UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Evaluation de l’effet résiduel des composts à base de déchets urbains sur le rendement de l’amarante

Kanyange, Alphonsine

2023-04
UB, Faculté des Sciences
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/446

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

MASTERE EN SCIENCES ET GESTION INTEGREE

DE L'ENVIRONNEMENT

EVALUATION DE L'EFFET RESIDUEL DES COMPOSTS A BASE DE DECHETS URBAINS SUR LE RENDEMENT DE L'AMARANTE

Par

KANYANGE Alphonsine

Mémoire présenté et défendu en vue de l'Obtention du Diplôme de Mastère en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement

OPTION: Génie de l'Environnement (GE)

Sous la direction de : **Prof. Salvator KABONEKA (PhD)**

M.Sc. Daniel RUCAKUMUGUFI (Doctorant)

BUJUMBURA, Avril 2023

MEMBRES DU JURY

Président : Dr. Ir Richard HABONAYO

Secrétaire : Prof. Séverin NIJIMBERE

Directeur : Prof. Salvator KABONEKA (PhD)

Co6directeur : MSc. Daniel RUCAKUMUGUFI (Doctorant)

Membre : Prof. Chantal KWIZERA

DEDICACE

A

- Mon père Aster BARANGABANA ;
- Ma mère Sylvie NDAYIZEYE ;
- Mes Frères et Sœurs ;
- Mon époux Siméon HABONIMANA ;
- et notre fils ainé Ilyan Précieux Gloire HABONIMANA ;

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Le signe de satisfaction et de reconnaissance qui fait suite à un acte bienfaisant est le plus souvent une manifestation ouverte envers l'auteur ou les auteurs de cet acte. C'est dans cette optique que nous manifestons toute notre gratitude à tous ceux qui ont permis à ce mémoire de prendre corps. Nos remerciements s'adressent particulièrement à notre Directeur de mémoire Prof. Salvator KABONEKA (PhD) et à notre Co-directeur MSc. Daniel RUCAKUMUGUFI, (Doctorant), qui en dépit de leurs charges diverses, ont accepté de nous assister et de nous donner tous les conseils nécessaires pour assurer la bonne qualité du document. Leur entière disponibilité, leur rigueur scientifique, leur souci permanent d'aider et de faire comprendre ont permis l'aboutissement de ce travail et resteront pour nous un agréable souvenir.

Nous disons merci à tous les professeurs qui interviennent dans le programme de Mastère en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement (MSGIE), pour la formation solide à caractère multidisciplinaire dont ils nous ont fait bénéficiés.

Nous adressons un remerciement très spécial à la famille Dr François NDARUGIRIRE pour son soutien tant moral que matériel durant nos études de Master.

Nos vifs remerciements sont également adressés à MSc. Soter NDIHOKUBWAYO (Doctorant) qui s'est sacrifié à notre égard . Sa détermination et sa disponibilité, malgré ses multiples obligations nous ont été d'une importance incomparable dans la réalisation effective du présent travail. Que Dieu lui bénisse

Nous présentons nos sentiments de remerciements à nos camarades de classe qui ont agrémenté notre parcours de formation et spécialement ceux qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce travail. Nous nous gardons de les citer de peur d'en oublier quelques-uns.

« Last but not least », nous remercions notre cher époux et notre fils ainé qui, malgré notre absence, n'ont pas relâché à nous encourager durant nos études. C'est le même sentiment à l'endroit de nos parents, frères et sœurs, tantes et oncles.

RESUME

Le problème de la gestion des déchets solides s'observe en ville de Bujumbura suite au rythme de l'évolution démographique galopante et l'urbanisation croissante qui sont à l'origine de l'augmentation de ces déchets. L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'effet résiduel du compost produit à base des déchets sur le rendement de la culture-test d'amarante et la variation du pH et CE du sol amendé par ledit compost. Elle a été menée au campus Mutanga de l'Université du Burundi en culture sous serre effectuée pendant 3 mois avec 3 essais successifs en utilisant le compost obtenu par compostage des déchets urbains collectés dans la ville de Bujumbura.

Les essais ont été menés avec un dispositif expérimental en randomisation totale avec 17 traitements et 3 répétitions. Les paramètres mesurés étaient la biomasse totale, aérienne et racinaire, le rapport R/S(Root to shoot), le pH et la CE (conductivité électrique) .

Les résultats obtenus ont montré que les moyennes des biomasses totales ont évolué de 1,65 (essai 1), 2,06 (essai 2) à 2,13 g/pot (essai 3). Celles des biomasses racinaires ont évolué de 0,25 (essai 1), 0,34 (essai 2) à 0,39 g/pot (essai 3). L'évolution des biomasses aériennes moyennes a aussi évolué de 1,44 (essai 1) mais a été stabilisée à 1,72-1,73 pour les essais 2 et 3. Une analyse similaire a révélé que les rapports R/S ont augmenté de l'essai 1 (0,18), essai 2 (0,22) à l'essai 3 (0,26). S'agissant du pH et de la CE, tous les traitements sont caractérisés par des valeurs de pH situées entre pH=7,5 à 8,2 (alcalinisation) à l'exception des traitements témoin qui ont eu pH= 5,72 (essai 2) et pH=6,58(essai 3). Pratiquement, les valeurs de la CE associées aux traitements testés ont varié de la valeur la plus faible enregistrée avec le traitement témoin (0,18 dS/m) à la valeur la plus élevée obtenue avec le traitement C4D100 (4,33 dS/m), indicatrice de salinité.

En tout état de cause, il ressort de cette étude que les meilleurs traitements à recommander sont ceux qui ont une dose de 25%. Ceci dénote d'un effet favorable des composts à faible dose d'application et un effet réducteur de production de biomasse totale des doses d'application les plus élevées. Notre étude a démontré que la valorisation par compostage des déchets solides ménagers fermentescibles générés en ville de Bujumbura est une composante écologiquement durable dans un système de gestion intégrée des déchets et contribue à l'assainissement de l'environnement urbain, à la réduction des risques pour la santé et à la fertilisation du sol.

Mots clés : Effet résiduel, compost, déchets urbains, agriculture organique, rendement, amaranthe.

ABSTRACT

The problem of solid waste management is observed in the city of Bujumbura following the pace of galloping demographic evolution and growing urbanization which are at the origin of the increase in this waste. A study aimed at evaluating the residual effect of the compost produced from the waste on the yield of the test culture of amaranth and the variation of certain physico-chemical parameters (pH and EC) of the soil amended by said compost was conducted at the Mutanga campus of the University of Burundi. It was a study in greenhouse culture carried out for 3 months with 3 successive tests using the compost obtained by composting urban waste collected in the city of Bujumbura.

