelle pour faciliter sa diffusion dans d'autres régions et milieux agricoles.
- Mettre en place une franchise ou un modèle duplicable localement, basé sur des micro-unités autonomes intégrées dans les circuits de biodéchets territoriaux.
- Contribuer aux politiques publiques de régénération des sols, en collaborant avec des collectivités ou régions sur des projets de résilience agricole ou de reforestation.
- Réduire massivement les émissions de GES (Gas effet de serre) par le stockage de carbone dans les sols, en lien avec les marchés de crédits carbone (volontaires ou certifiés).
- ❖ Estimation de la part de marché cible (contexte algérien)

Le marché du biochar en Algérie, bien qu'encore émergent, présente un potentiel de croissance significatif, notamment en lien avec les besoins en régénération des sols dégradés, la transition agroécologique, et la volonté de réduction de la dépendance aux engrains chimiques importés. L'intérêt croissant pour des pratiques agricoles durables, comme la permaculture, l'agriculture biologique ou la revalorisation des déchets organiques, ouvre un espace économique à fort potentiel pour ce type d'innovation locale.

Selon des extrapolations basées sur les données européennes et africaines (FAO, 2023 ; Lehmann & Joseph, 2015), le marché algérien du biochar pourrait représenter, à moyen terme, un volume économique situé entre 1 et 2 milliards de dinars algériens (DZD), soit l'équivalent de 6 à 12 millions d'euros, avec une croissance annuelle estimée entre 10 et 15 %, en lien avec les politiques nationales de développement agricole durable.

- Part de marché cible pour GREENCHAR (à 5 ans)

En phase de consolidation (horizon 5 ans), la jeune entreprise pourrait raisonnablement viser une part de marché nationale de l'ordre de 0,5 à 1 %, en se positionnant sur le segment des amendements biologiques à base de biochar activé naturellement. Cela représenterait un chiffre d'affaires prévisionnel compris entre 5 et

20 millions DZD par an, selon la capacité de production, la qualité de l'activation biologique, et l'ancrage dans les réseaux de distribution agroécologiques.

- Part de marché régionale (approche territoriale)

En concentrant les premiers efforts de commercialisation sur 2 à 3 wilayas agricoles stratégiques (Blida, Tizi Ouzou et Constantine, connues pour leur agriculture diversifiée et leur proximité avec des zones urbaines) GREENCHAR pourrait viser une part de marché régionale de 3 à 5 %, en s'adressant à une clientèle ciblée (petits exploitants bio, coopératives agricoles, associations de permaculture, collectivités locales engagées).

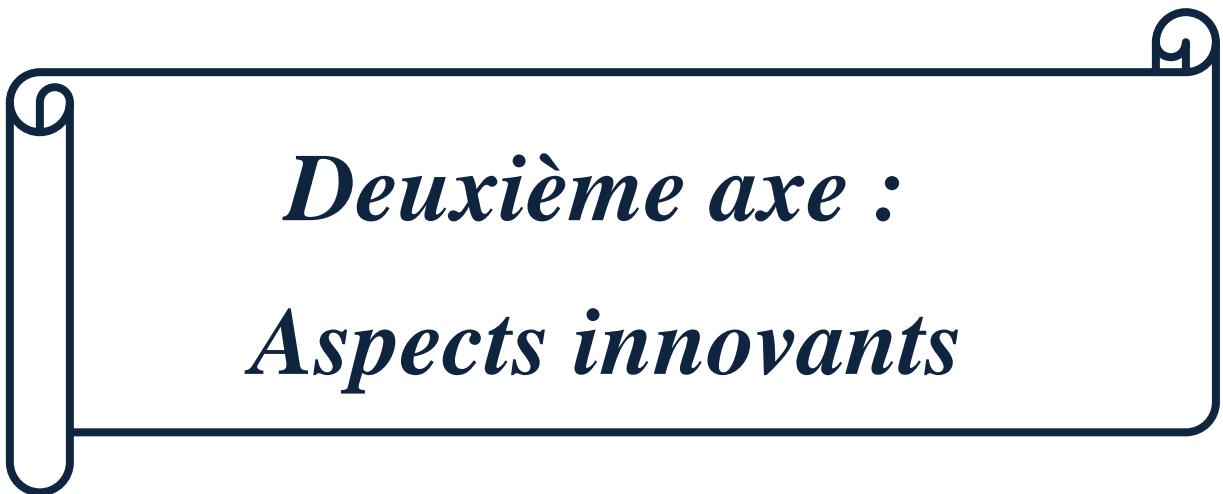
Un tel positionnement serait d'autant plus crédible que l'entreprise propose une solution locale, peu coûteuse, basée sur des ressources végétales disponibles partout sur le territoire, avec un impact direct sur la fertilité des sols, la séquestration du carbone, et la réduction de la dépendance aux produits chimiques.

7. Le planning de réalisation du projet

Le calendrier de réalisation du notre projet (GREENCHAR), peut être divisé en plusieurs étapes. Chacune de ces étapes est essentielle pour atteindre notre objectif final, et elles doivent être soigneusement planifiées.

Tableau 01 : Le planning de réalisation du projet

TRAVAUX			MOIS OU SEMAINES						
			1	2	3	4	5	6	7
1		Études préalables : choix de l'implantation de l'unité de production, préparation des documents nécessaires	✓	✓					
2		Commande des équipements		✓					
3		Construction d'un siège de production (usine)		✓	✓	✓			
...		Installation des équipements				✓			
n		Achat de matières premières				✓			
...		Réalisation du prototype					✓		



Deuxième axe :
Aspects innovants

1. Nature et Typologie de l'Innovation

Le projet GREENCHAR se distingue par une triple innovation à fort potentiel transformationnel, ancrée dans les principes de l'agroécologie, de l'économie circulaire, et de la souveraineté écologique. En développant un biochar éco-actif, activé exclusivement à l'aide de purins fermentés de plantes indigènes, le projet introduit une rupture technologique douce, adaptée aux réalités économiques et écologiques du Maghreb.

1.1 Innovation technologique

L'approche de GREENCHAR repose sur une innovation technologique originale : l'activation biologique du biochar par des extraits végétaux fermentés riches en micro-organismes endémiques. Ce procédé permet de transformer un simple biochar en un vecteur vivant de régénération des sols, capable d'agir dès sa mise en terre.

Contrairement aux méthodes industrielles unifiées notre technologie :

- ✓ Favorise une bio-activation complète, sans additif chimique ni compostage long,
- ✓ Multiplie les effets positifs sur la biodiversité microbienne, la fertilité et la capacité de rétention du sol,
- ✓ Répond aux défis spécifiques des sols appauvris, arides ou corrosifs dans les régions méditerranéennes.

C'est une innovation de type éco-technologique, à la croisée de la microbiologie du sol et des savoirs agroécologiques.

1.2 Innovation croissante

Chez GREENCHAR, nous ne nous contentons pas d'avancer techniquement. Nous avons choisi d'adopter une démarche d'amélioration continue à chaque étape de notre projet. De la collecte des matières organiques locales (comme le pain sec, les déchets agricoles ou les résidus végétaux) jusqu'à la distribution du biochar éco activé, tout est pensé pour rester cohérent avec nos valeurs : respect de la nature, utilité sociale, et durabilité.

Chaque étape du processus fait l'objet d'une analyse rigoureuse, non seulement pour garantir l'efficacité du produit en agriculture, mais aussi pour s'assurer qu'il s'inscrit dans une démarche responsable, éthique et ancrée dans les territoires.

Concrètement, cela signifie que nous cherchons en permanence à :

- ✓ Diversifier les matières organiques utilisées, en revalorisant des ressources locales souvent négligées, afin d'enrichir la composition du biochar,
- ✓ Adapter finement le produit à différents types de sols, en jouant sur la taille des particules, leur structure, et leur capacité à retenir l'eau et les nutriments,
- ✓ Renforcer la vie microbienne du biochar, grâce à une activation naturelle à base de purins végétaux fermentés, riches en enzymes, bactéries bénéfiques et substances actives.

Ce travail patient et évolutif nous permet de proposer un biochar vivant, issu d'un processus propre et sobre, qui répond réellement aux besoins actuels de l'agriculture : restaurer la fertilité des sols, retenir l'eau, favoriser la biodiversité microbienne, tout en respectant les équilibres naturels.

1.3 Innovation éthique et durabilité environnementale

Cette dimension du projet s'inscrit pleinement dans une logique éthique, écologique et circulaire, où chaque ressource est valorisée avec soin, et où rien ne se perd, tout est transformé au service de la régénération des sols.

Nos procédés de production du biochar reposent sur la valorisation de sous-produits organiques souvent ignorés ou gaspillés : pain sec invendu, déchets agricoles bruts, résidus végétaux post-récolte. Grâce à la pyrolyse à basse température, ces déchets sont transformés en un amendement naturel stable, capable de retenir l'eau, fixer les nutriments et abriter des micro-organismes bénéfiques.

Mais notre approche va plus loin. Les résidus liquides issus de l'activation du biochar avec des purins végétaux fermentés sont eux aussi valorisés. Riches en enzymes, acides organiques et microflore vivante, ils sont utilisés comme biostimulants liquides, capables d'améliorer la structure microbiologique du sol tout en soutenant la croissance naturelle des plantes.

De la même manière, les sous-produits solides comme les cendres minérales ou les coques végétales non convertibles en biochar de qualité agronomique sont réutilisés dans d'autres filières : amendements minéraux, briques biodégradables, substrats de culture, ou matériaux de remblai écologique.

Cette vision circulaire et régénérative illustre clairement notre engagement envers une gestion responsable des ressources naturelles, alignée avec les principes de l'agroécologie moderne. L'objectif est double : préserver les écosystèmes tout en créant de la valeur locale, dans le respect des sols, des cycles biologiques et des communautés agricoles.

En somme, chaque élément issu de notre chaîne de production est optimisé pour contribuer à un système durable, où la transition écologique devient un levier d'innovation et de résilience pour les territoires.

2. Domaines d'innovation

L'entreprise GREENCHAR se positionne comme un acteur innovant dans le domaine de la transition agroécologique, en développant une solution de biochar éco-actif activé naturellement par des purins végétaux fermentés. Son approche se distingue à plusieurs niveaux, tant par ses choix techniques que par son ancrage dans l'économie circulaire et la durabilité environnementale.

2.1 Nouveaux processus

- ✓ . Procédé de pyrolyse à faible impact carbone, optimisé pour valoriser des déchets organiques locaux (pain sec, résidus agricoles) tout en réduisant les émissions.
- ✓ Méthode d'activation biologique naturelle, basée sur des extraits végétaux fermentés, permettant d'enrichir le biochar en micro-organismes bénéfiques, sans additifs chimiques.
- ✓ Zéro déchet dans le cycle de production : les co-produits liquides et solides sont entièrement réintégrés dans d'autres usages agricoles ou industriels

2.2 Nouvelles fonctionnalités

- ✓ Le biochar n'est plus seulement un amendement : il devient un vecteur vivant de fertilité grâce à sa charge biologique active.

- ✓ Des formulations spécifiques sont développées pour différents types de sols (sablonneux, acides, compacts) et pour des cultures ciblées (maraîchage, reboisement, viticulture bio).
- ✓ Adaptation fine de la granulométrie et de la structure du biochar pour maximiser sa capacité de rétention en eau et en nutriments selon le contexte climatique.

2.3 Nouveaux clients

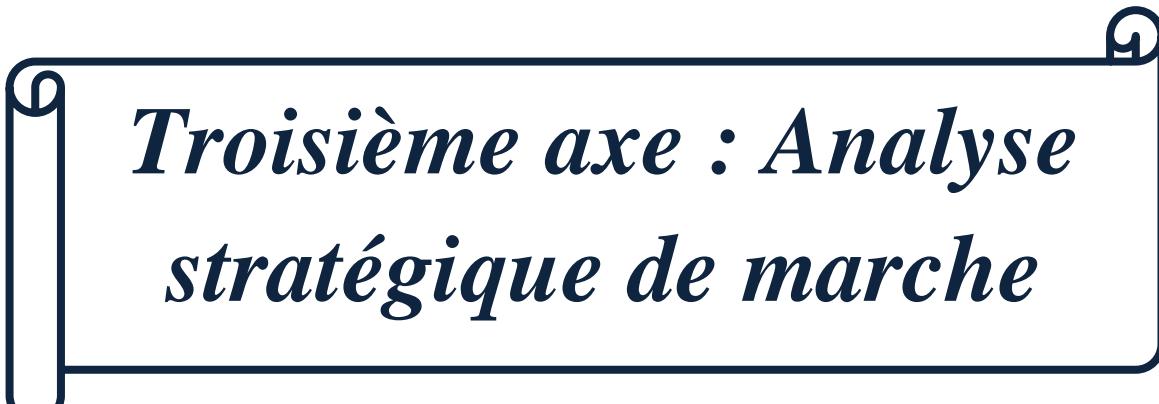
- ✓ Positionnement sur des marchés en forte croissance : permaculture, agriculture biologique, micro-agriculture urbaine, ainsi que les projets de restauration des sols dégradés.
- ✓ Sensibilisation de nouveaux segments : collectivités locales, jeunes agriculteurs, associations écologistes, coopératives rurales.
- ✓ Création d'une offre éducative et participative : via des ateliers de formation, des démonstrations en terrain, et des partenariats avec les universités et instituts agronomiques.

2.4 Nouvelles offres

- ✓ Développement de packs modulables de biochar éco actif (en vrac, en granulés, en substrats mélangés).
- ✓ Intégration dans des solutions complètes de gestion régénérative des sols, avec diagnostic préalable, suivi biologique et appui technique.
- ✓ Édition de kits de culture écologiques combinant semences bio, biochar activé et guide pratique pour le jardinage durable.

2.5 Nouveaux modèles

- ✓ Adoption d'un modèle économique circulaire et inclusif, fondé sur la valorisation des ressources locales et la création de valeur dans les territoires agricoles.
- ✓ Intégration d'une logique de coopérative verte, impliquant agriculteurs, chercheurs, collectivités et citoyens dans la co-création des solutions.
- ✓ Volonté de devenir une référence dans le domaine des intrants agroécologiques régénératifs, en construisant une chaîne de valeur éthique, durable et reproductible à l'échelle régionale.



Troisième axe : Analyse stratégique de marche

1. Segment de marché : Qui achète notre produit ?

Le succès de toute innovation repose en grande partie sur la pertinence de son positionnement marché. Dans le cas de GREENCHAR, notre biochar éco activé à base de plantes fermentées, les cibles potentielles sont clairement identifiables à travers des profils socio-économiques et écologiques précis. Ces segments reflètent une évolution des pratiques agricoles et environnementales, et traduisent une demande croissante en faveur de produits à la fois performants, naturels et durables.

1.1 Producteurs engagés dans une agriculture durable

Il s'agit ici des agriculteurs, maraîchers et viticulteurs pratiquant l'agriculture biologique ou en transition vers des modèles agroécologiques. Ces professionnels cherchent à régénérer la fertilité de leurs sols, à favoriser la biodiversité microbienne et à se libérer progressivement de la dépendance aux engrains de synthèse. GREENCHAR constitue pour eux une solution locale, efficace, et compatible avec leurs valeurs et leurs pratiques.

1.2 Agriculteurs conventionnels en recherche d'alternatives

Face à la hausse des coûts des intrants chimiques et aux exigences environnementales croissantes, une part croissante d'agriculteurs dits « conventionnels » se montrent ouverts à des solutions innovantes. GREENCHAR représente pour eux une opportunité de réduire les intrants, d'améliorer la structure et la rétention en eau de leurs sols, et de tester des pratiques plus résilientes, sans bouleverser totalement leur système de production.

1.3 Responsables de projets écologiques territoriaux

Les collectivités locales, associations environnementales ou entreprises impliquées dans des projets de reboisement, de renaturation ou de gestion durable des sols constituent également une cible pertinente. Le biochar éco activé peut être utilisé pour restaurer des sols dégradés, stabiliser des talus, reverdir des friches, ou améliorer la croissance végétale dans des contextes urbains ou périurbains.

Professionnels des espaces verts et de l'horticulture

Paysagistes, pépiniéristes, horticulteurs et gestionnaires d'espaces verts sont également concernés. Pour ces acteurs, la qualité du sol est un facteur clé. Ils recherchent des solutions efficaces, naturelles et sans effets secondaires, notamment dans les zones sensibles (écoles, parcs publics, jardins thérapeutiques). GREENCHAR leur offre une réponse écologique et technique à leurs besoins.

1.4 Particuliers sensibilisés à l'environnement

Une autre part du marché concerne les jardiniers amateurs et les particuliers soucieux de la santé de leurs plantes et de la qualité de leur sol. Ils privilégient des produits naturels, sans risques pour la santé ou l'environnement, faciles à utiliser et à comprendre. Ce public est particulièrement réceptif aux produits locaux et aux solutions autonomes, ce qui rend GREENCHAR attractif dans les circuits courts ou en vente directe.

2. Présentation des porteurs du projet et de leurs motivations

Le projet GREENCHAR est né de la volonté d'apporter une réponse concrète, locale et durable aux défis agricoles et environnementaux actuels. Il est porté par notre équipe engagée, composée de professeurs professionnels et d'étudiants en sciences agronomiques et environnementales, animés par une vision commune : contribuer à la régénération des sols tout en valorisant les ressources naturelles sous-exploitées de nos territoires.

2.1 Répondre à une évolution des besoins dans le monde agricole

La motivation première est issue d'une écoute active du terrain : de nombreux agriculteurs, maraîchers, viticulteurs et gestionnaires d'espaces verts expriment une demande croissante pour des solutions naturelles, efficaces et respectueuses de l'environnement. GREENCHAR répond à cette attente en offrant un amendement organique vivant, capable d'améliorer la fertilité du sol sans recourir à des intrants.

2.2 Innover pour se différencier sur un marché en transition

Dans un contexte où les enjeux climatiques, la pression réglementaire et les attentes sociétales redéfinissent les pratiques agricoles, l'ambition de GREENCHAR est d'innover intelligemment. L'association du biochar et des extraits fermentés de plantes permet de proposer un produit différentiateur, à la fois performant, écoresponsable et accessible. Cette démarche vise à offrir une alternative crédible aux produits conventionnels, tout en apportant une réelle valeur ajoutée technique et écologique.

2.3 Valoriser les ressources locales et les savoirs traditionnels

Une autre motivation forte réside dans la valorisation du patrimoine naturel local. Plantes médicinales et biochar sont issus de biomasses locales, souvent considérées comme déchets ou peu exploitées. En combinant ces ressources avec des connaissances scientifiques actuelles (sur la microbiologie des sols, la fermentation, et

la structuration du carbone), le projet s'inscrit dans une logique d'économie circulaire et de relocalisation de la production agricole.

2.4 S'engager pour une agriculture plus éthique et régénérative

Au-delà de l'aspect technique, GREENCHAR est porté par une éthique forte. Il ne s'agit pas uniquement de vendre un produit, mais de promouvoir un changement de regard sur le sol, perçu non plus comme un simple support de culture, mais comme un écosystème vivant. Cette approche vise à replacer la nature au cœur des pratiques agricoles, en redonnant au sol sa capacité naturelle à nourrir durablement.

2.5 Une démarche motivée par l'urgence de transformer les pratiques agricoles

Face à la dégradation continue des sols, au dérèglement climatique et à la perte de biodiversité, les initiateurs de GREENCHAR ont choisi d'agir en proposant une solution réaliste, fondée sur la nature et le bon sens agronomique. Ce projet illustre comment la science, l'écologie et l'innovation sociale peuvent s'unir pour construire des réponses locales aux enjeux globaux.

3. Stratégie de distribution GREENCHAR

La stratégie de distribution GREENCHAR s'articule autour de trois axes principaux :

3.1 Concentration urbaine prioritaire

L'entreprise privilégie d'abord les grandes métropoles algériennes en raison de la demande croissante pour les produits écologiques dans ces zones urbaines. Cette approche ciblée permet de capitaliser sur la sensibilisation environnementale plus développée des populations urbaines.

3.2 Segmentation géographique et sociale

La distribution se concentre stratégiquement sur :

- ✓ Les quartiers résidentiels à fort pouvoir d'achat
- ✓ Les centres commerciaux premium
- ✓ Les zones où la clientèle manifeste une conscience écologique marquée

Cette segmentation permet d'optimiser l'efficacité commerciale en ciblant les consommateurs les plus réceptifs aux solutions naturelles et durables.

3.3 Expansion territoriale progressive

Une démarche d'élargissement géographique est parallèlement mise en place, visant :

- ✓ Les villes de taille intermédiaire

- ✓ Les zones périurbaines
 - ✓ L'objectif de diversification de la clientèle et d'implantation territoriale élargie
- Cette stratégie de distribution pyramidale permet à GREENCHAR de consolider sa position sur les marchés porteurs tout en préparant son développement sur des segments moins matures mais à fort potentiel de croissance.

4. Segmentation du marché cible

Le marché algérien du biochar naturel, bien qu'enclavé, présente un potentiel important dans un contexte de transition écologique, de raréfaction des engrains chimiques importés et de désertification des sols. Selon les données disponibles et les réalités du terrain, plusieurs segments de marché peuvent être identifiés :

Tableau 02 : Segmentation du marché cible

Segment de marché	Nombre estimé (2024)
Agriculteurs et coopératives agricoles	10 000
Magasins bio, agricoles et jardineries spécialisées	600
Conseillers agricoles, techniciens et ingénieurs agronomes	400
Laboratoires et centres de recherche	50
Municipalités services d'environnement	150 grandes communes
Plateformes e-commerce agricoles/bio	Environ 120
Distributeurs grossistes en intrants agricoles	Environ 350

4.1 Marché cible principal

Après analyse des besoins et du potentiel de chaque segment, GREENCHAR se concentrera en priorité sur les marchés suivants :

- ✓ Agriculteurs et coopératives agricoles (fort besoin d'alternatives naturelles)
- ✓ Magasins bio & jardineries spécialisées (vente au détail ciblée)
- ✓ Plateformes e-commerce bio/agricole (accès rapide et moderne au marché)

Pourquoi cette stratégie de distribution est gagnante pour GREENCHAR ?

Notre choix du marché cible pour GREENCHAR n'est pas le fruit du hasard. Il est la quintessence d'une logique commerciale mûrie, nous assurant les meilleures chances de succès :

➤ Une approche multi-canaux appropriée

En nous établissant simultanément dans les jardineries spécialisées, les coopératives agricoles, les magasins bios et les plateformes e-commerce, nous touchons tous les profils de consommateurs. L'agriculteur professionnel y trouve son bonheur chez son fournisseur habituel tandis que le jardinier amateur se le procure dans la jardinerie de son quartier.

➤ Une couverture plurisegmentaire

Cette stratégie nous permet de satisfaire les besoins de chacun :

- ✓ Les agriculteurs professionnels soucieux de rendements au top
- ✓ Les marches bios en quête de certification écolo
- ✓ Les jardiniers passionnés qui veulent améliorer leur potager
- ✓ Les pépiniéristes qui souhaitent bonifier leurs substrats

➤ Un équilibre entre vente directe et partenariats

En mélange entre vente directe (site web, salons agricoles, réseaux sociaux) et indirecte (revendeurs, coopératives), nous sécurisons nos débouchés. Si l'un de nos canaux diester une diffusion intermittente, les autres lui substitués complètent. Bref, c'est notre assurance tous risques !

➤ Une réponse aux nouveaux usages

Le e-commerce agricole key-listé en Algérie, nous n'échappons pas à la règle où nos agriculteurs

5. Analyse de l'Offre et de la Concurrence

Tableau 03 : Identification des concurrents

Concurrents directs	Concurrents indirects
Terra Fertilis (France)	Frayssinet (N°1 français fertilisation organique)
Soler Group (France)	BioBizz (Engrais biologiques)
ÉlémenTerre Bretagne (France)	Plagron (Fertilisants organiques)
Carbon Centric (France)	Fertiligène (Engrais traditionnels)
Pyrocore (France)	Naturen/Bayer Garden (Solutions naturelles)
Miraïa (France)	J2M Natura (Purins de plantes)

❖ Concurrents Directs

Les concurrents directs sont les entreprises qui produisent et commercialisent du biochar en France. Le marché français du biochar est encore émergent mais en forte croissance, avec plusieurs acteurs spécialisés qui se positionnent sur ce segment innovant.

➤ Points forts des concurrents

- ✓ Expertise Technique : Les entreprises comme Terra Fertilis et Soler Group bénéficient d'une expertise reconnue dans la production de biochar certifié, avec des processus de fabrication maîtrisés et des certifications qualité.
- ✓ Positionnement Environnemental : Ces acteurs capitalisent sur les enjeux de séquestration carbone et de développement durable, répondant aux attentes croissantes des consommateurs soucieux de l'environnement.
- ✓ Innovation R&D : Investissement dans la recherche pour développer des formulations adaptées aux différents types de sols et cultures, avec des partenariats scientifiques établis.
- ✓ Réseau de Distribution Spécialisé : Présence dans les circuits de distribution agricole professionnelle, jardineries spécialisées et vente directe aux exploitants.

➤ Points faibles des concurrents

- ✓ Prix Élevé : Le biochar reste un produit premium avec des coûts de production élevés, limitant l'accessibilité pour les petits producteurs et jardiniers amateurs sensibles aux prix.
- ✓ Marché de Niche : Distribution encore limitée et méconnaissance du produit par le grand public, nécessitant des efforts importants d'éducation du marché.
- ✓ Production Artisanale : Capacités de production souvent limitées et processus de fabrication peu standardisés, entraînant des variations qualité et des délais d'approvisionnement.
- ✓ Absence de Synergie : Produits proposés sous forme "pure" sans combinaison avec d'autres amendements naturels complémentaires comme les purins végétaux.

❖ Concurrence Indirecte

Les concurrents indirects proposent des solutions alternatives de fertilisation organique et d'amélioration des sols, sans nécessairement intégrer le biochar. Ils s'adressent au même public cible intéressé par les solutions naturelles et durables.

- Points forts des concurrents
 - ✓ Prix Compétitifs : Les engrains organiques traditionnels et purins végétaux sont généralement moins chers que le biochar, les rendant accessibles à un large public d'utilisateurs.
 - ✓ Distribution Établie : Présence massive dans les jardineries, coopératives agricoles, magasins bio et plateformes e-commerce, garantissant une large accessibilité géographique.
 - ✓ Notoriété de Marque : Marques comme Fertiligène, BioBizz ou Plagron bénéficient d'une reconnaissance établie et de la confiance des utilisateurs professionnels et amateurs.
 - ✓ Simplicité d'Usage : Produits faciles à utiliser avec des modes d'emploi bien documentés et une expérience utilisateur éprouvée.
- Points faibles des concurrents
 - ✓ Impact Environnemental Limité : Absence de capacité de séquestration carbone et d'amélioration durable de la structure des sols contrairement au biochar.
 - ✓ Efficacité Temporaire : Action à court terme nécessitant des applications répétées, sans les bénéfices à long terme du biochar sur la rétention d'eau et la biodiversité des sols.
 - ✓ Manque d'Innovation : Formulations souvent traditionnelles sans intégration des dernières innovations en matière d'amendements combinés et de synergie entre différents composants naturels.
 - ✓ Positionnement Généraliste : Absence de spécialisation sur les enjeux climatiques et de durabilité, alors que ces aspects deviennent de plus en plus importants pour les consommateurs conscients des enjeux environnementaux.

Produits	Gamme, composition, certifications, allégations, conditionnements
Prix	Positionnement tarifaire, promotions
Distribution	Canaux utilisés, présence en ligne et physique
Communication	Messages clés, image de marque, points forts mis en avant

5.1 Analyse comparative de produit :

Pourquoi GREENCHAR fait-il la différence ?

- La recette secrète qui change tout

Nous utilisons un mélange exceptionnel entre un biochar et un purin fermenté qui sont associés comme les meilleurs alliés. Si ce biochar sera le gardien des nutriments dans le sol, le purin va nourrir directement les plantes, comme un petit-déjeuner équilibré assorti d'un déjeuner et d'un dîner !

- Toute repose sur le simple !

Vous ne pouvez plus mélanger, doser, dose après dose, calculs après calculs ? Nous non plus ! C'est donc un produit prêt-à-l'emploi que nous vous proposons directement. Vous ouvrez, vous étalez, c'est fait. Étonnamment simple, et d'une efficacité redoutable.

- ❖ Racines bien algériennes

GREENCHAR plus qu'un produit, une philosophie qui nous ne vendons pas qu'un amendement ; nous participons à un mouvement. Chaque sac que vous utilisez, c'est moins de CO2 dans l'air, moins de déchets brûlés, plus de vie dans nos sols. Ensemble, nous construisons l'agriculture.

6. Analyse de l'Environnement (PESTEL)

1. Politique et Législatif :

- ✓ Réglementations sur le biochar (normes de production, certification EBC - European Biochar Certificate, si pertinent).
- ✓ Législation sur les produits pour l'agriculture biologique et le jardinage (certifications AB, règlements sur les engrains).
- ✓ Politiques de soutien à l'agriculture durable ou à l'économie circulaire (subventions, incitations fiscales).

2. Économique :

- ✓ Pouvoir d'achat des consommateurs.
- ✓ Évolution des prix des matières premières (biomasse pour biochar, coût de la main d'œuvre pour la récolte des plantes).
- ✓ Coût de l'énergie (pour la pyrolyse).
- ✓ Tendances inflationnistes ou déflationnistes.

3. Socioculturel :

- ✓ Conscience environnementale croissante.

- ✓ Modes de vie (retour à la nature, DIY, alimentation saine).

- ✓ Acceptation des "nouvelles" pratiques agricoles.

4. Technologique :

- ✓ Innovations en matière de pyrolyse.

- ✓ Développement de nouveaux procédés d'activation du biochar.

- ✓ Outils numériques pour la promotion et la vente.

5. Écologique :

- ✓ Impact environnemental de la production (gestion des déchets, énergie).

- ✓ Source durable des matières premières (biomasse, récolte des plantes).

- ✓ Bénéfices environnementaux du produit (séquestration carbone, réduction pollution).

6. Légal :

- ✓ Normes de sécurité des produits.

- ✓ Propriété intellectuelle (si le procédé est brevetable).

- ✓ Contrats avec fournisseurs et distributeurs.

7. Matrice SWOT

1. Forces (Strengths - Internes, Positives)

- ✓ Synergie unique et innovante : Le biochar stabilisé et activé par la purine végétale offre une double action puissante et complémentaire pour le sol et la plante, le rendant "prêt à l'emploi" et plus efficace que le biochar seul.
- ✓ Positionnement fort sur le marché bio/écologique : Produit 100% naturel, sans intrants chimiques, aligné avec les principes de la permaculture et de l'agriculture biologique.
- ✓ Triple bénéfice : Amélioration durable de la fertilité du sol, nutrition et stimulation de la croissance des plantes, et contribution à la séquestration de carbone.
- ✓ Écologique et durable : Valorisation des "mauvaises herbes" et de biomasse pour le biochar, réduisant les déchets et l'empreinte carbone.
- ✓ Potentiel économique à long terme pour l'utilisateur : Réduit le besoin d'autres engrains et améliore la résilience des cultures face aux stress hydriques/climatiques.
- ✓ Image de marque positive : Associée à l'innovation, au respect de l'environnement, à la naturalité et à la santé du sol.

- ✓ Expertise interne : Connaissance approfondie des processus de production de biochar et de la fabrication/utilisation des purins végétaux.
- 2. Faiblesses (Weaknesses - Internes, Négatives)
 - ✓ Coût de production initial potentiellement élevé : L'investissement dans l'équipement de pyrolyse et les infrastructures pour la purine peut être significatif.
 - ✓ Complexité de la production : Nécessite une gestion rigoureuse des processus (température de pyrolyse, fermentation des purins, taux d'imprégnation) pour garantir la qualité et l'efficacité.
 - ✓ Dépendance à la disponibilité des matières premières locales : Approvisionnement en biomasse pour le biochar et en orties/pissenlits (qui peuvent varier selon les saisons et les lieux).
 - ✓ Besoin d'éducation du marché : Le concept de biochar activé à la purine végétale est nouveau pour beaucoup ; une pédagogie est nécessaire pour expliquer les bénéfices.
 - ✓ Odeur potentielle : Bien que le biochar puisse atténuer l'odeur de la purine, une légère rémanence pourrait être perçue par certains utilisateurs, surtout au déballage.
 - ✓ Scalabilité initiale : La récolte manuelle des plantes et la capacité de l'unité de pyrolyse peuvent limiter la production à grande échelle au début.
- 3. Opportunités (Opportunités - Externes, Positives)
 - ✓ Demande croissante pour le bio et le naturel : Forte tendance du marché vers les produits écologiques, l'agriculture biologique et le jardinage durable.
 - ✓ Accroissement de la conscience environnementale : Sensibilisation accrue aux enjeux du changement climatique (séquestration carbone) et à la santé des sols.
 - ✓ Développement des marchés de niche : Expansion des mouvements de permaculture, d'agriculture urbaine, de micro-fermes et de jardins partagés, très réceptifs à ce type de produit.
 - ✓ Potentiel de diversification : Possibilité d'étendre la gamme avec d'autres purins végétaux ou d'autres types de biochar.
 - ✓ Partenariats stratégiques : Collaborations avec des associations de jardinage, des collectifs bio, des pépiniéristes, des paysagistes et des collectivités locales.

- ✓ Soutiens et subventions : Accès potentiel à des aides gouvernementales ou européennes pour l'innovation écologique et l'agriculture durable.
 - ✓ Éducation et formation : Opportunité de proposer des ateliers, conférences et formations sur l'utilisation du produit et les bonnes pratiques du jardinage écologique.
4. Menaces (Threats - Externes, Négatives)
- ✓ Concurrence des produits conventionnels : Les engrains chimiques, souvent moins chers et très établis sur le marché, peuvent être un frein pour les consommateurs sensibles au prix.
 - ✓ Concurrence d'autres amendements organiques : Existantes sur le marché (composts, fumiers, autres biochars non activés) qui peuvent être perçues comme suffisantes.
 - ✓ Fluctuations des prix des matières premières : Les coûts de la biomasse pour le biochar ou la difficulté à récolter les plantes peuvent impacter la rentabilité.
 - ✓ Réglementations potentielles : Évolution des normes ou réglementations concernant la production de biochar ou l'utilisation de purins végétaux (bien que très naturels, la réglementation peut évoluer).
 - ✓ Manque de sensibilisation généralisée : Malgré la tendance, une grande partie du public n'est pas encore consciente des bénéfices du biochar et des purins, nécessitant un effort marketing continu.
 - ✓ Conditions climatiques : Des épisodes de sécheresse ou de fortes pluies pourraient affecter la croissance des orties et pissenlits, impactant la production de purine.
 - ✓ Risque de perception négative : Si des rumeurs ou des informations erronées circulaient sur l'utilisation de "mauvaises herbes" ou sur le processus de production.