The trials were conducted with an experimental device in total randomization with 17 treatments and 3 repetitions. The parameters measured were the total, aerial and root biomass, the R/S ratio (Root to shoot), the pH and the EC (electrical conductivity).

The results obtained showed that the average total biomasses evolved from 1.65 (test 1), 2.06 (test 2) to 2.13 g/jar (test 3). Those of the root biomasses evolved from 0.25 (test 1), 0.34 (test 2) to 0.39 g/pot (test 3). The evolution of the average aerial biomasses also changed from 1.44 (trial 1) but was stabilized at 1.72-1.73 for trials 2 and 3. A similar analysis revealed that the R/S ratios increased from trial 1 (0.18), trial 2 (0.22) to trial 3 (0.26). With regard to pH and EC, all the treatments are characterized by pH values between pH=7.5 to 8.2 (alkalinization) with the exception of the control treatments which had pH= 5.72 (test 2) and pH=6.58 (test 3). In practice, the EC values associated with the treatments tested varied from the lowest value recorded with the control treatment (0.18 dS/m) to the highest value obtained with the C4D100 treatment (4.33 dS/m), indicator of salinity.

In any case, it appears from this study that the best treatments to recommend are those with a dose of 25%. This indicates a favorable effect of composts at low application rates and a reducing effect on total biomass production at the highest application rates. Our study has shown that the recovery by composting of fermentable household solid waste generated in the city of Bujumbura is an ecologically sustainable component in an integrated waste management system and contributes to the sanitation of the urban environment, to the reduction of risks for soil health and fertilization.

Keywords: Residual effect, compost, urban waste, organic agriculture, yield, amaranth.

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**

DEDICACE ..... **ii**

REMERCIEMENTS ..... **iii**

RESUME ..... **iv**

TABLE DES MATIERES ..... **vi**

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS ..... **x**

AVANT-PROPOS ..... **xii**

0 .INTRODUCTION GENERALE **1**

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE **5**

I.1. Généralités sur le compost 5

I.1.1. Définition du concept déchet 5

I.1.2. Catégories des déchets 5

I.1.3. Etat des lieux sur la gestion des déchets dans la ville de Bujumbura 6

I.1.4. Impacts des déchets sur la santé et l'environnement dans la ville de Bujumbura 8

I.1.5. Le compost 9

I.2.Généralités 15

I.2.1.Généralités sur l'allélopathie 15

I.2.2. Généralités sur la Culture d'amarante 19

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES **22**

II.1. Présentation du milieu 22

II.1.1. Situation géographique 22

II.1.2. Démographie 22

II.2. Méthodologie 22

II.2.1. Matériel d'étude 22

II.2.2. Matériel végétal 23

II.2.3. Compost utilisé 23

II.2.4. Eléments Traces Métalliques (ETM) comme critère d'innocuité du compost 24

II.2.5. Etude menée sous serre 24

II.2.6. Dispositif expérimental 25

II.2.7. Comptage, Echantillonnage (pH et CE) et détermination de la biomasse foliaire et racinaire 27

II.2.8. Traitement des données 28

CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 29

III .1. Présentation des résultats 29

III.1.1. Effet résiduel du compost sur la croissance de l'amarante. 29

III.1.2. Effet résiduel du compost sur le rendement de l'amarante et sur les paramètres physico-chimiques (pH et CE) du sol 30

III.3. Discussion des résultats 38

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 42

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 44

WEBOGRAPHIE 50

ANNEXES 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Composition nutritionnelle des feuilles et graines d'amarante (pour 100 g de Matière Sèche) 20
Tableau 2: Résultats de l'ANOVA sur les paramètres de rendement de l'amarante pour le premier essai 30
Tableau 3: Résultats de l'ANOVA sur les paramètres de rendement de l'amarante pour le deuxième essai 32
Tableau 4: Résultats de l'ANOVA sur les paramètres de rendement de l'amarante pour le troisième essai 33
Tableau 5: Résultats de l'ANOVA sur l'effet résiduel du compost sur le pH et CE/ Essai 2 35
Tableau 6: Résultats de l'ANOVA sur l'ffet résiduel du compost sur le pH et CE/ Essai 3 .. 37
Tableau 7: Ordre de classement des traitements testés par rapport à leurs effets résiduels sur les paramètres biomasse totale 40
Tableau 8: Ordre de classement des traitements testés par rapport à leurs effets résiduels sur les paramètres physico-chimiques 41

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Illustration du Système de gestion des OM dans la ville de Bujumbura 7
Figure 2: Photos illustrant les déchets au bord du lac Tanganyika et la décharge publique de la ville de Bujumbura 8
Figure 3: Schéma synthétique du déroulement du compostage 11
Figure 4: Photos illustrant la pépinière et la culture sous serre d'amarante 23
Figure 5: Dispositif expérimental des essais 27
Figure 6 : Evaluation du taux de levée des plants d'amarante au cours de 3 Essais 29

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

Al : Aluminium

As : Arsenic

BA : Biomasse Aérienne

BR : Biomasse Racinaire

BT : Biomasse Totale

C.E.C : Capacité d'Echange Cationique

C/N : Rapport Carbone/Azote

Ca : Calcium

Cadmium : Cd

CE : Conductivité Electrique

CEFREPADE : Centre Francophone de Recherche Partenariale sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement

CIDU : Composts Issus des Déchets Urbains

Cuivre : Cu

DMS : Déchets Solides Ménagers

EC: Equivalent Céréales

FAO: Food Agriculture Organization of the United Nations

GES : Gaz à Effet de Serre

H : Hydrogène

IFDC : International Fertiliser Development Center

ISABU : Institut des Sciences Agronomiques du Burundi

K: Potassium

LSD: Least Significant Difference

MEEATU : Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du territoire et de l'Urbanisme

Hg : Mercure

MINAGRIE : Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage

MS : Matière Sèche

MSGIE : Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement

O : Oxygène

P : Phosphore

Plomb : Pb

ppds : plus petite différence significative

R/S: Root to Shoot Ratio

SETEMU : Services Techniques Municipaux

Zinc : Zn

AVANT-PROPOS

Ce mémoire rentre dans l'obtention du diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement, option Génie de l'Environnement. Il évalue l'effet résiduel des composts à base de déchets urbains sur le rendement de l'amarante. L'idée du présent travail de recherche est venue du constat que la gestion des déchets ménagers demeure toujours problématique pour la ville de Bujumbura, la capitale économique du Burundi. Une grande partie de déchets ménagers solides est éliminée dans la nature et est susceptible de provoquer la contamination de l'environnement et d'avoir des impacts sur la santé de la population. Intéressant à savoir est que la production du compost par le processus de compostage de ces déchets présente des avantages comme l'apport d'un amendement organique sans impact négatif sur l'environnement ainsi que la réduction des nuisances des déchets sur l'environnement. C'est ainsi que cette étude vient contribuer à la sécurité alimentaire et à l'assainissement de la ville de Bujumbura en production maraîchère par l'agriculture organique et par l'utilisation du compost issu des déchets urbains.

0 .INTRODUCTION GENERALE

Au Burundi comme dans la plupart d'autres pays africains, l'urbanisation est souvent associée, d'un côté à un accroissement des besoins alimentaires dont la satisfaction devrait passer par l'intensification des activités agricoles et, de l'autre côté à l'augmentation des déchets dont la gestion n'a plus fait objet de planification (Tshala & *al.,* 2017 *).*

En milieu urbain, les déchets s'amoncellent souvent dans des décharges non contrôlées, des dépotoirs sauvages aux bords des rues ou des rivières traversant la ville. Pourtant, ces déchets sont majoritairement constitués de matière organique (70-80 % MS) et leur utilisation comme amendement après compostage permettrait de combler le défi en matière organique des sols agricoles, de réduire leur dégradation voire d'améliorer leurs propriétés agronomiques (Paglai &Vignozzi,2004).

Dans la ville de Bujumbura, on constate un défi majeur dans le domaine de la gestion des déchets solides ménagers (DSM) et jusqu'à présent, cette ville ne possède d'aucun espace aménagé pour accueillir les déchets et même les Services Techniques municipaux (SETEMU, 2005) auraient actuellement du mal à gérer la totalité de ces déchets. Bien plus, le seul dépotoir (sis à Mubone, zone urbaine de Buterere) à ciel ouvert dont disposait la ville de Bujumbura a été officiellement fermé pour cause de saturation bien que les camions de certaines sociétés chargées de la collecte des DSM dans la municipalité de Bujumbura continuent à y amener des déchets (Rucakumugufi & *al.*, 2022). Cela constitue une réelle menace sur la santé humaine et sur l'environnement, étant donné que ces derniers sont déposés dans la rue et tout près des maisons situées aux alentours de cette décharge.

Cette défaillance de gestion des DSM est souvent due à une forte croissance de la population, à un manque de moyens humains, techniques et financiers dans le domaine de la gestion de déchets. Malheureusement, avec la forte croissance démographique et l'urbanisation de la ville de Bujumbura, la production des déchets est devenue de plus en plus intense (Citeretse, 2008).

Pourtant, la pollution par ces déchets est celle qui est la plus perçue par les citoyens, car contrairement à la pollution de l'air, du sol ou des ressources en eau, la pollution par les déchets est la plus visible à l'œil nu (Müller,2007). A côté de ces différents types de pollution, il s'avère indispensable de mettre en évidence la pollution par les éléments traces métalliques qui est souvent signalée dans les littératures (Giasson,2005). Cela est expliqué par le fait que le problème des sols contaminés est aujourd'hui très préoccupant pour les pays émergents. Ainsi, les métaux lourds tels que le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le

Mercure (Hg) et autres, ne sont pas biodégradables et donc persistent dans l'environnement pendant de longues périodes (Nhari & *al*., 2014).

Les humains peuvent être exposés à ces métaux via l'environnement ou par la consommation d'aliments ou d'eau contaminés. Leur accumulation dans l'environnement peut se répercuter sur la santé des êtres humains et des animaux (Zerari, 2020). Cependant, les effets néfastes liés à la mauvaise gestion des ordures ménagères dans la ville de Bujumbura comme ailleurs sont mieux connus: risques de contamination à plus ou moins long terme de la nappe phréatique, empiètement important d'espaces naturels, dégradation de l'habitat et des paysages, émissions de gaz à effet de serre (GES), etc. au sens de Turbide (2011).

C'est pourquoi la question de la gestion des déchets devrait figurer parmi les préoccupations essentielles des responsables politiques, des administrateurs, des groupes de citoyens, des institutions internationales et des chercheurs. Cet état a été confirmé par d'autres auteurs qui ont souligné que « longtemps négligés, les déchets sont devenus une problématique primordiale des élus, des citoyens et des industriels qui les produisent ou les traitent (Bertolin & *al.*, 2005; Onivogui & *al*., 2013).

En effet, la biométhanisation, le compostage, l'incinération, l'enfouissement sont autant des moyens de gestion et de valorisation des déchets solides fermentescibles qui ont déjà fait preuve ailleurs (Bisimwa & *al.*, 2012). Signalons que l'enfouissement a des effets néfastes très connus dont on peut citer les pollutions graves des sols et de l'eau, des nuisances olfactives et/ou visuelles tels que le confirme Turbide (2011). .

En plus de ces modes de gestion de ce type de déchets ci-haut évoqués, des littératures proposent d'autres modes comme la mise en décharge, la pyrolyse et la gazéification (IFDC, 2011).

Etant donné qu'en milieu urbain, la pression sur les sols est devenue de plus en plus élevée suite à la croissance démographique, la conséquence en est que le problème d'espace cultivable se pose avec acuité et les petites portions de terres cultivées sont surexploitées avec pour conséquence la baisse du niveau de fertilité de ces sols. Pourtant, les quantités d'éléments nutritifs présents dans le sol au cours du cycle cultural déterminent la qualité de la nutrition minérale des plantes et en grande partie les rendements qualitatifs des cultures (Savadogo, 2011).

De ce fait, le traitement de ces déchets par compostage constituerait un gain notable aussi bien pour les autorités municipales que pour les agriculteurs. Celui-ci constitue une alternative de valorisation des déchets agricoles permettant de relever le niveau de fertilité des sols et de contribuer à la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations (Savadogo, 2011)

Le recyclage des déchets ménagers après compostage est considéré comme une des composantes du développement durable (Golueke, 1977).

Toutefois, la gestion rationnelle de la fertilité du sol sous toutes ses dimensions fait appel à la gestion de la matière organique, c'est le socle de l'agriculture organique, une importante composante de l'agriculture biologique, de l'agriculture écologique et de l'agriculture de conservation. Cette matière organique est aussi un facteur de bioremédiation et de décontamination du sol par formation de complexes métallo-organiques, avec les métaux lourds comme le Plomb (Pb), le Mercure (Hg), l'Arsenic (As) et autres (Kaboneka & *al.*, 2021). La matière organique présente d'autres rôles comme l'agglomération des particules fines en unités structurales, l'aération du sol, la stimulation de la vie microbienne par réactivation de leurs souches, la diminution de l'acidité du sol des sols sous cultures, la libération des éléments directement utilisables par la plante et la fourniture de la nourriture à la faune du sol (Ntukamazina, 2006).