8. Les 7 P du Marketing Mix

1. Produit (Product)

- Description : Biochar de haute qualité (issu de pyrolyse contrôlée), imprégné et activé avec une purine végétale fermentée. C'est un amendement de sol 100% naturel, biologique et prêt à l'emploi.
- Caractéristiques clés :

- ✓ Dualité d'action : Améliore la structure du sol (biochar) et apporte des nutriments essentiels/stimule la vie microbienne (purine).
 - ✓ Durabilité : Rétention d'eau et de nutriments à long terme, séquestration de carbone.
 - ✓ Vigueur des plantes : Favorise le développement racinaire, la résistance aux maladies et au stress.
 - ✓ Écologique : Valorisation des déchets végétaux, réduit le besoin d'engrais chimiques.
 - ✓ Facilité d'utilisation : Prêt à l'emploi, s'intègre facilement aux pratiques de jardinage et d'agriculture.
 - Conditionnement : Sacs de différentes tailles (1KG ,5KG,15KG) en matériaux recyclés ou biodégradables, avec des instructions claires et les bénéfices mis en avant.
 - Qualité : Certification bio (si applicable), analyses de sol/produit pour garantir l'efficacité et l'absence de contaminants.
 - Nom de marque : GREENCHAR (Biochar Eco Actif)
2. Prix (Price) :
- Stratégie de prix :
 - ✓ Prix basé sur la valeur (Value-based pricing) : Justifier un prix premium par les multiples bénéfices (écologie, durabilité, économies à long terme en intrants, meilleure récolte) et l'innovation du produit par rapport au biochar simple ou aux engrains chimiques.
 - ✓ Prix concurrentiel : Se positionner par rapport aux engrains organiques premium, au biochar "pur" et aux purins vendus séparément, en soulignant l'avantage du "prêt-à-l'emploi" et de la synergie.
 - ✓ Prix différenciés : Tarifs dégressifs pour les gros volumes (agriculteurs, collectivités), prix de détail pour les particuliers.
 - Structure de prix : Coût des matières premières (biomasse, récolte), coût de production (énergie, main-d'œuvre), coûts marketing et distribution, marge.
 - Offres : Kits de démarrage, offres saisonnières, programmes de fidélité.
3. Place (Distribution) :
- ❖ Canaux de distribution :

- Vente directe : Site e-commerce propre (optimisé SEO), marchés de producteurs locaux, foires bio, salons du jardinage.
 - Distribution indirecte :
 - ✓ Jardineries spécialisées bio et écologiques.
 - ✓ Coopératives agricoles et magasins de produits agricoles naturels.
 - ✓ Plateformes e-commerce généralistes ou spécialisées (Amazon, Etsy si bien ciblé, ou sites de produits éco).
 - ✓ Pépiniéristes et horticulteurs partenaires.
 - ❖ Partenariats : Vente en gros aux paysagistes, aux collectivités (jardins publics), aux associations de jardins partagés.
 - ❖ Logistique : Gestion des stocks, solutions d'expédition écologiques (optimisation des trajets, transporteurs engagés), points de collecte locaux.
4. Promotion (Promotion) :
- Communication : Mettre en avant les aspects "éco", "économique" et "actif".
 - Marketing de contenu :
 - ✓ Blog/Articles : Expliquer les bénéfices du biochar et des purins, tutoriels d'utilisation, témoignages, études de cas.
 - ✓ Vidéos : Démonstrations d'utilisation, processus de fabrication, résultats sur des plantes (avant/après).
 - ✓ Guides/Ebooks : Sur la fertilité des sols, le jardinage durable.
 - Médias sociaux : Présence active sur les plateformes pertinentes (Facebook, Instagram, Pinterest, YouTube) avec des visuels attrayants et des conseils pratiques.
 - Relations publiques : Communiqués de presse vers les magazines de jardinage, les blogs spécialisés, les médias locaux.
 - Partenariats : Collaborer avec des influenceurs (jardiniers célèbres sur les réseaux, experts en permaculture).
 - Événements : Participation à des salons, marchés, organisation d'ateliers découverte.
 - Publicité : Campagnes ciblées en ligne (Google, Facebook, Instagram) sur des mots-clés pertinents ("engrais bio", "amendement sol naturel", "permaculture").
 - Marque : Logo reconnaissable, slogan impactant qui résume les bénéfices.

5. Personnes (People) :

- Personnel interne :
 - ✓ Expertise : Équipe qualifiée en production (maîtrise de la pyrolyse, fermentation des purins), en agronomie/science du sol, et en vente/marketing.
 - ✓ Formation : Assurer que tout le personnel est un ambassadeur du produit, capable d'expliquer ses bienfaits et de conseiller les clients.
 - ✓ Culture d'entreprise : Axée sur la durabilité, la passion du jardinage/agriculture, l'innovation et le service client.
- Clients : Comprendre leurs besoins, leurs attentes et leurs motivations (écologique, économique, résultats). Impliquer la communauté via des retours d'expérience, des questions-réponses.
- Partenaires : Développer des relations solides et de confiance avec les fournisseurs, distributeurs et autres acteurs de l'écosystème.

6. Processus (Process) :

- Production :
 - ✓ Ressource : Processus durable et éthique pour la biomasse et les plantes (récolte respectueuse des ressources).
 - ✓ Fabrication : Procédures standardisées pour la pyrolyse et la fermentation des purins.
 - ✓ Activation : Processus précis d'imprégnation du biochar pour une efficacité maximale.
 - ✓ Contrôle qualité : Tests réguliers des matières premières et du produit fini pour garantir la qualité et la sécurité.
- Commande et livraison : Processus fluide et transparent de la prise de commande à la livraison (paiement en ligne sécurisé, suivi de commande, service après-vente efficace).
- Service client : Réponses rapides et personnalisées aux questions, gestion des retours ou insatisfactions.
- R&D : Processus continu d'amélioration du produit, de tests de nouvelles formulations ou de nouvelles plantes.

7. Preuves Physiques (Physical Evidence) :

- Emballage : Design épuré, écologique (recyclé, recyclable), informatif (avantages, instructions d'utilisation, certifications), qui reflète la qualité et l'engagement écologique du produit.
- Site web : Professionnel, intuitif, visuellement attrayant, avec des photos de haute qualité du produit, des plantes saines, et des jardins. Témoignages de clients satisfaits.
- Matériel promotionnel : Brochures, flyers, roll-up pour les salons qui reprennent l'identité visuelle et le message clé.
- Point de vente : Présentation soignée du produit en magasin, avec des éléments didactiques (petits échantillons, démonstrations visuelles).
- Certifications : Labels bio, labels écologiques qui attestent de la qualité et de la provenance (afficher clairement sur l'emballage et le site web).
- Témoignages visuels : Photos et vidéos de jardins ou de cultures ayant bénéficié du Biochar Eco Actif (plantes vigoureuses, sols sains).
- Démonstrations : Mise en place de bacs de culture ou de parcelles de démonstration pour montrer l'efficacité du produit.

Quatrième axe :

Plan de production et

d'organisation

1. Le Processus de production

1.1 Recherche et Développement

La Recherche et Développement de GREENCHAR ne se limite pas au statut d'un service : c'est le pilier stratégique de notre vision. En tant qu'entreprise pionnière dans la valorisation agronomique des biodéchets, nous ancrons notre stratégie d'innovation dans le durable, le local et l'éprouvé comme principale ressource opérationnelle de notre offre sur le marché algérien.

1.2 Une approche intégrée et orientée impact

Notre stratégie de recherche et de développement repose sur une méthode itérative intégrant :

- ✓ D'une part, des protocoles de tests in situ en partenariat avec les agriculteurs, maraîchers, acteurs de l'agriculture urbaine, ...
- ✓ D'autre part, d'une veille scientifique permanente sur les évolutions du biochar, de l'activation organique et des bios stimulants naturels dans le monde,
- ✓ Et enfin, d'un retour d'écoute de marché à travers des sondages, enquêtes qualitatives et retour d'éventuels clients spécifiques à des qui essaient de nos solutions, sur nos plateformes et réseaux.

Cette articulation Science/Terrains/Marché nous permet de proposer des formulations uniques, comme notre biochar fortifié par la fermentation de plantes à haute valeur fertilisante apportant des bénéfices agronomiques concrets : économie sur les arrosages, amélioration de la structure des sols, stimulation de la vie microbienne, baisse des intrants chimiques, ...

1.2 Un positionnement ambitieux et qui fait la différence

Nous avons la volonté d'affirmer GREENCHAR comme un acteur de référence de la fertilisation régénérative en Algérie à travers une gamme de produits innovants, traçables, éco-responsables et répondant à des usages agricoles diversifiés, vertueux et adaptés à des usages agricoles variés. Chaque nouveau produit né de notre recherche et développement doit répondre à trois exigences :

- ✓ Efficacité mesurée (performance agronomique)
- ✓ Simplicité d'utilisation (non uniquement pro)
- ✓ Impact en faveur de l'environnement (réduction du gaspillage, empreinte carbone minimal)

1.3 Une recherche et développement agile et évolutive

GREENCHAR a une démarche d'innovation agile, évolutive et orienté. Nos équipes techniques sont au contact permanent de l'utilisateur final pour ajuster les dosages, faire évoluer les processus de fabrication, dénicher de nouvelles sources de biomasse ou d'activation végétale. Cette culture d'amélioration permanente nous permet d'anticiper les attentes du marché dans un contexte d'accroissement d'une exigence d'excellence produit.

2. Matière première

Chez GREENCHAR, nous ne voyons pas des déchets. Nous voyons des opportunités inexploitées, des ressources dormantes. Là où d'autres jettent, nous transformons. Pain rassis, sciure de bois, plantes sauvages : notre savoir-faire en fait un biochar éco enrichi, 100 % naturel, hautement efficace, et pensé pour régénérer les sols tout en régénérant l'économie locale.

2.1 Valorisation responsable

Au quotidien, notre réseau de collecte mobilise une logistique de proximité efficace et souple : il récupère ainsi le pain invendu chez les artisans boulangers et les chutes de bois brut dans les ateliers, en respectant scrupuleusement les critères définis en matière de qualité et de traçabilité.

2.2 Les plantes sauvages

Au quotidien, notre réseau de collecte mobilise une logistique de proximité efficace et souple : il récupère ainsi le pain invendu chez les artisans boulangers et les chutes de bois brut dans les ateliers, en respectant scrupuleusement les critères définis en matière de qualité et de traçabilité.

2.3 Contrôle Qualité

Pour GREENCHAR, le savoir-faire est sérieux et chaque étape est maîtrisée, documentée, traçable :

- ✓ Le pain est contrôlé, séché, transformé,
- ✓ Le bois est contrôlé, sans colle, vernis ni peinture,
- ✓ Les plantes sont récoltées à maturité, avec un protocole de sélection précis.

GREENCHAR c'est un produit fini fiable, éthique, performant, en capacité de répondre aux attentes des professionnels de l'agriculture comme des jardiniers en ville.

3. Conditionnement éco-responsable

GREENCHAR, toutes les étapes sont des stratégies, pensée pour protéger l'intégrité des bio fertilisants, mettre en avant notre engagement écologique et garantir une expérience client fiable et professionnelle.

3.1 Protection, Sécurité et Durabilité

Les produits sont conditionnés dans des contenants hermétiques, opaques, résistants, pour protéger les actifs organiques (biochar et purins végétaux) de l'humidité, de la lumière, et de l'oxydation.

Nous appliquons des procédés de remplissage hygiéniques, normalisés, avec une surveillance scrupuleuse de la propreté, de l'absence de contaminant à chaque étape.

Chaque unité est étiquetée avec un numéro de lot, une date de fabrication, des consignes claires, permettant la traçabilité complète.

4. Emballage

Notre l'emballage est considéré comme une continuité de notre éthique écologique : il doit préserver le produit, respecter l'environnement et permettre une utilisation simple et efficace.

- ✓ Nos produits sont conditionnés dans des sachets kraft associés à un film intérieur en plastique recyclable, une solution alliant écologie et fonctionnalité.
- ✓ Le papier kraft arbore un aspect naturel, sobre et biodégradable.
- ✓ Le revêtement intérieur met en place l'hygiène en assurant une barrière contre l'humidité et l'oxygène pour préserver la qualité du biochar et la stabilité des extraits végétaux actifs.
- ✓ Le tout reste léger et compact tout en étant recyclable, pour une empreinte carbone limitée lors du transport

4.1 Destinés aux Utilisateurs Extérieurs

- ✓ Les sachets sont refermables afin d'optimiser leur stockage après ouverture.
- ✓ Son format modulable le rend utilisable par les jardiniers urbains autant que les professionnels agricoles.
- ✓ L'ergonomie est conçue pour faciliter sa manipulation, même lorsque l'on travaille à l'extérieur.

4.2 Transparence et Traçabilité

Chaque emballage indique :

- ✓ Les ingrédients naturels qui le composent (biochar + purine végétale.),
- ✓ Les consignes de dosage formulées en fonction des types de sols ou de plantes,
- ✓ La date de production, la durée de conservation, et le numéro de lot.
- ✓ Cela garantit une totale traçabilité et la confiance dans la qualité de nos produits.

5.Approvisionnement & Politique d'Achat

Chez GREENCHAR, l'approvisionnement ne constitue pas une opération logistique parmi d'autres, mais l'un des fondements de notre stratégie. L'exigence de qualité, l'ancrage territorial, la responsabilité environnementale constituent le triptyque de notre politique d'achat, un triptyque qui trouve son écho et sa vitalité dans une sélection rigoureuse de chacune de nos matières premières, de chacun de nos matériaux et de chacun de nos équipements, pour que le produit final soit à la hauteur et de la promesse écologique, et de la promesse agronomique.

5.1 Des matières premières locales, naturelles 100 %

Ainsi, notre production repose uniquement sur des intrants biosourcés⁴, non traités et issus de circuits locaux. Le pain sec invendu dont nous avons besoin provient exclusivement des boulangeries de quartier, la sciure de bois brut, exclusivement des ateliers de menuiserie. Une fois collectées, ces matières font l'objet de contrôles, de tri et de transformation suivant des protocoles rigoureux, excluant toute contamination ou résidus chimiques.

De plus, les plantes activatrices sont récoltées en milieu naturel ou cultivées en agriculture raisonnée en Algérie, pour préserver leurs propriétés et garantir une qualité constante des extraits végétaux.

5.2 Des partenariats de confiance et un réseau local

GREENCHAR mise sur des partenariats équilibrés et durables avec ses fournisseurs. En s'appuyant sur le savoir-faire d'artisans, de coopératives, de petits producteurs et acteurs locaux, nous contribuons à la construction d'une économie circulaire à la fois inclusive et résiliente. Ces liens de durabilité garantissent un approvisionnement constant, réactif et maîtrisé en forte saison.

5.3 Équipements adaptés à une production artisanale maîtrisée.

Nous investissons uniquement dans des équipements performants, sobres en énergie et adaptés à nos volumes artisiaux : broyeurs à faible consommation, cuves inox pour la fermentation des purines, séchoirs solaires ou mixtes : chaque choix

technique est mûrement réfléchi pour optimiser les rendements tout en réduisant les impacts environnementaux.

5.4 Une chaîne d'approvisionnement éco-responsable et sans perte de matière.

La politique d'achat s'inscrit dans une vision globale de durabilité, avec une rationalisation des trajets logistique, une valorisation de chaque sous-produit et une réduction maximale des pertes matières : limitons les pertes matières et réutilisons autant que faire se peut tous les contenants. Cette gestion des ressources optimisée contribue à la fois à la performance économique et la cohérence écologique du projet.

5.5 Un modèle d'achat tourné vers l'avenir

Chez GREENCHAR, chaque décision d'achat est le reflet de notre mission : articuler performance agronomique, responsabilité écologique et impact social. Chaque acte d'achat est intégré dans un projet global qui nous positionne comme un acteur innovant de l'économie verte en Algérie, en phase avec un secteur en mutation.

6. Fournisseurs les plus importants

Chez notre jeune entreprise algérienne GREENCHAR, nous travaillons en étroite collaboration avec un groupe restreint de fournisseurs, et nos partenaires privilégiés ont été soigneusement sélectionnés en fonction de leur réputation, de leur capacité à répondre à nos besoins spécifiques en matières premières végétales, en biomasse et en équipements de production de biochar, ainsi que de leur respect exemplaire des délais de livraison.

Nous maintenons une communication ouverte et transparente avec ces fournisseurs clés, afin de nous assurer de leur engagement total envers notre entreprise et notre mission commune. Ensemble, nous œuvrons pour offrir à notre clientèle algérienne des amendements biologiques d'une qualité irréprochable, tout en respectant les normes les plus exigeantes en matière de durabilité environnementale et d'agriculture biologique.

Tableau 04 : Fournisseurs les plus importants

N°	Fournisseur	Adresse	Conditions	Produits/Services
1	Biomasse Sahara	Ouargla	Produits locaux, qualité, quantités, délais de livraison	Fournisseur de résidus de palmier dattier et biomasse végétale pour production de biochar
2	Menuiserie El Badr	Zone Industrielle Oued Smar,	Déchets propres, non traités, quantités régulières, collecte programmée	Fournisseur de copeaux de pin et hêtre, sciure fine de menuiserie

		Alger		
3	Herboristerie Atlas	Tizi Ouzou	Produits locaux, qualité, quantités, délais de livraison	Fournisseur de plantes pour purins végétaux (ortie, consoude, prêle)
4	SARL EcoTech Algérie	Alger	Produits importés/locaux, qualité, quantités, délais de livraison	Fournisseur d'équipements de pyrolyse et fours pour production de biochar
5	Emballage Vert Algérie	Oran	Produits locaux/importés, qualité, quantités, délais de livraison	Fournisseur d'emballages biodégradables et étiquetage écologique
6	Laboratoire Bio Contrôle	Constantine	Services, qualité, délais de livraison	Fournisseur d'analyses qualité et certifications biologiques
7	Transport Écologique Maghreb	Blida	Services, ponctualité, tarifs compétitifs	Fournisseur de services logistiques et transport respectueux de l'environnement

7. Partenariats Stratégiques Spécifiques

7.1 Fournisseurs de Matières Premières Végétales

- Biomasse Sahara (Ouargla) : Spécialisé dans la collecte et le conditionnement des résidus de palmier dattier, ressource abondante dans le Sud algérien, idéale pour la production de biochar de qualité supérieure.
- Menuiserie El Badr (Alger) : Atelier spécialisé dans la menuiserie traditionnelle, production régulière de 2-3 tonnes/mois de déchets nobles (hêtre, pin). Partenariat avec collecte programmée 2 fois par semaine.

7.2 Fournisseurs de Plantes pour Purins

- Herboristerie Atlas (Tizi Ouzou) : Approvisionnement en plantes fraîches et séchées pour la préparation de purins végétaux garantissant la qualité biologique de nos additifs naturels.

7.3 Fournisseurs d'Équipements et Services

- SARL EcoTech Algérie (Alger) : Partenaire technologique pour l'acquisition et la maintenance des équipements de pyrolyse, assurant une production de biochar optimale et respectueuse de l'environnement.

- Laboratoire Bio Contrôle (Constantine) : Partenaire qualité pour les analyses physico-chimiques du biochar et la certification biologique de nos produits finis.