Enfin de compte, la présente étude est basée sur une agriculture biologique soutenue par l'opposition d'agriculteurs et de scientifiques à la fertilité minérale et artificielle des plantes. C'est en 1946 qu'a été créé en Grande-Bretagne la 'Soil Association' qui est issue du mouvement pour une agriculture organique inspirée par les théories développées par Albert Howard dans son 'Testament Agricole'. Celui–ci opposa aux fertilisants minéraux et artificiels, le compost qui peut être utilisé comme amendement agricole (Ibrahim & *al*., 2002).

Ainsi, comme l'indique son appellation anglaise 'Organic Agriculture', l'agriculture organique est basée sur la fertilisation du sol par l'apport de matières organiques. En plus de leur rôle de réservoir d'éléments nutritifs, celles-ci ont un rôle majeur dans la fertilité physique des sols, de leur aération et de leur résistance à la dégradation et à l'érosion. Ainsi, les matières organiques sont dans beaucoup de sols pauvres à base de kaolonite, la principale composante du complexe absorbant, c'est à dire la source des charges retenant les cations (Kaboneka & *al*., 2021).

Dans l'optique de contribuer à l'aboutissement à une meilleure valorisation des déchets urbains et à la gestion rationnelle de l'environnement, une étude intitulée « **Evaluation de l'effet**

résiduel des composts à base de déchets urbains sur le rendement de l'amarante (*Amaranthus Cruentus*) **»** a été réalisée**.**

Ainsi, l**'objectif global** de cette étude était de contribuer à la sécurité alimentaire et à l'assainissement de la ville de Bujumbura en production maraîchère par l'agriculture organique et par l'utilisation du compost issu des déchets urbains.

Plus spécifiquement, il s'agissait de :

- Evaluer le rendement de l'amarante (*Amaranthus Cruentus*) à des doses croissantes du compost issu des déchets urbains
- Evaluer les variations de certains paramètres physico-chimiques (pH et CE) dudit compost.

Cette étude présente effectivement des intérêts à différents points de vue notamment :

- ❖ Du point de vue scientifique, elle va servir de banque de données aux investigateurs qui concentrent leurs recherches sur le compost des déchets ménagers.
- ❖ Du point de vue environnemental et socio-économique, les résultats pourront être consultés pour tout projet visant l'assainissement des villes, la valorisation des déchets organiques par la production de compost et la fertilisation des sols agricoles.
- ❖ Du point de vue pratique, l'intérêt de l'étude porte sur la pratique d'une agriculture organique à travers la fertilisation du sol par le compost à base des déchets urbains fermentescibles.

La présente étude visait la vérification des hypothèses suivantes :

- Est-ce que le compost produit par compostage aérobie des déchets ménagers solides générés dans la ville de Bujumbura a de l'effet résiduel sur le rendement de l'amarante?
- Est-ce que le dit compost a de l'effet résiduel sur le pH et la CE du sol?

Ce travail s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre traite de la synthèse bibliographique, le second caractérise le milieu et précise la méthodologie de l'étude et enfin le troisième chapitre expose les résultats et les discussions. Ce travail commence par une introduction générale et se termine par une conclusion et quelques recommandations.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralités sur le compost

Le compost dont nous parlons ici dans notre étude est celui qui est issu des déchets solides ménagers fermentescibles générés dans la ville de Bujumbura. Avant de parler de la notion du compost, il s'avère indispensable de passer en revue le concept des déchets en général ainsi que l'état des lieux sur les déchets dans la ville de Bujumbura pour pouvoir les valoriser et, de cette façon mieux gérer l'environnement.

I.1.1. Définition du concept déchet

Dans le langage courant, le terme déchet urbain ou mieux résidu solide urbain désigne une ordure ou tout autre résidu rejeté parce qu'il n'est plus valorisable ou réutilisable dans l'état (Rocher, 2008).

Le code de l'environnement de la République du Burundi qui est porté par la loi n° 1/04 du 19 février 2020 définit un déchet comme étant tout résidu résultant d'un processus d'extraction, d'exploitation, de transformation, de production, de consommation, d'utilisation, de contrôle ou de traitement dont la qualité ne permet pas de le réutiliser dans le cadre du procédé dont il est issu ou, plus généralement, tout bien meuble, abandonné ou que son détenteur destiné à l'abandon ».

I.1.2. Catégories des déchets

Selon Citeretse (2008), on distingue 4 catégories de déchets suivant leurs origines. Il s'agit des :

- Déchets ménagers : ce sont les déchets produits par l'activité quotidienne des ménages (les ordures ménagères collectées à domicile, encombrants collectés en déchèteries, les déchets de l'assainissement individuel, etc.) ;
- Déchets municipaux qui sont outre les déchets ménagers, ceux produits par les services municipaux (les déchets de nettoiement, de l'assainissement collectif, d'entretien des espaces verts) ;
- Déchets industriels : ce sont des déchets résultant d'une activité professionnelle et à travers cette appellation, on les regroupe en déchets industriels banals (non dangereux), déchets industriels toxiques et les déchets inertes (dépourvus d'évolution physique, chimique ou biologique).

- Déchets organiques de l'agriculture et des industries agro-alimentaires dans lesquels on trouve des déjections animales (fumiers, lisiers), des résidus de fabrication des industries agroalimentaires (mélasse, sang, os, abats) et de récoltes.

Les types de déchets sont d'origine végétale et/ou animale: fumier de ferme, paille de riz et de blé, balles de riz et de blé, résidus de récolte de toute nature, déchets animaux et humains, déchets ménagers, ordures organiques, tiges de maïs ,déchets de fruits et matières ligneuses (IFDC, 2021).

Pour notre cas d'étude, un accent particulier sera mis sur la catégorie des déchets ménagers à travers lesquels on produit un compost de meilleure qualité qui témoigne d'une agriculture biologique et d'une gestion rationnelle de l'environnement.

I.1.3. Etat des lieux sur la gestion des déchets dans la ville de Bujumbura

Le concept de la gestion des déchets se définit comme étant l'ensemble des dispositions permettant la collecte, le transport et l'élimination écologiquement rationnelle des déchets, prenant en compte les considérations d'ordre sanitaire, technique, scientifique, esthétique, économique, social (attitudes des populations) et environnemental (Dupre et *al*.,2014).

Selon SETEMU (2005), l'état des lieux sur la gestion des déchets dans la ville de Bujumbura fournis par ces services concernés révèlent que presque 75% des ordures ménagères ne sont pas collectées, au moment où il est indiqué qu'un habitant de la ville de Bujumbura produit en moyenne 0,6 kg/jour soit 217 kg/an en 2011 dont 57% représentent les déchets fermentescibles (Mizero & *al*., 2015).

Malheureusement, même les déchets qu'on parvient à collecter ne sont pas bien gérés puisqu'ils sont acheminés jusqu'à présent à la décharge publique de Mubone en commune urbaine de Buterere, où ils sont incinérés à l'air libre. Cette approche constitue indéniablement un danger de pollution de l'environnement et de toutes ses composantes, car lorsque ces derniers sont incinérés dans ces conditions ils vont produire des fumées contenant effectivement des Gaz à Effet de Serre (GES) très nuisible à la vie écosystémique. La figure 1 montre le système de gestion des ordures ménagers dans la ville de Bujumbura.



Figure 1: Illustration du Système de gestion des OM dans la ville de Bujumbura Source : Dusabe (2013).

Malgré les efforts consentis dans l'assainissement de la ville de Bujumbura par les Services Techniques Municipaux (SETEMU) et quelques nouvelles Associations Sans Buts Lucratifs comme BCC (qui est au service depuis 2017) impliquées dans le domaine de collecte des déchets, on observe encore des déchets qui sont jetés dans les canaux, aux bords des routes et aux alentours des marchés. Certains sont acheminés vers les rivières et ou dans le Lac Tanganyika par l'eau de pluie qui vont ainsi impacter le milieu aquatique dont l'homme a toujours besoin de ses ressources (Figure 2). La figure 2 ci-dessous montre les déchets non contrôlés de la ville de Bujumbura.



Source : Lumami (2016).



Source : Dusabe (2013).

Figure 2: Photos illustrant les déchets au bord du lac Tanganyika et la décharge publique de la ville de Bujumbura

Bien que la population urbaine prenne progressivement conscience du problème de la production des déchets qui deviennent de plus en plus croissante d'année en année, les actions menées jusqu'à présent semblent être inefficaces. Dans une telle situation , nous n'avons pas à douter que toutes les composantes de l'environnement urbain en particulier vont subir des impacts négatifs divers.

I.1.4. Impacts des déchets sur la santé et l'environnement dans la ville de Bujumbura

La gestion des déchets ménagers demeure toujours problématique pour la ville de Bujumbura. Une grande partie de déchets ménagers solides est éliminée dans la nature et est susceptible de provoquer la contamination de l'environnement et d'avoir des impacts sur la santé de la population.

Les impacts d'une décharge non bien contrôlée, sur l'environnement sont variés et sont observés sur toutes les composantes de celui-ci. Il s'agit notamment des impacts sur le site et le paysage, les impacts sur la faune et la flore (réduction et /ou pertes de la biodiversité), les impacts sur la qualité de vie des populations, les impacts sur le processus climatiques (Citeretse, 2008).

Les quantités importantes de déchets produites, l'insuffisance financière, le déficit en matière de personnel qualifié et le faible niveau d'éducation environnementale constituent les éléments importants de cette problématique.

En effet, les déchets mal gérés deviennent une « bombe à retardement » et conduisent à la détérioration de la qualité de vie, causent la pollution des écosystèmes terrestre et aquatique et de l'atmosphère par les émanations des gaz à effet de serre (CO_2, CH_4) et les mauvaises odeurs (Dusabe, 2013).

Dès lors, la gestion de ces déchets par compostage en produisant du compost de bonne qualité afin de réduire les impacts y relatifs et faire une valorisation de ces déchets à travers une bonne pratique d'une agriculture organique est l'une des meilleures techniques pour palier à cette problématique liée aux déchets.

I.1.5. Le compost

I.1.5.1. Définition

Le compost est un engrais organique qu'on peut produire à la ferme à peu de frais. Il est constitué par du matériel organique décomposé, comme des restes de plantes et/ou du fumier animal (Inckel & *al.*, 2005). Selon ISABU (2000), le compost est celui qui apporte les éléments fertilisants qui viennent entretenir ou corriger la fertilité du sol. Il est obtenu par compostage qui est un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, en les optimisant, des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes (Gobat & *al.*, 2003).

La production du compost par le processus de compostage présente un double objectif :

- Produire un amendement organique sans impact négatif sur l'environnement
- Réduire les nuisances des déchets en contribuant au maintien de la qualité de l'environnement (Compaoré & *al.*,2010).

I.1.5.2. Bonnes raisons pour produire un compost

Un certain nombre de bonnes raisons pour produire du compost a été démontré par plusieurs auteurs dont on peut citer des raisons environnementales (: moins de déchets en décharge ; des déchets biologiquement stabilisés et moins de gaz à effet de serre) et des raisons socio-économiques (plus de rendement pour les cultures, moins d'engrais et d'emplois créés) selon Naquin (2008).

I.1.5.3. Matières compostables

Toute matière organique peut être compostée, mais il existe des matériaux de bonne et de moins bonne qualité pour le compostage. Les matériaux organiques de bonne qualité sont : feuilles de plantes, mélanges graminées/légumineuses, déchets urbains et bio-solides. A l'opposé, ceux de mauvaise qualité sont : feuilles/aiguilles de conifères, graminées mures avec graines, déchets de jardin (avec maladies, insectes ,nématodes, sciures , plastiques) (IFDC, 2021).

I.1.5.4. Processus de compostage

Le compostage étant une oxydation biologique aérobie de la matière organique avec minéralisation et dégagement de gaz, les matières premières qui le constituent sont principalement des restes de végétaux et relativement peu de restes d'animaux ou de substances minérales (Fuchs, 2009).

Pour obtenir un compost de qualité, le compostage suit quatre phases :une phase mésophile, une phase thermophile, une phase de refroidissement et une phase de maturation (Müller, 2007).