Ces partenariats stratégiques nous permettent de maintenir une chaîne d'approvisionnement locale et durable, tout en garantissant la qualité constante de nos produits GREENCHAR et en soutenant l'économie agricole algérienne.

8. Politique de paiement et délais de réception

Chez GREENCHAR, nous plaçons la fiabilité, la transparence et la réactivité au cœur de nos relations commerciales. Notre politique de paiement et de réception a été pensée pour soutenir une chaîne d'approvisionnement performante, éthique et durable, tout en garantissant la qualité constante de notre biochar activé premium.

8.1 Paiement – Clarté, Engagement, Confiance

- ✓ Délais de paiement flexibles : nous respectons les accords fixés à l'avance (généralement 15 afin de mois) selon le type de prestation ou de marchandise.
- ✓ Ouverture à la négociation : nous favorisons des relations partenariales gagnant-gagnant, et restons ouverts à l'ajustement des conditions pour les collaborations récurrentes.
- ✓ Engagement écrit : chaque transaction est sécurisée par un contrat clair, garantissant la traçabilité et la confiance entre les deux parties.

8.2 Délais de Réception – Zéro Retard, Zéro Rupture

- ✓ Nous avons mis en place une logistique proactive et contrôlée, assurant une réception des matières premières dans les délais optimaux, avec un suivi en temps réel.
- ✓ Aucun retard n'est toléré sur les flux critiques, afin de garantir la production continue de notre biochar activé enrichi aux extraits végétaux.
- ✓ Grâce à un système de gestion performant, nous assurons une fluidité logistique qui limite les risques de rupture ou d'interruption de fabrication.

8.3 Notre promesse

Avec GREENCHAR, chaque fournisseur devient un acteur clé d'un écosystème vert, fluide et professionnel.

Nous construisons ensemble une agriculture régénératrice, sans retards ni compromis.

9. La main d'œuvre

9.1 Le nombre de postes que le projet peut créer

Le lancement de GREENCHAR s'accompagne d'un plan d'embauche bien structuré, engagé dans les contraintes qualité de notre production et de notre développement durable.

Dans cette phase de démarrage, on se cantonne au volume d'effectif volontairement modéré, composé de profils polyvalents disposant de compétences techniques particulières : il s'agit essentiellement de professionnels algériens issus de l'agronomie, la chimie verte, le compostage, le traitement de la biomasse et la logistique écologique.

Le noyau opératoire prend en charge :

- ✓ La collecte et le tri de la matière première (pain sec, sciure, végétaux),
- ✓ La transformation artisanale du biochar activé,
- ✓ L'emballage écologique,
- ✓ Le contrôle qualité.

Cette structure à la fois légère et efficace constitue un gage de confiance et de traçabilité dès les toutes premières productions.

9.2 Une montée en compétences progressive et structurée

À moyen terme le projet GREENCHAR considéré 15 à 20 postes directs à pourvoir dès la première année d'exploitation à plein régime. Parmi ces emplois, figurent :

- ✓ La production,
- ✓ La logistique,
- ✓ La gestion des purines végétales,
- ✓ La maintenance des équipements,
- ✓ Des postes de support administratif et commercial ;

En fonction de l'évolution de la demande, l'effectif sera porté à 50 emplois directs et plusieurs dizaines d'emplois indirects : développement des réseaux de collecte, des partenariats agricoles, et des micro-unités de fabrication en zone rurale ou périurbaine.

9.3 Un engagement pour un emploi local

Dans une logique de responsabilité sociale, GREENCHAR entend favoriser l'insertion professionnelle locale à l'échelle des zones où les opportunités d'emploi sont peu nombreuses. Elle proposera à ses nouveaux collaborateurs une formation aux

techniques de biochar, de compostage, d'éco-conditionnement et de gestion circulaire des déchets.

Cette stratégie de création d'emplois progressifs, de qualifications et d'adaptation au territoire s'inscrit dans une approche de croissance inclusive, résiliente et durable à l'échelle des valeurs défendues par GREENCHAR.

10. Stratégie de Partenariats & Appui Institutionnel

En tant que jeune entreprise innovante engagée dans la valorisation écologique du biochar activé, GREENCHAR entend exploiter pleinement les dispositifs de soutien mis en place par les autorités algériennes pour accompagner les acteurs du développement durable.

Notre objectif : bénéficier d'un écosystème structuré nous permettant d'accélérer notre croissance tout en assurant une maîtrise rigoureuse de notre production, de la qualité et de l'impact environnemental.

Tableau 05 : Acteurs clés de la réussite de GREENCHAR

Partenaire	Rôle stratégique & synergies
ASF – Algérienne des Solutions Fertiles	Véritable référence nationale dans les solutions de régénération des sols, ASF est un partenaire technique de premier plan. Sa maîtrise du biochar, des purins végétaux et des systèmes agroécologiques permet à GREENCHAR de : <ul style="list-style-type: none"> • Accélérer la mise au point de formules enrichies et adaptées aux sols algériens, • Bénéficier de retours terrain en conditions réelles, • Déployer des campagnes pilotes avec des agriculteurs partenaires, • Créer des synergies logistiques et technologiques autour de la valorisation des résidus organiques.
Incubateurs universitaires	Appui à la structuration, entreprise de mentorat, accès à des chercheurs spécialisés, prototypage avancé, mise en réseau avec des investisseurs verts et accompagnement administratif.
Laboratoires certifiés et centres techniques	Collaboration pour le développement et la stabilisation des formulations, analyses physico-chimiques, validation de l'efficacité agronomique et certifications de conformité.
Collectivités locales et agences régionales (ANDI, ANSEJ)	Soutien logistique, accès au foncier, allègements fiscaux et intégration dans les politiques de développement territorial et agricole durable.
Fournisseurs durables	Chaîne d'approvisionnement en plantes bio-activatrices (ortie, camomille, tanaisie), matières premières agricoles, matériaux d'emballage écologiques, et technologies de pyrolyse.
LANADE – Agence nationale de développement de l'investissement	Appui structurant pour l'investissement industriel, subventions, exonérations, intégration dans les programmes de souveraineté agricole et de reconversion écologique du modèle économique national.



Cinquième axe :

Plan financier

1. Prévisions de chiffres d'affaires

Tableau 06 : Chiffre d'affaires - Année 1

Mois	Quantité prévue par mois	Prix de vente privé	CAHT mensuel
1	10	1240,2	12402
2	20	1240,2	24804
3	30	1240,2	37206
4	40	1240,2	49608
5	50	1240,2	62010
6	60	1240,2	74412
7	70	1240,2	86814
8	80	1240,2	99216
9	90	1240,2	111618
10	100	1240,2	124020
11	120	1240,2	148824
12	130	1240,2	161226
TOTAL	800		992160

Tableau 07 : Chiffre d'affaires - Année 2

Mois	Quantité prévue par mois	Prix de vente privé	CAHT mensuel
1	200	1240,2	248040
2	300	1240,2	372060
3	400	1240,2	496080
4	500	1240,2	620100
6	700	1240,2	868140
7	800	1240,2	992160
8	900	1240,2	1116180
9	1000	1240,2	1240200
10	1100	1240,2	1364220
11	1200	1240,2	1488240
12	1500	1240,2	1860300
TOTAL	8600		10665720

Tableau 08 : Chiffre d'affaires - Année 3

Mois	Quantité prévue par mois	Prix de vente privé	CAHT mensuel
1	2000	1240,2	2480400
2	2200	1240,2	2728440
3	2300	1240,2	2852460
4	2500	1240,2	3100500
5	2600	1240,2	3224520
6	2700	1240,2	3348540
7	2800	1240,2	3472560
8	2900	1240,2	3596580
9	3000	1240,2	3720600
10	3100	1240,2	3844620
11	3200	1240,2	3968640
12	3500	1240,2	4340700
TOTAL	32800		40678560 DZD

Tableau 09 : Résumé Global sur 3 ans

Durée	Total unités produites	Chiffre d'affaires total (DZD)
3 ans	42200unités	52336440 DZD

Tableau 10 : Initial Detaille

Élément	Coût (DZD)
Équipement de pyrolyse	100 000
Bacs de fermentation (purine)	20 000
Broyeur (pain sec)	30 000
Balance industrielle	10 000
Conditionnement (sacs, étiquettes, etc.)	15 000
Transport (moyen de livraison ou triporteur)	50 000
Installation et aménagement du local	40 000
Divers imprévus	10 000
Total Investissement Initial	275 000

Amortissement sur 3 ans

Année	Élément	Amortissement annuel (DZD)
1	Bacs de fermentation (purine)	6 666.67
1	Balance industrielle	3 333.33
1	Broyeur (pain sec)	10 000.00
1	Conditionnement (sacs, étiquettes, etc.)	5 000.00
1	Divers imprévus	3 333.33
1	Installation et aménagement du local	13 333.33
1	Total annuel	91 666.67
1	Transport (moyen de livraison ou triporteur)	16 666.67
1	Équipement de pyrolyse	33 333.33
2	Bacs de fermentation (purine)	6 666.67
2	Balance industrielle	3 333.33
2	Broyeur (pain sec)	10 000.00
2	Conditionnement (sacs, étiquettes, etc.)	5 000.00
2	Divers imprévus	3 333.33
2	Installation et aménagement du local	13 333.33
2	Total annuel	91 666.67
2	Transport (moyen de livraison ou triporteur)	16 666.67
2	Équipement de pyrolyse	33 333.33

3	Bacs de fermentation (purine)	6 666.67
3	Balance industrielle	3 333.33
3	Broyeur (pain sec)	10 000.00
3	Conditionnement (sacs, étiquettes, etc.)	5 000.00
3	Divers imprévus	3 333.33
3	Installation et aménagement du local	13 333.33
3	Total annuel	91 666.67
3	Transport (moyen de livraison ou triporteur)	16 666.67
3	Équipement de pyrolyse	33 333.33

Quantité finale :

- ✓ Biochar actif final : 45 kg
- ✓ Purine : 23 L (à base d'ortie + pissemil)

Coût total des matières :

Total : $80 + 45 + 1300 + 800 = 2225$ DZD

- Les coûts du biochar actif et de la purine, en gros :
- ✓ Quantité totale de produit = Quantité de biochar (45 kg) + Quantité de purine (23 L).
- ✓ Soit $45 \text{ kg} + 23 \text{ L} \approx 68$ unités.
- ✓ Coût total = 2225 (biochar) + 2100 (purine) = 4325 DZD
- ✓ Quantité totale $\approx 45 + 23 = 68$
- ✓ Prix unitaire combiné $\approx 4325 / 68 \approx 63,60$ DZD par unité (kg ou L)
- ✓ Le coût total de 15 kg sera :

$15 \times 63,6 \approx 954$ DZD

$954 \times 30\% = 286,2$ DZD

- **Prix de produit :** $954 + 286,2 = 1240,2$ DZD

Sixième axe

Prototype expérimental

1. Prototype expérimental :



2. Matériel et méthode

Ce segment est consacré à l'exposition du matériel biologique et à l'ensemble des méthodes optimisées dans notre étude (conception du prototype), qui sont réalisées au niveau du Laboratoire de valorisation des ressources phylogénétiques.

3. L'objectif de notre travail

- ✓ Production de biochar à partir de différentes matières premières
- ✓ Détermination des paramètres physico-chimiques du biochar et des sols traités
- ✓ Analyse comparative de différentes concentrations de biochar sur deux types de sols
- ✓ Activation du biochar par l'ajout d'un mélange végétal innovant
- ✓ Évaluation de l'impact du biochar sur les propriétés microbiologiques des sols
- ✓ Évaluation de l'effet du biochar activé sur la croissance et le développement de la pomme de terre

4. Production du biochar

Notre étude se concentre sur la production de biochar par deux méthodes distinctes :

4.1 Production manuelle :

Le biochar a été produit à l'échelle domestique en utilisant la technique de pyrolyse appliquée à trois matières premières soigneusement sélectionnées : résidus de pain, copeaux de menuiserie et feuilles d'arbres. Ces matériaux ont été choisis pour leur disponibilité et leur potentiel à générer un biochar aux propriétés absorbantes.

a. Production en laboratoire :

Une seconde production a été réalisée au laboratoire n°14 de l'université à l'aide d'un four à moufle, permettant un contrôle précis des paramètres de pyrolyse (température, durée, atmosphère). Cette méthode

Standardisée assure une qualité constante du biochar produit, essentielle pour la fiabilité des résultats expérimentaux.

5. Activation du biochar

L'innovation majeure de notre étude repose sur l'activation du biochar par un mélange végétal :

Le biochar produit a subi un processus d'activation par l'incorporation d'un extrait aqueux de deux plantes. Ces plantes ont été sélectionnées pour leurs propriétés biologiques complémentaires.

6. Analyses physico-chimiques

Plusieurs paramètres ont été mesurés pour caractériser le biochar et les sols traités :

Analyses en laboratoire universitaire (Laboratoire Écologique et Biologique n°13) :

6.1 Potentiel hydrogène (Ph)

Dans cette expérience, nous avons utilisé deux types différents de sols pour étudier l'effet du biochar sur le Ph (potentiel hydrogène).

Nous avons ajouté du biochar à deux concentrations (5 % et 10 %) à chaque type de sol, puis nous avons mesuré le Ph pour voir comment il évolue dans le temps.

L'expérience a duré un mois, et pendant cette période, nous avons mesuré le pH tous les 5 jours, ce qui nous a permis de faire 6 mesures pour chaque échantillon.

Ce suivi nous a aidés à observer si le Ph change avec l'ajout de biochar, et s'il y a une différence entre les deux types de sols.

L'objectif : était de comprendre si le biochar peut modifier les propriétés chimiques du sol, et s'il peut rendre le sol plus adapté à la croissance des plantes.

Protocole expérimental

- ✓ Peser 20 g de chaque échantillon (sol sec ou mélange sol + biochar) dans des bêchers séparés.
- ✓ Ajouter 50 ml d'eau distillée
- ✓ Agiter doucement pendant 5 minutes.
- ✓ Laisser reposer 30 minutes pour que les particules se décantent.

Mesurer le Ph

- ✓ Plonger la sonde du Ph-mètre (ou la bandelette) dans la phase liquide claire.

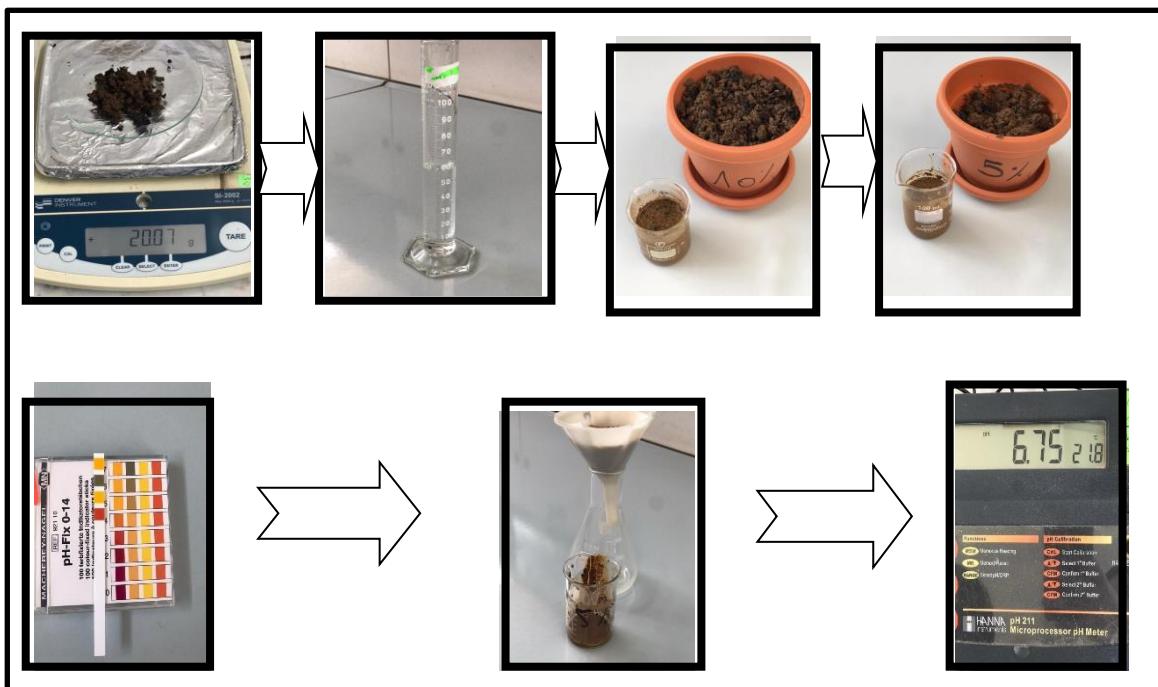


Figure 03 : mesure de Ph

7. Conductivité électrique :

Dans cette expérience, nous avons mesuré la conductivité électrique de deux types de sols, afin d'évaluer la concentration en sels minéraux présents dans la solution du sol.

Comme pour le Ph, nous avons ajouté du biochar à deux concentrations différentes (5 % et 10 %) pour chaque type de sol.

L'objectif : était de voir si l'ajout de biochar influence la conductivité du sol, ce qui peut nous donner des informations sur la fertilité et la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes.

L'expérience a duré un mois, et nous avons effectué des mesures tous les 5 jours, pour suivre l'évolution de la conductivité avec le temps.

Cela nous a permis de comparer les sols traités avec biochar aux sols témoins (non traités), et d'observer les différences entre les deux types de sols.

7.1 Protocole expérimental :

- ✓ Peser 20 g de chaque échantillon (sol ou sol + biochar) dans un bêcher propre.
- ✓ Ajouter 50 ml d'eau distillée à chaque bêcher.
- ✓ Respecter un rapport sol/eau de pour tous les échantillons.
- ✓ Agiter les suspensions pendant 5 minutes pour bien mélanger.
- ✓ Laisser reposer 30 minutes afin que les particules solides se déposent.

Mesure de la conductivité :

- ✓ Plonger la sonde CE propre dans la phase liquide claire sans toucher le fond.
- ✓ Attendre que la lecture se stabilise.
- ✓ Noter la valeur de la conductivité (en dS/m ou mS/cm).