- Phase mésophile : en présence d'oxygène, la méthanisation des éléments solubles (sucres simples, protéines, lipides) par les bactéries provoque la montée en température. Il y a augmentation des microorganismes suivie par un dégagement de CO_2 et H_2O et NH_3. La conséquence de l'activité des microorganismes est l'élévation progressive de la température qui est particulièrement importante au début du processus de compostage suite à l'oxydation de produits facilement dégradables. L'énergie présente dans les matières organiques est transformée en chaleur (Savadogo, 2011)
- Phase thermophile : elle est caractérisée par une augmentation de T° jusqu'à 60 à 80°C au cœur stimulant les microorganismes aérobies. La dégradation est très rapide lorsqu'on atteint de telles valeurs (Compaoré & *al*.,2010).
- Dans un processus de compostage aérobie où les températures avoisinent 60°C pendant plusieurs semaines, il se produit une destruction efficace des agents pathogènes (Herihajaniavo & *al*., 2016).
- Phase de refroidissent : elle caractérisée par une dégradation des sucres complexes (cellulose, lignine) par les champignons qui va donner un compost jeune désodorisé.
- Phase de maturation : formation d'un produit stable, à pH neutre, à température ambiante. Il se produit à cette phase des nouveaux microorganismes, champignons et microfaune (insecte, lombric) qui mélangent et homogénéisent les éléments du compost. A ce stade, un compost stable et plus évolué est produit.

A cette phase de maturation qui débute par un refroidissement (retour à la température ambiante) du compost marqué par un net ralentissement de l'activité microbienne, les processus d'humification (réactions secondaires de condensation et polymérisation) dominent et aboutissent à la formation d'humus, dont les acides humiques, composés très résistants à la dégradation. L'humus est le produit final du compostage et se compose de substances stables et peu biodégradables (Faverial, 2016).

Les composts résultant du compostage ont une double nature: amendement, car ils renferment des composés organiques précurseurs de l'humus et engrais, par leurs teneurs en éléments fertilisants (Gobat & *al*., 2003). La figure ci-dessous synthétise le déroulement du compostage des déchets fermentescibles.

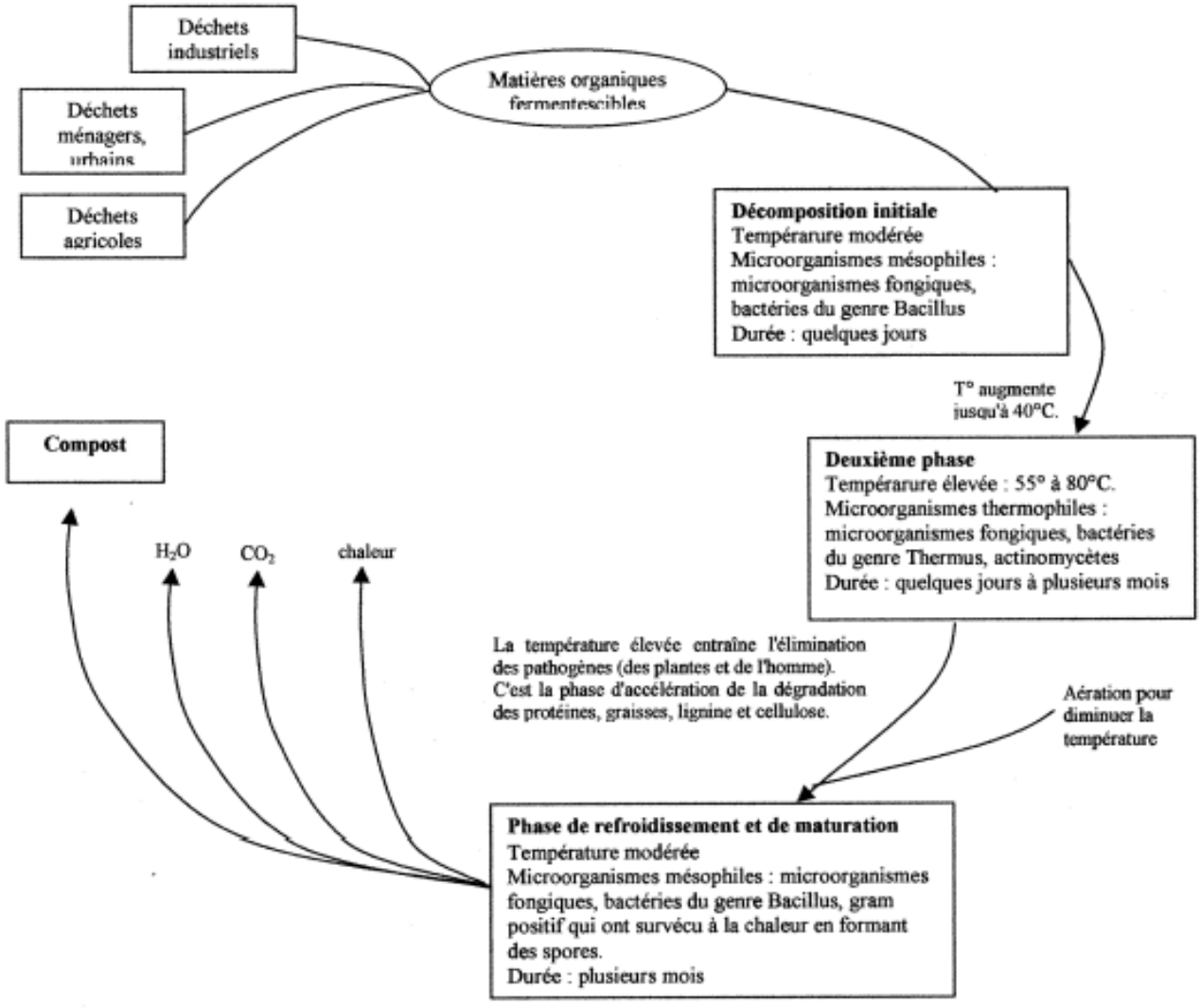


Figure 3: Schéma synthétique du déroulement du compostage (Monateri, 1999).

I.1.5.5. Avantages et inconvénients de la technologie de compostage

Le compostage présente nécessairement des avantages comme le bon processus de décomposition, la production du compost de bonne qualité, l'accessibilité de la technologie, le maintien de la biodiversité, technique simple et reproductible ainsi que la diversité des matières à composter chez l'agriculteur. Mais, quelques inconvénients entre autres la difficulté de compréhension des aspects physico-chimiques des déchets ainsi que la disponibilité de la matière à co-composter sur le même lieu (IFDC, 2021).

I.1.5.6. Avantages du compost

Le compost est un produit qui gagne toujours plus en importance. Les raisons sont, d'une part, la gestion des déchets et la recherche de moyens sensés pour valoriser et recycler les matières organiques et d'autre part, la conscience des producteurs de cultures végétales concernant les avantages que peut apporter l'emploi de composts de qualité pour leurs cultures. Nous avons ainsi deux acteurs qui se rencontrent : les « industriels des déchets », qui veulent améliorer à moindre frais les déchets verts et les « producteurs de plantes », qui veulent améliorer et assurer à long terme la fertilité de leurs sols grâce à des composts de qualité (Larbi, 2006).

Le compost apporte de manière générale des éléments fertilisants comme l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium et le calcium. Insoupçonnés par nombre de praticiens sont les autres effets positifs que peuvent démontrer les composts de qualité sur la fertilité des sols et sur des plantes (Fuchs, 2009). C'est un bon engrais du fait qu'il contient des substances nutritives ainsi que de la matière organique. Il permet d'améliorer la fertilité et la structure du sol effectivement à long terme mais aussi d'accroitre le niveau de matière organique dans le sol (Inckel & *al*., 2005).

L'épandage d'un amendement organique (compost) fait espoir qu'il génère des effets positifs divers sur le sol entre autres :

- Rétention d'eau et la porosité .L'eau disponible pour les végétaux grâce à l'utilisation d'un compost correspond au double du volume d'eau pouvant être retenue par un sol minéral. Ainsi en augmentant le taux d'humus du sol de 0,2 %, la quantité d'eau disponible pour la plante croît de 0,5 % et la porosité du sol de 1%. L'amélioration de la porosité entraîne également une meilleure aération du sol et ainsi le développement de l'activité biologique.
- Influence sur la chimie du sol. Les substances basiques du compost et les substances humiques sont bénéfiques contre l'acidification du sol et le stabilisent chimiquement.

Une revitalisation des sols fortement dégradés et un développement de la végétation sont favorisés.

- Effet phytosanitaire qui décrit la faculté fongicide du compost. D'une manière générale le compost contient des substances donnant plus de vigueur aux végétaux et augmentant ainsi leur résistance vis à vis de certains pathogènes (Charnay, 2005).
- Effet sur la croissance des végétaux. Le compost est riche en matière organique et en oligo-éléments tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc et le bore et ces éléments sont nécessaires à la croissance des végétaux (Kaboneka & *al*.,1997)

Selon Onivogui & *al*. (2013), le sol de la plupart des villes des pays en voies de développement contient suffisamment des métaux lourds qui causent des intoxications aiguës et leur concentration accrue et prolongée dans la chaine alimentaire humaine peut avoir des effets nuisibles sur la santé (effets carcinogènes et mutagènes).

De ce fait, la matière organique contenant dans le compost est un facteur de bio-remédiation et de décontamination du sol par formation de complexes métallo-organiques, avec les métaux lourds tels que le Plomb (Pb), le Mercure (Hg), l'Arsenic (As), l'Aluminium (Al) etc. Ainsi, la capacité d'Echange Cationique (CEC) des sols tropicaux fortement lessivés comme ceux du Burundi est essentiellement contrôlée par la matière que le compost apporte au sol (Kaboneka & *al*., 2021).

En effet, l'utilisation du compost peut améliorer beaucoup les rendements : il garde mieux l'humidité dans le sol, lui redonne de la matière organique et constitue un moyen de lutter contre l'érosion. Ce n'est pas un engrais, mais il permet de diminuer les quantités d'engrais utilisées, en limitant les pertes (Naquin, 2008).Le compost est meilleur que l'engrais inorganique N en raison de faibles pertes de lessivage en NO_3^- (IFDC, 2021).

I.1.5.7. Qualité du compost

La qualité d'un compost est une notion difficile à définir . La principale exigence pour qu'un compost soit utilisé comme amendement efficace pour le sol et comme source de nutriments pour les plantes demeure son degré de stabilité et de maturité (Fuchs, 2009).

Il a été établi que les composts constituent de bons engrais qui permettent une augmentation des récoltes des plantes cultivées, et améliorent les propriétés physicochimiques du sol (Mrabet & *al*., 2011). Il est donc indispensable de tenir compte de certaines exigences pour ne pas porter préjudice à la commercialisation du produit comme : le caractère inoffensif du point de vue

pathogène, la compatibilité avec les plantes, l'absence d´impuretés (plastiques, verres…), la teneur en matières fertilisantes (N, P, K, Ca), la teneur en polluants potentiels (métaux lourds) et le suivi de la qualité du produit (Charnay, 2005 ; IFDC, 2021).

Il est entendu que la qualité des composts dépend du contenu en nutriments du matériel organique composté selon la théorie de la valorisation (IFDC, 2021) .

- **Maturité du compost**

La maturité du compost est la plus importance caractéristique à considérer pour tester sa qualité (Compaoré *et al*., 2010). Un compost mûr est celui qui ne présente aucun effet négatif sur la germination et la croissance des plantes (Wallace, 2005). Pour maintenir la matière organique dans le sol, on y introduit du compost mûr (Chennaoui & *al*., 2016).

Un compost qui n'est pas mûr peut présenter de plus fortes concentrations en acides organiques, des rapports C/N élevés, des valeurs de pH extrêmes ou de fortes teneurs en sel. Toutes ces caractéristiques peuvent endommager ou détruire les plantes (Annabi & *al*., 2005).

Un compost mûr représente les caractéristiques suivantes: Non dégagement d'odeur d'NH_3, température basse, granuleux, foncé et peu odorant, plus de composés d'origine visibles à l'œil nu, une ré-humification à 50 % d'un échantillon de compost, n'est pas accompagné d'une remontée de température, une grande partie du compost passe à travers un tamis de 25 mm, augmentation de la C.E et de la C.E.C, un rapport idéal d C/N inférieur à 15-20 (un rapport C/N inférieur à 6 est un indicateur d'un compost très mur),une stabilisation du pH entre 7-8, une diminution du contenu en H et une augmentation du contenu en O (IFDC, 2021).

Les propriétés physiques et chimiques déterminées par des analyses au laboratoire, permettent d'apprécier la qualité et surtout les teneurs en éléments minéraux: azote, potassium, calcium, phosphore assimilable et magnésium (Savadogo,2011).

- **Qualité agronomique du compost**

La qualité agronomique du compost témoigne de la quantité d'éléments fertilisants présents dans le compost (Herihajaniavo & *al*., 2016). Chimiquement, un compost de qualité agronomique est caractérisé par un pH de 5,5-8,5 (Wallace, 2005).

I.1.5.8. Effets du compost sur la santé des plantes

L'amélioration des caractéristiques chimiques, physiques et biologiques des sols par des amendements de compost créent de meilleures conditions de croissance pour les plantes. Ces

dernières sont moins stressées, ce qui les rend plus résistantes aux maladies. En plus de leur action indirecte, les composts peuvent, suivant leur qualité microbiologique, influencer directement la santé des plantes par l'action de microorganismes antagonistes qu'ils contiennent. Ces derniers agissent directement sur les agents pathogènes présents dans le sol en les concurrençant, les parasitant ou les inhibant (Fuchs, 2009).