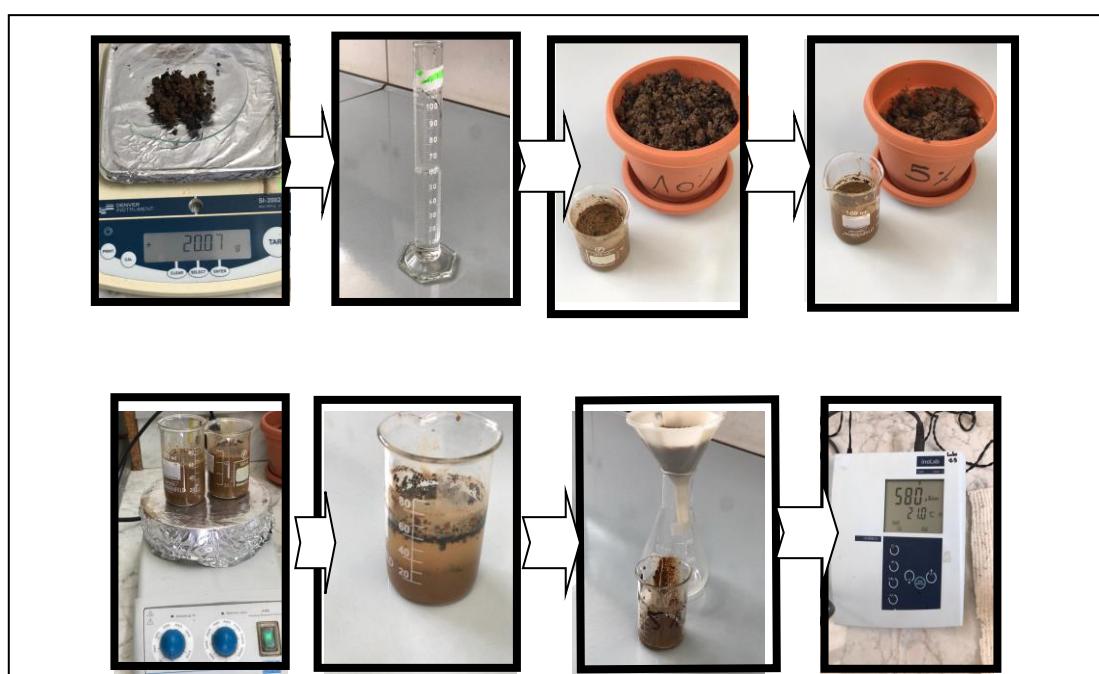


Figure 04 : Les étapes de Mesures de la conductivité CE

8.Détermination de l'Humidité Gravimétrique :

Dans cette expérience, nous avons mesuré l'humidité de deux types de sols pour voir leur capacité à retenir l'eau.

Comme dans les autres tests, nous avons utilisé du biochar à deux doses différentes (5 % et 10 %) pour chaque sol, en plus du sol témoin (sans biochar).

L'objectif : était de savoir si l'ajout de biochar améliore la rétention d'eau, ce qui est important pour le développement des plantes, surtout en cas de sécheresse.

L'expérience a duré un mois. Nous avons arrosé les échantillons de manière identique, puis mesuré l'humidité tout le premier et le dernier jour pour suivre l'évolution dans le temps.

Grâce à cela, nous avons pu comparer l'humidité entre les sols enrichis en biochar et les sols témoins, et aussi voir si le type de sol avait un effet sur les résultats.

8.1 Protocole expérimental :

Préparation des capsules :

- Numéroter les 6 capsules. Peser chaque capsule vide → P_0

Prélèvement et pesée du sol frais :

- Prélever du sol à 1 et 2 avec et sans biochar sur 0–10 cm de profondeur
- Mettre environ 50–70 g de sol frais dans chaque capsule
- Fermer hermétiquement
- Peser immédiatement → P_1 (capsule + sol frais)

Séchage :

- Placer au l'étuve à 105 °C pendant 24 h (minimum)
- Laisser refroidir dans un dessiccateur
- Peser → P_2 (capsule + sol sec)



Figure 05 : les étapes de mesuré l'humidité du sol

8.2 Teneur en nitrates :

Dans cette expérience, nous avons mesuré la teneur en nitrates dans deux types de sols, afin d'évaluer l'effet du biochar sur la disponibilité de l'azote dans le sol.

Le nitrate est une forme d'azote facilement absorbée par les plantes, et donc un indicateur important de fertilité. Nous avons ajouté du biochar à deux concentrations (5 % et 10 %) pour chaque type de sol, puis nous avons effectué une seule mesure pour chaque échantillon, afin de comparer directement les résultats avec ceux des sols témoins (non traités).

Cette mesure unique nous a permis d'avoir une idée générale sur l'influence du biochar sur la quantité de nitrates disponible dans chaque sol.

8.3 Protocole expérimental :

Préparation des capsules :

- Numéroter les 6 capsules.
- Peser chaque capsule vide → P_0

Prélèvement et pesée du sol frais :

- Prélever du sol sur 0–10 cm de profondeur
- Mettre environ 50–70 g de sol frais dans chaque capsule
- Fermer hermétiquement
- Peser immédiatement → P_1 (capsule + sol frais)

Séchage :

- Ouvrir les capsules
- Placer au l'étuve à 105 °C pendant 24 h (minimum)

- Fermer les capsules dès la sortie du four
- Laisser refroidir dans un dessiccateur
- Peser → P₂ (capsule + sol sec)

4 Extraction des nitrates :

Pour chaque échantillon :

- Peser 10,00 g de sol sec et tamisé (\leq 2 mm).
- Ajouter 100 ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 1 heure (agitateur magnétique ou orbital).
- Filtrer l'extrait à l'aide d'un filtre papier.
- Récupérer le filtrat pour l'analyse.

Préparation de la coloration :

- Prélever 10 ml du filtrat dans un tube à essai.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium 5 %.
- Évaporer à sec à 75–80 °C dans l'étuve.
- Laisser refroidir à température ambiante.

Développement de la couleur :

- Ajouter lentement 2 ml d'acide sulfurique concentré (attention aux projections).
- Ajouter ensuite 15 ml de solution alcaline.
- Laisser reposer 5 à 10 minutes.
- Observer l'apparition d'une coloration jaune.

Lecture au spectrophotomètre :

- Lire l'absorbance à 415 nm pour chaque tube.
- Réaliser une courbe d'étalonnage avec les solutions standards de nitrate.
- Reporter les absorbances des échantillons sur la courbe pour déterminer la concentration en NO₃⁻ (mg/L).

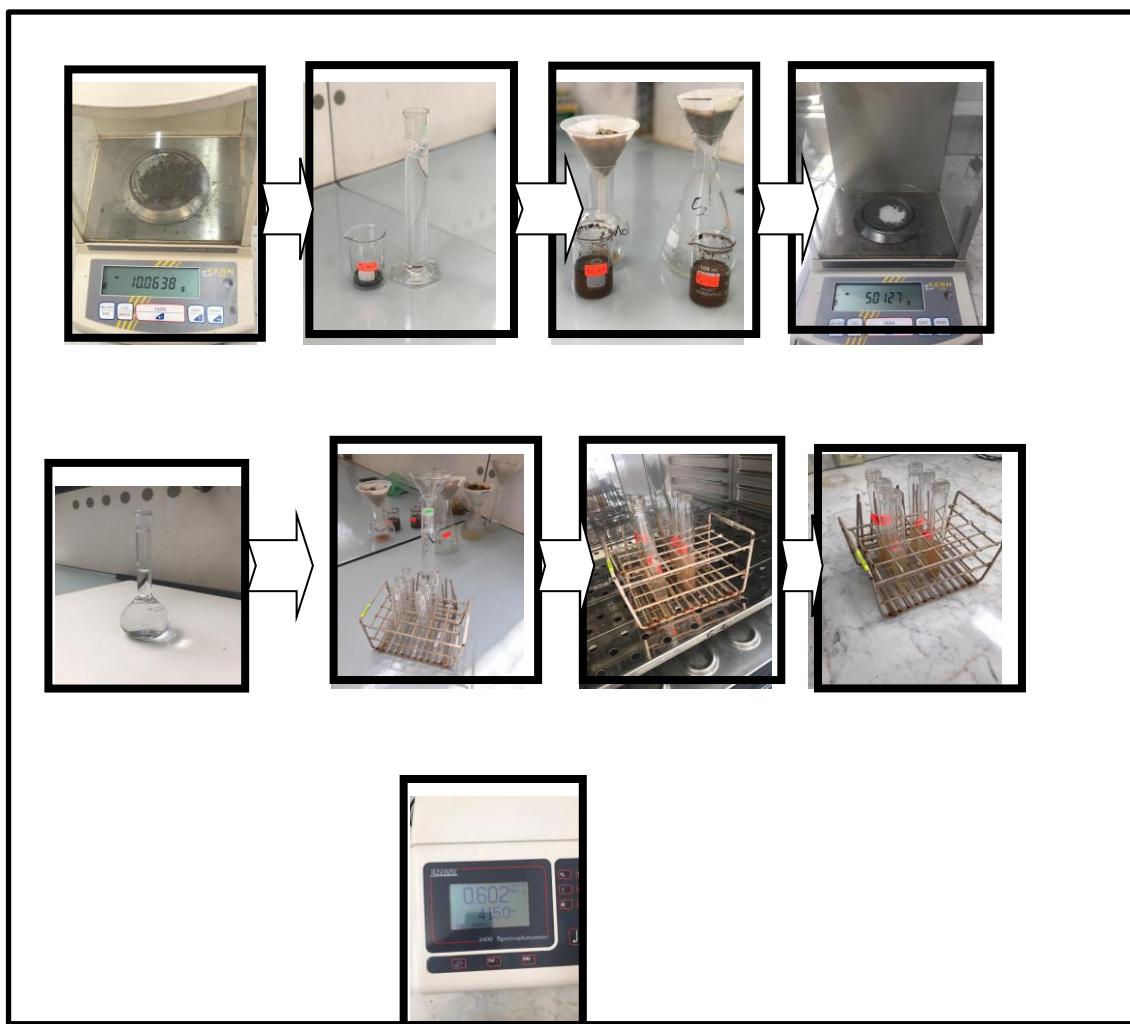


Figure 06 : les étapes de mesure du nitrate

Dans cette expérience, nous avons mesuré le calcaire total dans deux types de sols, pour savoir s'il y a une différence entre les sols traités au biochar et les sols non traités.

Le calcaire total représente la quantité de carbonate de calcium (CaCO_3) dans le sol, un élément qui influence la structure, la rétention d'eau et la disponibilité des nutriments pour les plantes. Nous avons ajouté du biochar à deux concentrations (5 % et 10 %) pour chaque type de sol, puis nous avons réalisé une seule mesure pour évaluer l'effet du biochar sur la teneur en calcaire.

Cette analyse nous a permis de comparer directement les différents échantillons et de voir si le biochar a un impact immédiat sur la composition minérale du sol.

8.4 Protocole expérimental :

- ✓ Échantillon 1 : Sol naturel
- ✓ Échantillon 2 : Sol + biochar
- ✓ Peser 0,5 g de chaque échantillon tamisé (1 et 2).
- ✓ Placer chaque échantillon dans un ballon séparé du calcimètre.
- ✓ Prélever 10 ml d'acide chlorhydrique 1 N avec une pipette après la dilution.
- ✓ Verser l'acide dans le compartiment prévu du calcimètre.
- ✓ Fermer hermétiquement chaque système.
- ✓ Laisser réagir pendant environ 10 à 15 minutes.
- ✓ Observer et noter le volume de CO₂ dégagé pour chaque échantillon.
- ✓ Comparer les volumes de CO₂ dégagés

**Figure 07 : Les étapes de mesure du calcaire du sol**

9. Analyses externes du biochar active (Laboratoire Catalyse Lab à Constantine) :

LABORATOIRE D'ANALYSES ET D'ESSAIS PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES				
ISO 17025				
Bulletin N° : R1777PC/2025				
Bulletin d'analyse				
Client : Benmalouf Nour El Imene		Adresse: constantine		
Type du produit : engrais	Nom du produit : engrais biochar actif			
Date de fabrication : /	Date de péremption : /		N° de lot : /	Poids net : /
Prélèvement fait par : le client	N° d'inscription au registre : R1777PC/2025			
Date de réception : 18/05/2025	Date d'établissement du bulletin: 25/05/2025			
Analyse Physico-Chimique				
Paramètre	Résultats	Unité	Méthodes	
phosphore	1.31	%	ISO 6598	
Azote	0.075	%	ISO 5315	
Potasse	2.65	%	NA 577	
carbone total	54.76	%	ISO 10694	
ph	7.24	--	ISO 10390:2004	
conductivité	105	$\mu\text{s}/\text{cm}$	conductimètre	
NB : - Les résultats ne concernent que l'échantillon identifié en haut du bulletin. - L'analyse est faite à la demande du client.				
Conclusion : Analyse faite à la demande du client.				
<u>Analyste</u> Mme. TOUBAL SAMAH Ingénieur de C...		CATA DITECTRICE AB LABORATOIRE CLINICAL de la Qualité et du Contrôle BILGAÏD SOUSTANE 10 BP 1000 AL MENDJEL ALGERIA RCN : 00000000000000000000		
nlevard de l'ALN nouvelle ville Al Mendjel Constantine Mobile : 05 61 62 30 70 05 61 62 30 80 Tel/Fax : 031.78.68.02 lyselab.com e-mail : catalyselab.algerie@gmail.com facebook : facebook.com/catalyselab				
LABORATOIRE D'ANALYSES ET D'ESSAIS PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES				
ISO 17025				
Bulletin N°2036PC/2025				
Bulletin d'analyse				
Client : Ben mayouf Nour el imene		Adresse: Constantine		
Type du produit: plante	Nom du produit: Purine vegetale			
Date de fabrication : /	Date de péremption : /		N° de lot : /	Contenance : /
Prélèvement fait par :Le client	N° d'inscription au registre : R2036PC /2025			
Date de réception : 03/06/2025	Date de renvoie : 11/06/2025			
Analyse Physico - Chimique				
Paramètre	Résultats	Unité	Normes	Méthodes
Azote	0,43	%	--	ISO 5315
NB : - Les résultats ne concernent que l'échantillon identifié en haut du bulletin. - L'analyse est faite à la demande du client.				
Mme. TOUBAL SAMAH Ingénieur de C...		CATA DITECTRICE AB LABORATOIRE CLINICAL de la Qualité et du Contrôle BILGAÏD SOUSTANE 10 BP 1000 AL MENDJEL ALGERIA RCN : 00000000000000000000		

9.1 Essai agronomique sur (*coriandrum sativum*):

Dans le cadre de notre expérimentation, nous avons également réalisé un essai sur la coriandre pendant une durée de 15 jours. Trois traitements ont été appliqués :

Un sol témoin (sans ajout), un sol enrichi en biochar,et un sol enrichi en biochar activé.

Après cette période, nous avons procédé aux mesures des paramètres végétatifs, notamment la longueur des racines, la longueur des tiges, le nombre de feuilles, ainsi que d'autres observations morphologiques. Ces données nous ont permis de comparer l'effet des différents types de sol sur la croissance de la coriandre.

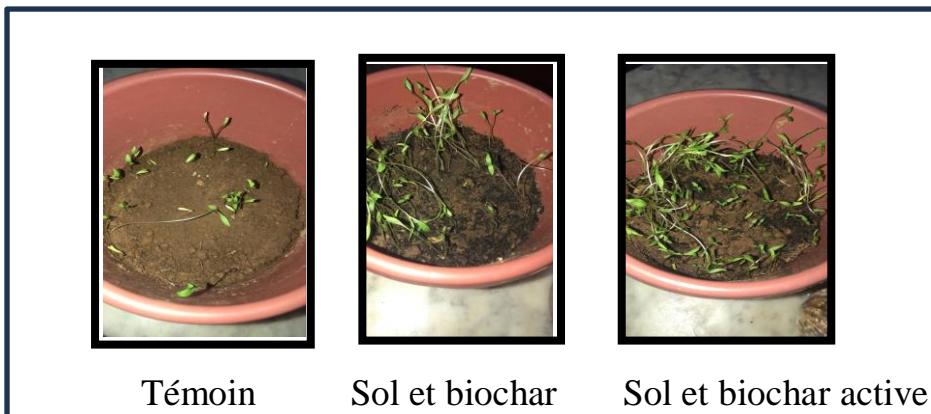


Figure 08 : Interprétation des échantillons de coriandre (*coriandrum sativum*)

9.2 Mesure des paramètres biométriques de la coriandre (*coriandrum sativum*)

Conditions expérimentales

L'expérience a été réalisée sur des plants de coriandre (*Coriandrum sativum*) cultivés selon trois traitements différents :

- ✓ Témoin (sol sans ajout),
- ✓ Biochar (sol enrichi avec biochar brut),
- ✓ Biochar activé (sol enrichi avec biochar activé).

Chaque traitement a été répété sur 3 plants.

Mesure des longueurs

À la fin de l'expérience, les parties suivantes de chaque plant ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée en centimètres :

- ✓ Longueur des racines
- ✓ Longueur des tiges

- ✓ Longueur des parties aériennes
- ✓ Les mesures ont été prises avec soin à partir de la base de la racine jusqu'à l'extrémité de la partie mesurée.

Mesure du poids

Le poids de chaque plant a été mesuré à deux étapes :

Poids frais :

- ✓ Chaque plant a été pesé avant séchage à l'aide d'une balance de précision, afin de déterminer le poids frais.

Poids sec :

- ✓ Les échantillons ont ensuite été placés dans une étuve à 30 °C pendant 40 minutes.
- ✓ Après le séchage, les échantillons ont été à nouveau pesés pour déterminer le poids sec.
- ✓ Cette méthode permet d'évaluer la biomasse produite ainsi que la teneur en eau des plants.

9.3 Essai agronomique sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) :

Afin d'évaluer l'impact agronomique du biochar activé, un essai de culture de pomme de terre a été mis en place :

Nous avons mené une expérimentation sur la culture de la pomme de terre selon trois traitements différents pendant une durée d'un mois et dix jours. Le premier traitement consistait en un sol témoin (non enrichi), le deuxième en un sol amendé avec du biochar, et le troisième en un sol enrichi avec du biochar activé.

À la fin de la période de culture, nous avons effectué des mesures végétatives portant sur la hauteur des plants (longueur) ainsi que le nombre de feuilles.

9.3 Mesure des paramètres biométriques de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*):

On a mesuré la longueur et compte le nombre des feuilles de chaque tige

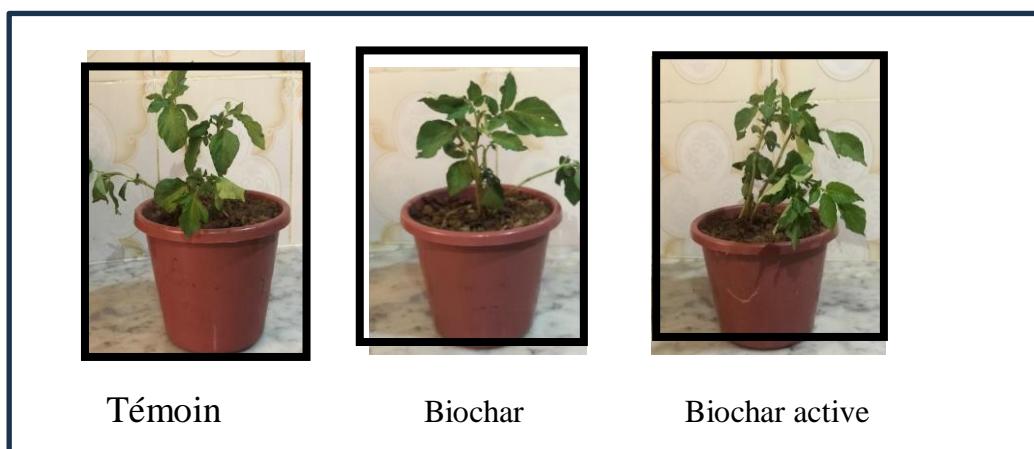


Figure 09 : Interprétation des échantillons de pomme de terre
(Solanum tuberosum)

10.Méthodologie de mesure de l'activité microbienne par la méthode DO (au spectrophotomètre) :

Objectif :

Évaluer la charge microbienne à travers de la densité optique (DO)d'un extrait liquide purine végétale, cette mesure donne une estimation indirecte de la concentration en biomasse microbienne vivante, car les micro-organismes vivants, car les micro-organique en suspension diffusent la lumière.

Matériel utilisé :

- ✓ Échantillons de purine végétale
- ✓ Tubes à essai stérile
- ✓ Spectrophotomètre réglé à la longueur d'onde appropriée (souvent 660 nm)

11.Résultat :

11.1 Mesure de potentiel hydrogène (Ph) et la conductivité électrique (CE):

Biochar brut :

Tableau 11 : Les valeurs de Ph et CE de biochar brut

	Ph	CE
Biochar	7,42	215

Echantion1 :

T0 (pH=7,75/EC=526)

Tableau 11 : Les valeurs de Ph (T1 et T2 Echantillon 1)

	T1=5%	T2=10%
	Ph	Ph
JOUR0	6,97	6,75
JOUR5	7,12	6,89
JOUR10	7,23	7,08
JOUR15	7,35	7,18
JOUR20	7,39	7,23
JOUR25	7,43	7,29
JOUR30	7,48	7,32

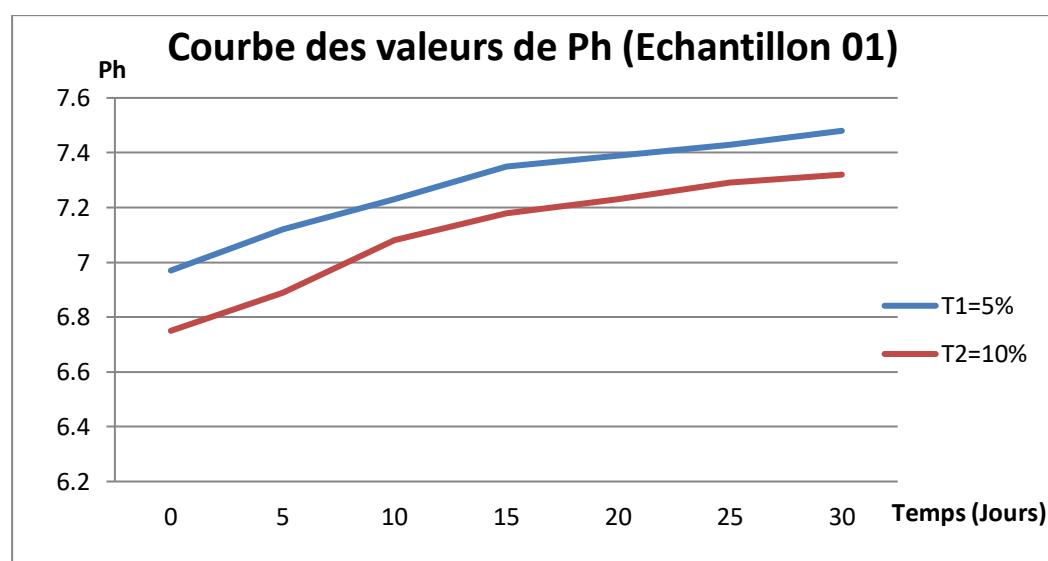
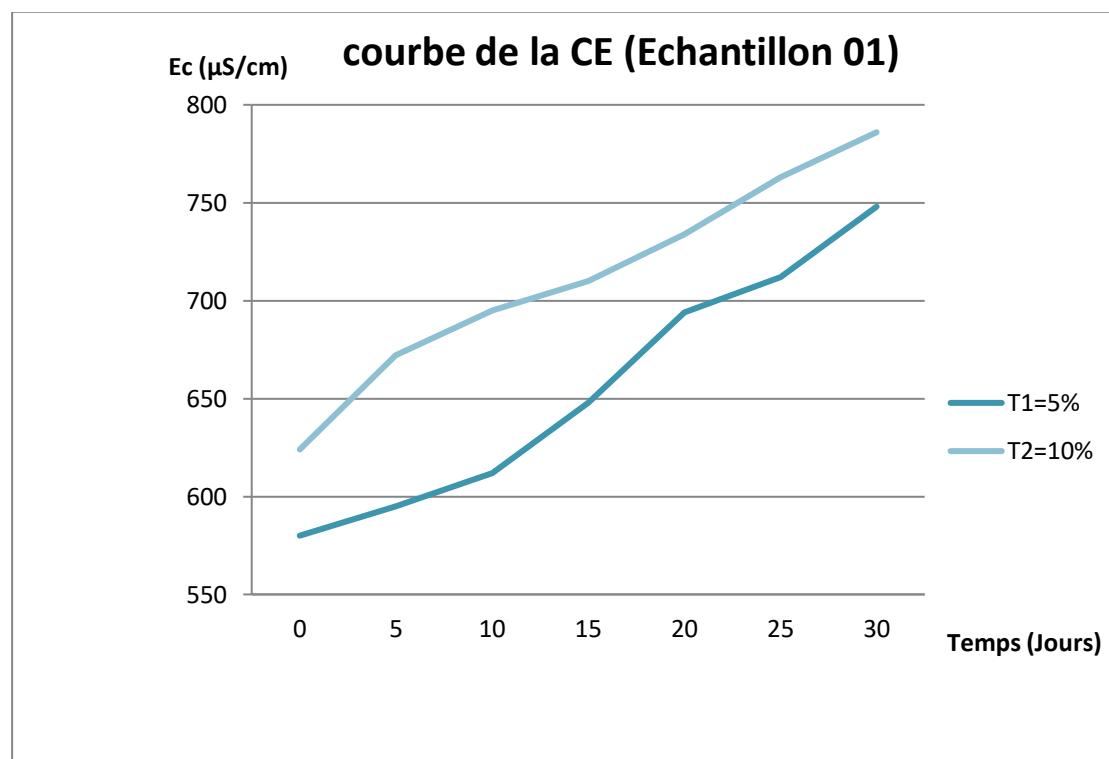


Figure 10 : Courbe des valeurs du Ph (Echantillon 01)

Tableau 12 : Les valeurs de Ph (T1 et T2 Echantillon 1)

	T1=5%	T2=10%
CE	CE	
JOUR0	580	624
JOUR5	595	672
JOUR10	612	695
JOUR15	648	710
JOUR20	694	734
JOUR25	712	763
JOUR30	748	786

**Figure 10 :** courbe de la CE (Echantillon 01)Echantion2 :

T0 (Ph =8,13/CE =507)

Tableau 13 : Les valeurs de Ph (T1 et T2 Echantillon 2)

	T1=5%	T2=10%
	Ph	Ph
JOUR0	8,02	7,97
JOUR5	7,91	7,85
JOUR10	7,89	7,78
JOUR15	7,78	7,69
JOUR20	7,71	7,62
JOUR25	7,69	7,57
JOUR30	7,64	7,51

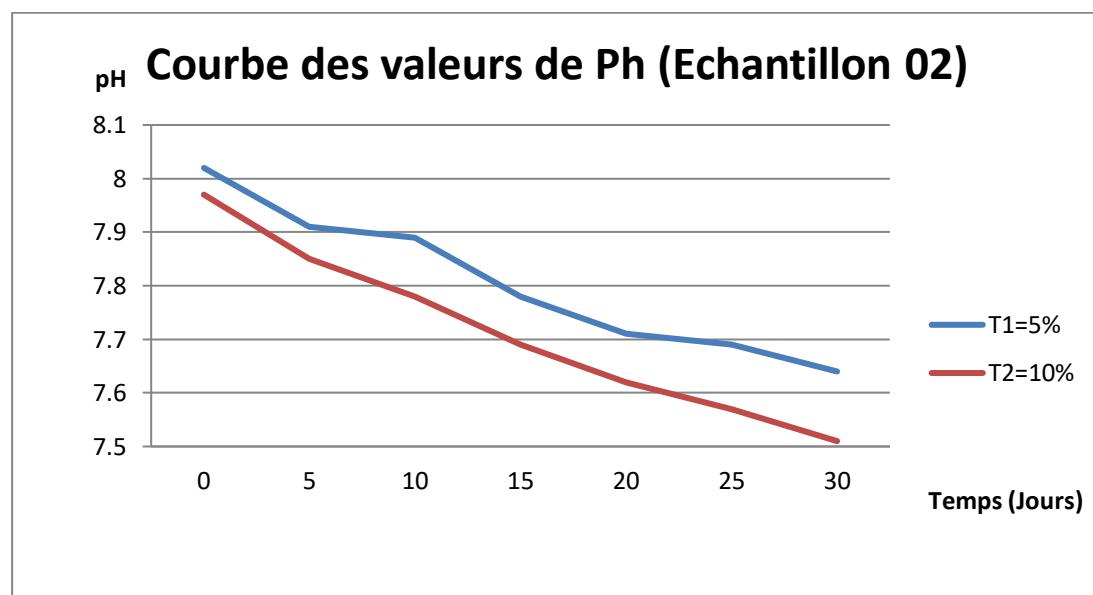
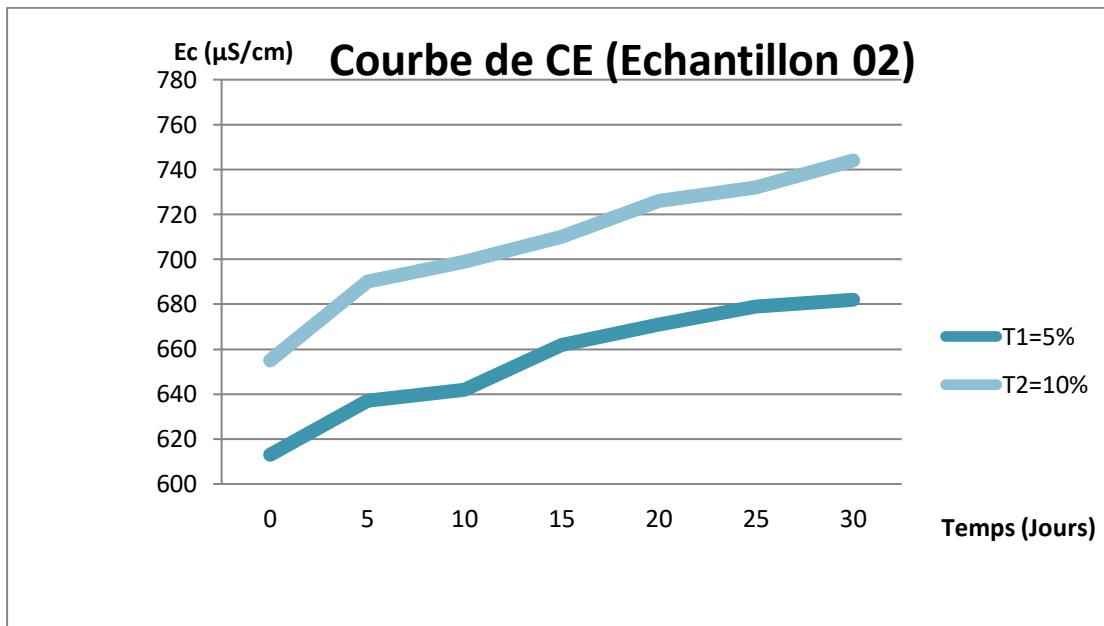


Figure 11: Courbe des valeurs de Ph (Echantillon 02)

Tableau 14 : Les valeurs de CE (T1 et T2 Echantillon 2)

	T1=5%	T2=10%
	CE	CE
JOUR0	613	655
JOUR5	637	690
JOUR10	642	699
JOUR15	662	710
JOUR20	671	726
JOUR25	679	732
JOUR30	682	744

**Figure 12 : Courbe de la CE (Echantillon 02)**

12.Ph (Potentiel Hydrogène)

Le Ph mesure l'acidité ou l'alcalinité du sol sur une échelle de 0 à 14.

12.1 Interprétation des résultats :

Échantillon 1 :

T0 (témoin) : 7,75 - Sol légèrement alcalin, proche de la neutralité optimale

Évolution avec traitements : Le Ph tend à augmenter progressivement avec le temps, passant de 6,97-6,75 (jour 0) à 7,48-7,32 (jour 30)

Impact du dosage : T1 (5%) montre une remontée plus importante du Ph que T2 (10%)

Échantillon 2 :

- ✓ T0 (témoin) : 8,13 - Sol alcalin, au-dessus de l'optimal
- ✓ Évolution avec traitements : Le Ph diminue progressivement, ce qui est bénéfique car il se rapproche de la neutralité (7,64-7,51 en fin d'expérience)

Biochar brut : 7,42 - Ph proche de la neutralité, idéal pour la plupart des cultures .

Signification agronomique :

Un Ph entre 6,5 et 7,5 est optimal pour la disponibilité des nutriments .

Le biochar semble avoir un effet tampon, stabilisant le Ph vers des valeurs optimales.

Comparaison avec les normes

Selon la norme ISO 10390 :2005 (mesure du Ph dans les sols), un Ph optimal pour la majorité des cultures agricoles se situe entre 6,0 et 7,5. Cette plage est donc conforme aux valeurs agronomiquement recommandées pour la fertilité des sols.

13. Conductivité Électrique (CE)

La conductivité électrique mesure la concentration en sels solubles dans le sol, exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Signification agronomique :

- ✓ Valeurs inférieures à 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sont généralement acceptables
- ✓ L'augmentation de l'CE pourrait indiquer une libération de nutriments ou une concentration de sels
- ✓ Surveillance nécessaire pour éviter la salinisation excessive

13.1 Interprétation des résultats :

Échantillon 1 :

T0 : 526 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - Niveau modéré de sels

Augmentation progressive : 580-624 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (jour 0) à 748-786 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (jour 30)

T2 (10%) provoque une augmentation plus importante que T1 (5%)

Échantillon 2 :

- ✓ T0 : 507 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - Niveau similaire à l'échantillon 1
- ✓ Augmentation significative : jusqu'à 682-744 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en fin d'expérience
- ✓ Biochar brut : 215 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - Faible conductivité du biochar pour la résistance à la sécheresse

Comparaison avec les normes

Dans l'étude de (Zhang et al. 2017) sur l'amendement des sols avec biochar, une augmentation significative de l'CE a été enregistrée, avec des valeurs atteignant plus de 5000 µS/cm (soit 5,0 dS/m) après application de biochar de fumier à forte dose sur un sol argileux, ce qui a provoqué une restriction de la croissance chez certaines espèces sensibles à la salinité.

14. Humidité Gravimétrique

Ce paramètre mesure le pourcentage d'eau contenu dans le sol par rapport à son poids sec.

Echantillon 1 :

Tableau 15 : Les valeurs de Ph (T1 et T2 Echantillon 1)

Les valeurs de CE (T1 et T2 Echantillon 1)

Les valeurs de Ph (T1 et T2 Echantillon 2)

Les valeurs de CE (T1 et T2 Echantillon 2)

Les valeurs d'Humidité (T0 ; T1 et T2 Echantillon 1)

	T0	T1=5%	T2=10%
M0	3,2	3,5	3,21
M1	53,2	53,5	53,21
M2	43,91	43,63	43,03
Humidité%	18,58	19,74	20,36

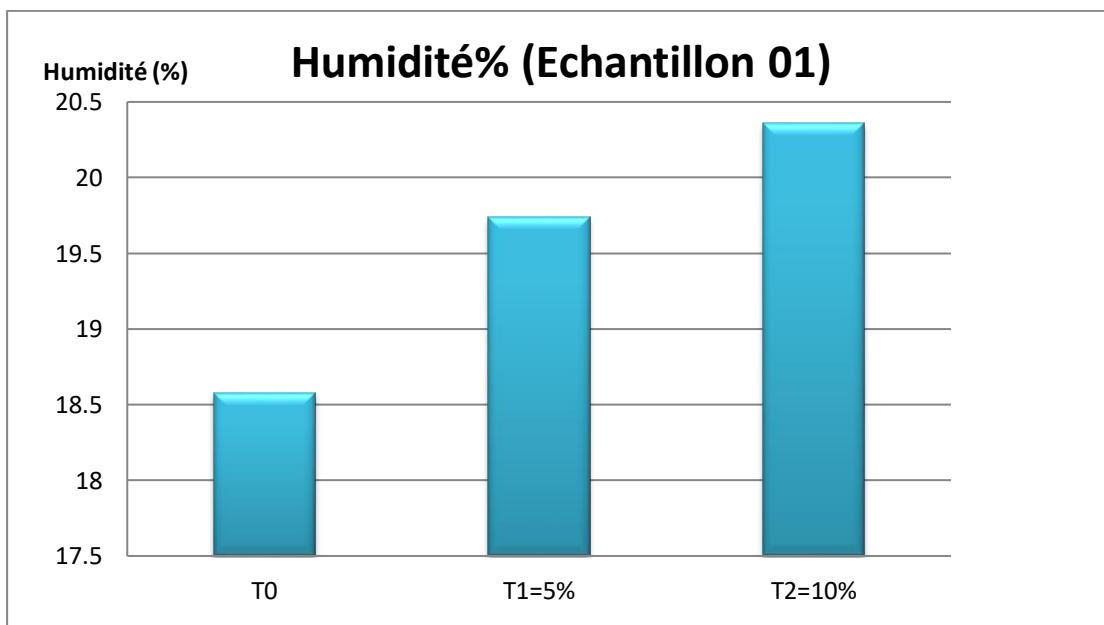


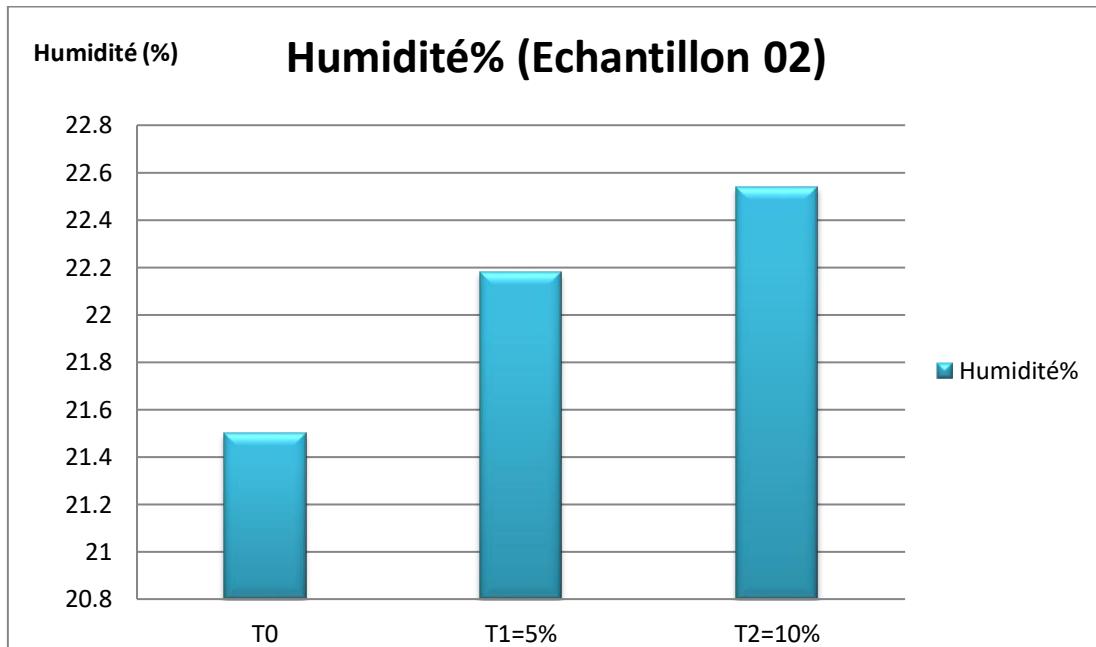
Figure 13 : Humidité% (Echantillon 01)

Echantillon2 :

- Humidité% = $(M1 - M2) / (M1 - M0) \times 100$
- ✓ M0 : récipient vide
- ✓ M1 : échantillon humide
- ✓ M2 : pesés après séchage

Tableau 16 : Les valeurs d'Humidité (T0 ; T1 et T2 Echantillon 2)

	T0	T1=5%	T2=10%
M0	3,11	3,14	3,21
M1	53,11	53,14	53,21
M2	42,36	42,05	41,94
Humidité%	21,5	22,18	22,54

**Figure 14 : Humidité% (Echantillon 01)****14.1 Interprétation des résultats**

Échantillon 1 :

Amélioration de la rétention d'eau : 18,58% (T0) → 19,74-20,36% avec traitements

T2 (10%) plus efficace que T1 (5%) pour la rétention d'eau

Comparaison avec les normes

Dans une étude de Abel et al. (Abel et al.2013), l'incorporation de biochar dans un sol sableux a permis une augmentation de la capacité de rétention d'eau de plus de 100 %. Plus précisément :

- ✓ Sol témoin (sans biochar) : capacité de rétention à la capacité au champ $\approx 8\%$ (v/v)
- ✓ Sol avec 10 % de biochar : capacité de rétention $\approx 17\%$ (v/v)

Cela représente une augmentation de +112 % de la rétention d'eau à la capacité au champ. Ce résultat est particulièrement impressionnant pour des sols légers (sableux), où l'effet du biochar est le plus marqué.

Échantillon 2 :

Effet similaire : 21,5% (T0) \rightarrow 22,18-22,54% avec traitements Amélioration progressive de la capacité de rétention

Signification agronomique :

- ✓ Le biochar améliore la capacité de rétention d'eau du sol
- ✓ Bénéfique pour la résistance à la sécheresse
- ✓ Amélioration de la structure du sol

15. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates représentent la forme d'azote la plus facilement assimilable par les plantes.

Données d'étalonnage :

Tableau 17 : Les valeurs d'étalonnage

C (mg/L NO_3^- -N)	0	5	10	15	20
Abs (415 nm)	0	0,105	0,21	0,315	0,42

Echantillon1 :

Tableau 18 : Les valeurs de Nitrate (T0 ; T1 et T2 Echantillon 1)

	T0	T1=5%	T2=10%
Abs	0,0703	0,113	0,146
Nitrate (ml/L)	3,35	5,38	6,95

Echantillon2 :**Tableau 19 :** Les valeurs de Nitrate (T0 ; T1 et T2 Echantillon 2)

	T0	T1=5%	T2=10%
Abs	0,0604	0,130	0,183
Nitrate (ml/L)	3.05	6.19	8,71

- Loi de Beer-Lambert : $A = \epsilon \cdot l \cdot C$
- ✓ A = Absorbance (sans unité)
- ✓ ϵ = Coefficient d'extinction molaire ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$)
- ✓ l = Longueur de la cuve (cm, souvent 1 cm)
- C = Concentration (mol/L ou mg/L selon le contexte)

15.1 Interprétation des résultats

Courbe d'étalonnage établie : Relation linéaire entre absorbance et concentration

Échantillon 1 :

Augmentation significative : 3,35 mg/L (T0) → 5,38-6,95 mg/L avec traitements

T2 (10%) plus efficace pour la libération d'azote

Échantillon 2 :

- ✓ Amélioration notable : 3,05 mg/L (T0) → 6,19-8,71 mg/L avec traitements
- ✓ Effet dose-réponse : plus de biochar = plus de nitrates disponibles

Signification agronomique :

- ✓ Amélioration de la fertilité azotée du sol
- ✓ Meilleure nutrition des plantes
- ✓ Possible effet de minéralisation accélérée

Comparaison avec les normes

Dans une étude de (Steiner et al. 2007), l'application de biochar combinée à un engrais organique sur un sol tropical a eu les effets suivants :

- ✓ Augmentation de la teneur en azote minéral du sol ($NH_4^+ + NO_3^-$) jusqu'à +38 % par rapport au sol sans biochar.

- ✓ Biomasse aérienne des plantes de maïs :
- ✓ Sans biochar : 38 g/plante
- ✓ Avec biochar (20 t/ha) : 57 g/plante

→ soit une augmentation de +50 % de la biomasse grâce à une meilleure disponibilité en azote.

16. Calcaire Total

Le calcaire total indique la teneur en carbonate de calcium, influençant le Ph et la disponibilité des nutriments.

Echantillon 1 :

Tableau 20 : Les valeurs de calcaire (T0 ; T1 et T2 Echantillon 1)

	T0	T1=5%	T2=10%
V0 (ml)	0,15	0,15	0,15
Vt(ml)	9,5	11	11 ,5
Vc(ml)	9,35	10,85	11,35

Echantillon2 :

Tableau 21 : Les valeurs de calcaire (T0 ; T1 et T2 Echantillon 2)

	T0	T1=5%	T2=10%
V0 (ml)	0,2	0,2	0,2
Vt(ml)	10	11	12
Vc(ml)	9,8	10,8	11,8

Biochar brut :

Tableau 22 : Les valeurs de biochar (V0 ; Vt et Vc)

	V0 (ml)	Vt(ml)	Vc(ml)
Biochar	0,15	11	10,85

$$\triangleright V_c = V_t - V_0$$

- ✓ Vc : Volume d'acide effectivement consommé par le calcaire
- ✓ Vt : Volume total d'acide chlorhydrique (HCl) ajouté à l'échantillon
- ✓ Vo : Volume d'acide HCl qui aurait été nécessaire sans calcaire

15.1 Interprétation des résultats

Données d'étalonnage : Méthode volumétrique standardisée

Échantillon 1 :

- ✓ Augmentation modérée : avec les traitements biochar
- ✓ Évolution dose-dépendante

Échantillon 2 :

- ✓ Tendance similaire mais avec des valeurs différentes

Signification agronomique :

- ✓ Le calcaire influence le pH et la structure du sol
- ✓ Important pour la disponibilité du phosphore
- ✓ Effet sur l'activité microbienne

Conclusions générales :

Le biochar améliore significativement tous les paramètres mesurés

Effet dose-réponse :

- Généralement T2 (10%) > T1 (5%) > T0 (témoin)
- Amélioration progressive dans le temps pour la plupart des paramètres

Bénéfices multiples : fertilité, rétention d'eau, équilibre chimique

Application recommandée à 5-10% selon les objectifs recherchés Ces résultats démontrent l'efficacité du biochar comme amendement du sol pour améliorer ses propriétés physico-chimiques et sa fertilité.

17. Partie végétale

Tableau 23 : les résultats de mesure (*coriandrum sativum*) (temoin ; biochar ; biochar active)

Temoin					Biochar					Biochar Active					
Longeur(cm)			Poid(g)		Longeur(cm)			Poid(g)		Longeur(cm)		Poid(g)			
Racine	Tige	P aérienne	Avant	Apres	Racine	Tige	P aérienne	Avant	Apres	Racine	Tige	P aérienne	Avant	Apres	
1	1.5	8.2	1.2	0.0087	0 ,0009	1.3	8.3	1.6	0.00116	0.0023	2.0	9.7	2.1	0.0490	0.007
2	2.0	8.8	1.3	0.0223	0.0047	1.8	8.8	1.5	0.0052	0.0041	1.6	9.6	2.6	0.0672	0.0076
3	1.3	6.0	1.0	0.0135	0.0052	1.9	6.8	1.7	0.00110	0.0021	1.5	9.3	3.0	0.0420	0.005

Interprétation des résultats :

Sol Témoin (Contrôle) :

- Longueur racine : varie de 1,3 à 2,0 cm
- ✓ Développement racinaire modéré
- ✓ Variabilité importante entre échantillons
- Longueur tige : entre 6,0 et 8,8 cm
- ✓ Croissance verticale limitée
- ✓ Hétérogénéité du développement
- Partie aérienne : 1,0 à 1,3 cm
- ✓ Faible expansion foliaire
- Poids : diminution après traitement (0,0087→0,0023 g)
- ✓ Perte de masse significative
- Longueur racine : 1,3 à 1,9 cm
- ✓ Légère amélioration par rapport au témoin
- ✓ Meilleure exploration du sol
- Longueur tige : 6,8 à 8,8 cm
- ✓ Croissance similaire au témoin
- ✓ Stabilité du développement
- Partie aérienne : 1,5 à 1,7 cm
- ✓ Amélioration notable (+30% vs témoin)
- ✓ Expansion foliaire favorisée
- Poids :
- ✓ Maintien relatif de la masse
- ✓ Meilleure rétention d'eau

- ✓ Stress réduit

Traitement Biochar Activé :

- Longueur racine : 1,5 à 2,0 cm
- ✓ Développement racinaire optimal
- ✓ Exploration maximale du substrat
- Longueur tige : 9,3 à 9,7 cm
- ✓ Croissance exceptionnelle (+25% par apport témoin)
- ✓ Vigueur végétative maximale
- Partie aérienne : 2,1 à 3,0 cm
- ✓ Performance remarquable (+150% vs témoin)
- ✓ Développement foliaire exceptionnel
- Poids initial : 0,042 à 0,067 g
- ✓ Biomasse initiale 3-5x supérieure
- ✓ Vitalité des plants exceptionnelle

Tableau 24 : les résultats de la mesure de (*Solanum tuberosum*) :

Sol		
Nb Tiges	Longeur(cm)	Nb feuille
1	17	16
2	14	5
3	12	7
4	13	4

Biochar		
Nb Tiges	Longeur(cm)	Nb feuille
1	16	18
2	18	10
3	5	14
4	16	9
5	12	13

Biochar Active		
Nb Tiges	Longeur(cm)	Nb feuille
1	22	28
2	20	15
3	8	8
4	15	8
5	20.5	5

Sol Témoin :

- Longueurs : 12 à 17 cm
- ✓ Développement modéré
- ✓ Variabilité standard
- Nombre de feuilles : 4 à 16 feuilles
- ✓ Production foliaire irrégulière
- ✓ Moyenne de 8 feuilles par plant

Biochar Simple :

- Longueurs : 5 à 18 cm
- ✓ Grande variabilité
- ✓ Quelques plants performants
- Nombre de feuilles : 9 à 18 feuilles
- ✓ Amélioration significative (+60% vs témoin)
- ✓ Production foliaire plus dense

Biochar Activé :

- Longueurs : 8 à 22 cm
- ✓ Longueur maximale atteinte (22 cm)
- ✓ Performance supérieure constante
- Nombre de feuilles : 5 à 28 feuilles
- ✓ Record de production (28 feuilles)
- ✓ Densité foliaire exceptionnelle

18. Partie microbiologique :

Tableau 25 : les résultats de mesure la densité optique du la purine végétale

Série des délutions	SM	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
DO	1	0,771	0,331	0,128	0,03	0,009

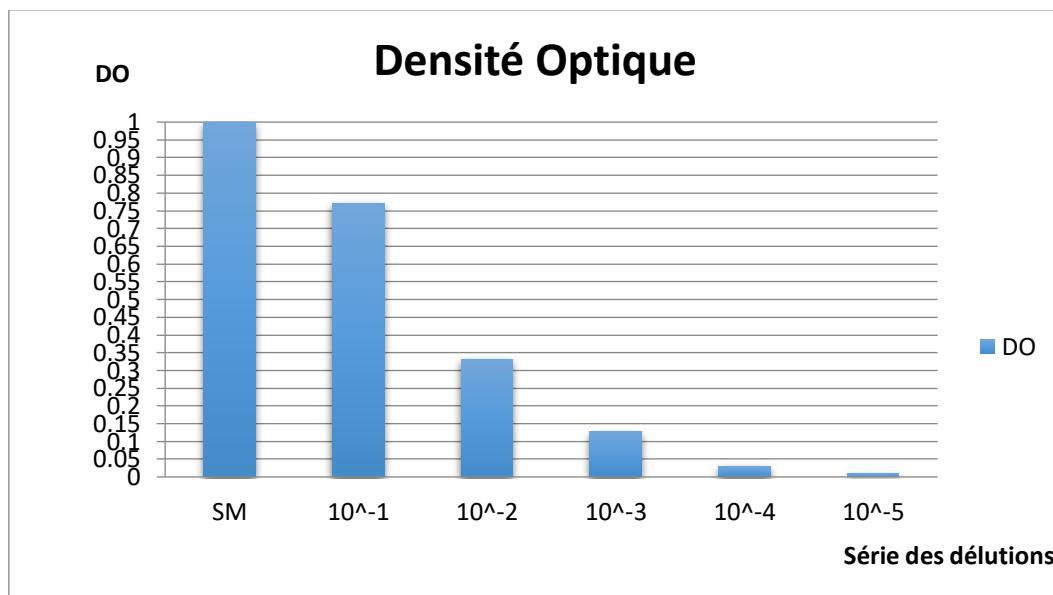


Figure 15 : Densité Optique

Business Model Canvas		GREENCHAR	Date / _____	21/06/2025
Partenaires clés	Activités Clés	Propositions de valeur	Relation Client	Clients
Fournisseurs de biomasse : Scieries, agriculteurs locaux, entreprises de gestion des déchets verts. Distributeurs : Jardineries bio, coopératives agricoles, plateformes e-commerce spécialisées. Associations écologiques et perm culturelles : Pour la promotion, l'éducation et la distribution. Instituts de recherche / Universités : Pour la validation scientifique de l'efficacité du produit et le développement. Producteurs locaux : Pour des synergies, l'échange de bonnes pratiques ou la promotion croisée. Transporteurs/ Entreprises logistique.	Approvisionnement en biomasse : Sourcing durable de matières premières pour le biochar (déchets de bois, résidus agricoles). Production de biochar : Opération et maintenance de l'unité de pyrolyse. Récolte et préparation des purins : Collecte des fermentations contrôlée des purins. Activation du biochar : Imprégnation du biochar avec les purins végétaux. Contrôle qualité : Assurer la qualité du biochar et des purines. Conditionnement et emballage : Mise en sacs ou autres contenants adaptés. Marketing et Vente : Promotion du produit, gestion des commandes, service client. Recherche et Développement : Optimisation des processus, expérimentation de nouveaux purins végétaux, amélioration de la formulation. Gestion logistique : Stockage, expédition et livraison des produits.	Amélioration synergique de la fertilité du sol : Le biochar offre une structure durable, la rétention d'eau et de nutriments, tandis que la purine apporte des éléments nutritifs essentiels (Azote, Potassium, Oligo-éléments) et stimule la vie microbienne. Croissance et Vigueur des plantes : Favorise un développement racinaire sain, une meilleure résistance aux maladies et aux stress hydriques. Solution 100% naturelle et biologique : Alternative saine aux engrains chimiques, sans résidus toxiques. Écologique et Durable : Séquestration du carbone (biochar), valorisation de déchets végétaux (biomasse pour biochar), utilisation de ressources locales et renouvelables. Réduit l'empreinte carbone du jardinage/agriculture. Économique à long terme : Réduit le besoin	Support client personnalisé : Conseils d'utilisation, accompagnement pour des problématiques spécifiques via email/téléphone. Communauté et Partage : Création d'une communauté en ligne (réseaux sociaux, forum) pour l'échange de bonnes pratiques. Contenu éducatif régulier : Newsletter, articles de blog sur la fertilité des sols, le jardinage écologique, l'utilisation du biochar et des purins. Ateliers et formations : Organisation de sessions pratiques sur la fabrication et l'utilisation du biochar et des purins. Programme de fidélité : Réductions pour les achats répétés ou les commandes en gros.	Jardiniers amateurs (particuliers soucieux de l'environnement, adeptes du jardinage biologique, permaculture). Petits agriculteurs et maraîchers bio (cherchant des amendements naturels et durables pour améliorer leurs rendements et la santé de leurs sols). Communautés de jardinage / Jardins partages (recherchant des solutions écologiques pour leurs espaces collectifs). Pépiniéristes et horticulteurs (orientés vers le bio et le respect de l'environnement, cherchant à réduire l'usage d'engrais chimiques). Entreprises
	Ressources clés	d'engrais et d'arrosoirs fréquents, améliore la résilience des cultures. Investissement durable dans la santé du sol. Produit "actif" et "prêt à l'emploi" : Le biochar est déjà imprégné et chargé des bienfaits de la purine, optimisant son efficacité dès l'application.	Canaux Vente en ligne : Site e-commerce propre, marketplaces spécialisées (jardinage bio, produits agricoles naturels). Magasins spécialisés : Jardineries bio, coopératives agricoles, magasins de produits écologiques. Vente directe : Marchés de producteurs locaux, foires bio, salons du jardinage. Partenariats : Collaboration avec des associations de permaculture, des écoles de jardinage, des paysagistes. Contenu éducatif : Blogs, tutoriels vidéo, ateliers de démonstration pour éduquer les clients sur les avantages et l'utilisation.	d'aménagement paysager (pour la revitalisation des sols et la plantation durable).
Coûts	Coûts de production : Achat de biomasse, Énergie pour la pyrolyse, Coût de la récolte et préparation des purins (main-d'œuvre, équipement), Maintenance des équipements, Amortissement des installations. Coûts des matières premières : Biomasse, Matériaux d'emballage. Coûts de personnel : Salaires (production, vente, administration, R&D). Coûts de marketing et vente : Publicité, participation à des salons, développement web. Coûts de distribution et logistique : Stockage, transport, frais d'expédition. Coûts administratifs : Loyers, assurances, frais généraux. Coûts de R&D : Expérimentation, tests.	Revenus Vente directe du produit : En différents formats (sacs de 15 litres/kg) adaptés aux particuliers et aux professionnels. Vente en gros : Pour les fermes, collectivités, distributeurs. Ateliers et formations payants : Sur la fabrication du biochar, l'utilisation des purins, et les techniques de jardinage durable. (Potentiellement) Services de conseil : Diagnostic de sol et recommandations d'amendements pour les professionnels.		

Conclusion

CONCLUSION

Cette recherche, axée sur le développement d'une start-up spécialisée dans la production d'un biochar écologique activé par des purines végétales fermentées, s'inscrit dans une démarche d'innovation agroécologique valorisant les ressources végétales locales. L'étude menée démontre la faisabilité scientifique, technique et commerciale d'un projet entrepreneurial novateur dans le secteur des amendements organiques durables.

Les analyses de laboratoire conduites confirment l'efficacité agronomique de notre formulation GREENCHAR enrichie par les extraits fermentés d'ortie, de tanaisie et de pissenlit. Les paramètres physico-chimiques évalués (conductivité électrique, pH, dosage d'azote, mesure humidité, mesure de calcaire totale, tests de croissance végétale et la densité optique) attestent de la qualité du produit développé et de sa supériorité par rapport aux biochars conventionnels. Ces résultats scientifiques valident notre hypothèse selon laquelle l'activation naturelle par purines végétales améliore significativement les propriétés fertilisantes du biochar.

L'étude de marché menée auprès des acteurs agricoles révèle une réception favorable du concept produit. L'identification de segments clients diversifiés (agriculteurs, pépiniéristes, jardiniers, coopératives agricoles) confirme l'existence d'une demande croissante pour des alternatives écologiques aux amendements chimiques. L'analyse concurrentielle démontre un positionnement favorable sur un marché en pleine expansion, porté par les enjeux de transition agroécologique.

Le business plan élaboré confirme la rentabilité du projet, notamment grâce à l'optimisation du processus de production et au positionnement tarifaire compétitif face aux intrants conventionnels. Les projections financières établies démontrent la viabilité économique à court et moyen terme.

Cette initiative entrepreneuriale contribue significativement au développement de l'économie circulaire locale en valorisant les déchets organiques et les ressources végétales du territoire. En proposant une alternative naturelle aux fertilisants chimiques, le projet GREENCHAR s'inscrit dans une logique de réduction de la pollution agricole et de régénération des sols. Cette approche répond aux préoccupations environnementales croissantes des agriculteurs et aux exigences de durabilité des pratiques culturelles modernes.

Conclusion

L'ambition stratégique dépasse la production de ce biochar unique pour envisager une diversification progressive vers d'autres formulations d'amendements organiques. L'exploitation des propriétés bénéfiques d'autres plantes médicinales et l'optimisation des processus de fermentation constituent des axes de développement prometteurs, permettant d'enrichir la gamme produite et de consolider la position concurrentielle sur le marché des intrants biologiques.

Certaines contraintes doivent être anticipées, notamment la régularité d'approvisionnement en biomasse végétale et l'adaptation aux variations saisonnières de production. La montée en échelle du processus de fabrication et la standardisation qualité constituent également des défis à relever lors de la phase d'industrialisation. Par ailleurs, la validation terrain à plus grande échelle reste nécessaire pour confirmer les performances du produit dans diverses conditions pédoclimatiques.

Recommandations stratégiques

Pour optimiser le succès de cette démarche entrepreneuriale, plusieurs recommandations émergent :

1. Conservation et durabilité : Mettre en place des pratiques d'approvisionnement durable incluant la rotation des zones de collecte, l'utilisation de techniques de cueillette respectueuses et une gestion optimisée des ressources végétales pour garantir la pérennité de la production sans impact sur les écosystèmes locaux.
2. Éthique d'approvisionnement : Développer des partenariats avec les communautés rurales et les agriculteurs locaux pratiquant la collecte traditionnelle responsable, préservant ainsi les savoirs ancestraux sur les plantes médicinales tout en assurant une traçabilité optimale des matières premières.
3. Sensibilisation écologique : Intégrer une dimension éducative sur l'importance de la régénération des sols et le rôle du biochar dans l'agriculture durable, renforçant ainsi l'acceptabilité du produit auprès des utilisateurs finaux et contribuant à la sensibilisation aux pratiques agroécologiques.
4. Partenariats agricoles : Établir des collaborations structurées avec les exploitants agricoles pour sécuriser les débouchés commerciaux et contribuer au développement des compétences techniques en agriculture biologique et durable au niveau régional.

Résultats synthétiques obtenus :

- ✓ Validation scientifique de l'efficacité agronomique du biochar activé

Conclusion

- ✓ Identification d'un marché porteur avec une demande croissante d'amendements naturels
- ✓ Confirmation de la viabilité économique avec un modèle de production optimisé et rentable
- ✓ Définition d'une stratégie commerciale ciblée sur des segments clients identifiés

En définitive, cette recherche démontre qu'il est possible de transformer une innovation agroécologique en projet entrepreneurial viable, créateur de valeur économique, sociale et environnementale. Le projet GREENCHAR illustre le potentiel de valorisation des ressources végétales locales comme levier de développement d'une agriculture plus durable et respectueuse des écosystèmes.

L'enjeu consiste désormais à concrétiser cette étude de faisabilité en réalité industrielle, contribuant ainsi à l'émergence d'un écosystème d'innovation en agroécologie et au renforcement de la souveraineté alimentaire par la promotion de pratiques agricoles régénératrices et l'utilisation optimale du patrimoine végétal territorial.

*Références
bibliographies*

Références bibliographiques

- Angın, D., & Şensöz, S. (2014). Pyrolysis of safflower seed press cake: Part 1. The effects of pyrolysis parameters on the product yields. *Bioresource Technology*, 169, 733-739.
- ANRH (2022). État des ressources hydriques en région Est. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
- Bagnouls, F. & Gaußen, H. (1953). Saison sèche et indice xéothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, 193-239.
- Beesley, L., Moreno-Jiménez, E., & Gomez-Eyles, J. L. (2011). Effects of biochar on the bioavailability and toxicity of contaminants in soil. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2781-2789.
- Boukli Hacène, A. (2000). Climat et ressources en eau en Algérie. Office des Publications Universitaires, Alger.
- Bourbala, B. (2019). Étude géologique de la région d'El Milia. Jijel-Archeo.
- Bridgwater, A. V. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68-94.
- Bridgwater, A. V., Meier, D., & Radlein, D. (1999). An overview of fast pyrolysis of
- Cantrell, K. B., Hunt, P. G., Uchimiya, M., Novak, J. M., & Ro, K. S. (2012). Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource Technology*, 107, 419-428.
- Cha, J. S., Park, S. H., Jung, S. C., Ryu, C., Jeon, J. K., Shin, M. C., & Park, Y. K. (2016). Production and utilization of biochar: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 40, 1-15.
- Cheng, C. H., Lehmann, J., Thies, J. E., Burton, S. D., & Engelhard, M. H. (2006). Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry*, 37(11), 1477-1488.
- Climate-Data.org (2024). Climat de Jijel et El Milia. <https://fr.climate-data.org>
- Climatsetvoyages.com (2024). Données climatiques Algérie.

Références bibliographies

- Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). Physical properties of biochar. In Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.) Biochar for Environmental Management: Science and Technology (pp. 13-32). Earthscan.
- Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). Physical properties of biochar. Biochar for environmental management: Science and technology, 13, 33-46.
- Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). Physical properties of biochar. Biochar for Environmental Management: Science and Technology, 13, 33-46.
- DTJ (2023). Rapport technique sur les digues côtières de Jijel. Direction des Travaux de Jijel.
- Factura, H. (2010). Biochar systems for smallholders in developing countries: Leveraging current knowledge and exploring future research needs. *Environmental Science & Policy*, 14(2), 149-163.
- Faculté des sciences, UMC (2023). Études hydrogéologiques régionales – Université Mentouri Constantine. [fac.umc.edu.dz]
- Gaunt, J. L., & Lehmann, J. (2008). Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. *Environmental Science & Technology*, 42(11), 4152-4158.
- Gaunt, J. L., & Lehmann, J. (2008). Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. *Environmental Science & Technology*, 42(11), 4152-4158.
- Glaser, B. (2007). Prehistorically modified soils of central Amazonia: A model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1478), 187-196.
- Kaddouri, H. (2022). Analyse géomorphologique de la Petite Kabylie.
- Keiluweit, M., Nico, P. S., Johnson, M. G., & Kleber, M. (2010). Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). *Environmental Science & Technology*, 44(4), 1247-1253.
- Kim, J. M., Jung, M. Y., Kim, S. J., Park, J. G., Rijpstra, W. I. C., Sinnighe Damsté, J. S., ... & Rhee, S. K. (2007). Influence of soil

- components on the community structure of ammonia-oxidizing archaea. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(21), 6902-6909.
- Kim, J. M., Jung, M. Y., Kim, S. J., Park, J. G., Rijpstra, W. I. C., Sinninghe Damsté, J. S., ... & Rhee, S. K. (2007). Influence of soil components on the community structure of ammonia-oxidizing archaea. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(21), 6902-6909.
 - Lathouwers, D., & Bellan, J. (2001). Modeling of the pyrolysis of biomass particles: Model formulation and results. *Combustion and Flame*, 124(4), 526-540.
 - Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. *Nature*, 447(7141), 143-144.
 - Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: Science, technology and implementation. Routledge.
 - Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: Science, technology and implementation. Routledge.
 - Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: an introduction. In *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (pp. 1-12). Earthscan.
 - Lehmann, J., da Silva Jr, J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., & Glaser, B. (2011). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249, 343-357.
 - Lehmann, J., da Silva Jr, J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., & Glaser, B. (2011). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249, 343-357.
 - Leinweber, P., & Schulten, H. R. (1999). Advances in analytical pyrolysis of soil organic matter. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 49(1-2), 359-383.
 - Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., ... & Neves, E. G. (2006). Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70(5), 1719-1730.

Références bibliographies

- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., ... & Neves, E. G. (2006). Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70(5), 1719-1730.
- Liang, C., Jesus, E. D. C., Duncan, D. S., Jackson, R. D., Tiedje, J. M., & Balser, T. C. (2010). Soil microbial communities under model biofuel cropping systems in southern Wisconsin, USA: Impact of crop species and soil properties. *Applied Soil Ecology*, 46(1), 1-10.
- Lima, H. N., Silva, I. C. B., Schaefer, C. E. G. R., Mello, J. W. V., Gilkes, R. J., & Ker, J. C. (2002). Pedogenesis and pre-Columbian land use of "Terra Preta Anthrosols" (Amazonian Dark Earths) of Western Amazonia. *Geoderma*, 110(1-2), 1-17.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., & Lehmann, J. (2009). Nutrient leaching in a Colombian savanna Oxisol amended with biochar. *Journal of Environmental Quality*, 38(2), 674-682.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., & Lehmann, J. (2009). Nutrient leaching in a Colombian savanna Oxisol amended with biochar. *Journal of Environmental Quality*, 38(2), 674-682.
- Mukherjee, A., & Zimmerman, A. R. (2013). Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. *Geoderma*, 193-194, 122-130.
- Office National des Forêts (2021). Inventaire forestier national.
- Pudasaini, R., Aldrich, G., & Tang, J. (2012). Stability of biochar in soil: Effect of feedstock and pyrolysis temperature. *Soil Science Society of America Journal*, 76(2), 453-462.
- Rillig, M. C., & Mumme, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171(1), 41-53.
- Schmidt, H.-P., Pandit, B. H., Martinsen, V., Cornelissen, G., Conte, P., & Kammann, C. (2012). Fourfold win: Biochar soilless substrate enhances yield, quality, and nutrient use efficiency and reduces nutrient leaching. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 35-43.

Références bibliographies

- Sharyпов, В. И., Marin, Н., Beregovtsova, Н. Г., Baryshnikov, С. В., Kuznetsov, Б. Н., Cebolla, В. Л., & Weber, J. V. (2008). Co-pyrolysis of wood biomass and synthetic polymers mixtures. *Fuel*, 87(7), 1090-1105.
- Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*, 105, 47-82.
- Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., Macêdo, J. L. V., Blum, W. E. H., & Zech, W. (2008). Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*, 291, 275-290.
- Tripathi, M., Sahu, J. N., & Ganesan, P. (2016). Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 467-481.
- Wikipedia (2024). Climat et géographie d'El Milia.
- Yaman, S. (2004). Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. *Energy Conversion and Management*, 45(5), 651-671.
- Yao, F. X., Camps-Arbestain, M., Virgel, M., Blanco, F., Arostegui, J., Maciá-Agulló, J. A., & Macías, F. (2012). Simulated geochemical weathering of a mineral ash-rich biochar in a modified Soxhlet reactor. *Chemosphere*, 87(2), 151-159.
- Yuan, J. H., Xu, R. K., & Zhang, H. (2011). The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresource Technology*, 102(3), 3488-3497.

Evaluation de l'effet de biochar

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Protection des Ecosystème

Ce mémoire présente l'étude de faisabilité et le plan de développement d'une start-up innovante dans le secteur des amendements organiques durables. Le projet consiste en la création d'une entreprise spécialisée dans la production et la commercialisation d'un biochar écologique enrichi par activation naturelle, utilisant des purines végétales fermentées issues de plantes médicinales locales.

Problématique et objectifs Face aux enjeux environnementaux liés à l'agriculture intensive et à la nécessité de valoriser les déchets organiques, cette recherche vise à développer une alternative écologique aux amendements chimiques conventionnels. Le produit GREENCHAR développé ambitionne d'améliorer durablement la fertilité des sols, d'optimiser la rétention hydrique et de stimuler l'activité microbienne des écosystèmes agricoles.

Méthodologie L'approche méthodologique s'articule autour de trois axes complémentaires :

- ✓ Une recherche expérimentale incluant des analyses physico-chimiques en laboratoire (conductivité électrique, pH, dosage d'azote, mesure humidité, mesure de calcaire totale, tests de croissance végétale et la densité optique)
- ✓ Une étude de marché approfondie identifiant les segments cibles (exploitants agricoles, pépiniéristes, jardineries, coopératives) et l'analyse concurrentielle
- ✓ L'élaboration d'un business plan intégrant les aspects juridiques, techniques, financiers et commerciaux

Résultats et retombées Les résultats expérimentaux valident l'efficacité du biochar activé sur les paramètres agronomiques étudiés. L'étude économique confirme la viabilité commerciale du projet avec des projections financières favorables. Cette recherche contribue au développement de l'économie circulaire locale et propose un modèle entrepreneurial reproductible dans le secteur de l'agroécologie.

Mots-clefs : biochar, amendement organique, plantes médicinales, entrepreneuriat durable, Agroécologie, économie circulaire

Laboratoires de recherche : Laboratoire de valorisation des ressources phylogénétiques (Univ. Constantine1-Frères Mentouri).

Président : BAZRI Kamel -eddine /Pr./ Univ. Constantine1-Frères Mentouri

Encadrant : HADJOUDJA Nawel/M.C. B/ Univ. Constantine1-Frères Mentouri

Co-Encadrante : ZEGHBID Nassim lotfi/M.C. A/ Univ. Constantine1-Frères Mentouri

Examinateur : GANA Mohamed /M.C. A/ Univ. Constantine1-Frères Mentouri