I.2.Généralités

I.2.1.Généralités sur l'allélopathie

I.2.1.1. Allélopathie et son origine

Dès l'antiquité, l'homme a observé que certains végétaux gênaient le développement d'autres espèces voisines et certains auteurs l'ont signalé. On peut citer : Théophraste (III^{ème} siècle Avant J.C) qui remarquait que le pois chiche (*Cicer arietinum*) détruisait les mauvaises herbes et Pline (I^{er} siècle après J.C) qui confirmait que le noyer (*Juglans regia*) ne laissait pousser aucune plante sous son feuillage.

C'est en 1937 que Molisch créa le terme allélopathie (Delabays, 2009), qui vient de deux mots grecs : Allelon = les uns des autres, et pathos= de souffrir et il le définit comme l'ensemble des phénomènes de concurrence entre végétaux qui se manifestent par la compétition pour les ressources (eau, air, éléments minéraux, espace) qui se distingue de l'allélopathie, appelée aussi parfois télétoxie. Expérimentalement, la distinction entre compétition et allélopathie est délicate (Kaboneka & *al.*, 2020).

La définition la plus acceptée et la plus référenciée de ce processus biochimique d'allélopathie ou phytotoxicité est celle de Rice (2012) qui le définit comme suit : « La capacité des plantes à inhiber la germination d'autres plantes par la production des composés allélochimiques qui peuvent être présents dans n'importe quelle partie des plantes, c'est-à-dire les feuilles, les racines, les fleurs, les fruits, les tiges, les rhizomes, les bourgeons et les graines, d'où ils sont libères dans le sol par volatilisation, exsudation racinaire, lixiviation et décomposition des résidus végétaux et peuvent affecter positivement ou négativement la germination et la croissance d'autres espèces ou au sein d'une même espèces (Kaboneka & *al*., 2020).

L'inhibition peut résulter d'une action directe sur la plante cible et son métabolisme (division cellulaire, synthèse des protéines, perméabilité membranaire, etc.) ou d'un effet indirect, par exemple, dans le cas des légumineuses, sur les nodosités responsables de fixation biologique de l'azote (Blaise, 2001). Pour ce fait, les préoccupations environnementales actuelles des

politiques des pays occidentaux mais également des agriculteurs, ainsi que la prise de conscience de la toxicité des produits chimiques (utilisés en agriculture) sur la santé animale et humaine, ont abouti à une réflexion nouvelle sur les itinéraires techniques dans les agrosystèmes (Lebas, 2010).

L'effet de l'allélopathie est le plus souvent décrit comme un effet inhibiteur de la germination ou de la croissance exercé par une plante (donneur) sur une autre plante (récepteur) *(Reau* & *al*., 2005).

Les différences d'effets allélopathiques peuvent résulter non seulement de différences dans la quantité des composés allélopathiques produits, mais aussi de différences qualitatives observées en fonction du stade phénologique. Cela suggère que l'effet allélopathique peut être varié dans le temps de manière à correspondre au stade de développement des plantes cibles (Hashoum, 2017).

Pour mettre en évidence le phénomène d'allélopathie, la plupart des essais sont effectués en laboratoire ou en serre en conditions contrôlées. De nombreuses études utilisent des méthodes d'extraction à l'eau ou à l'éthanol des parties aériennes et/ou racines pour des tests de germination avec des graines de creson ou de laitue (Kalinova & Vrchotova, 2009)

En conditions naturelles, l'étude est plus complexe car les interactions biotiques et abiotiques du sol peuvent influencer la présence des composés allélopathiques. La première difficulté tient au fait que les interactions entre ces espèces qui cohabitent ou qui se succèdent dans un écosystème sont multiples: en particulier, faire la distinction entre compétition pour l'eau et les nutriments et d'autres interférences sur terrain et allélopathie dans des systèmes réels est quasi impossible (Kaboneka & *al*., 2020). La deuxième difficulté tient au fait que, même s'il existe une production de composés dont on a montré en conditions contrôlées l'action dépressive sur les fonctions biologiques d'espèces cibles, cela ne signifie pas pour autant que cet effet s'exprime au champ ; il est nécessaire qu'au moment opportun les quantités disponibles de ces molécules dans le milieu soient suffisantes, et que la plante cible soit dans un état de sensibilité adéquat. Enfin, la troisième difficulté est liée à l'intervention d'autres organismes vivants dans le système : les composés phytotoxiques peuvent aussi avoir des origines microbiennes, indépendante de la présence d'une culture (Reau & *al*., 2005)

I.2.1.2. Produits allélochimiques

Les allélochimiques sont des métabolites secondaires qui appartiennent le plus souvent à la classe des métabolites secondaires, c'est-à-dire des molécules a priori inutiles à la plante à

l'échelle cellulaire, mais impliquées à l'échelle de l'organisme dans la communication avec l'environnement (pathogènes, herbivores, pollinisateurs, etc.) (Haig, 2008).

On trouve parmi ces composés des acides phénoliques, des flavonoïdes, des terpénoïdes, des alcaloïdes, et des glucosinolates et sont présents dans pratiquement tous les tissus de la plante ; des fruits, des fleurs, des feuilles en passant par la tige aux racines et rhizomes (Kaboneka & *al*., 2020).

I.2.1.3. Voies de libération des composés allélopathiques

Les substances ou composés allélopathiques peuvent être émises par quatre voies (De Raïssac & *al*. 1998):

- -La valorisation :c'est le cas notamment pour les plantes des régions arides et de la garrigue méditerranéenne (Eucalyptus, Salvia) ;
- Le lessivage des parties aériennes ; c'est le cas du noyer (*Juglans regia)* ;
- La décomposition des organes morts : cela pose le problème des résidus de récolte ;
- Les exsudats racinaires. Les substances sont émises par racines vivantes ou libérées par les parties mortes.

I.2.1.4. Facteurs influençant la production et l'activité des allélochimiques

Les facteurs abiotiques (température, lumière et sol) et biotiques (cycle biologique, compétition, agents pathogènes, organismes nuisibles) peuvent influencer la production d'allélochimiques par les plantes sources (Rivoal & *al*., 2011). Les propriétés physicochimiques des allélochimiques ainsi que leur activité phytotoxique peuvent être affectées par de nombreux facteurs. Ceux-ci comprennent des facteurs du sol et des facteurs liés aux plantes sources et cibles, lesquels sont influencés par les paramètres climatiques (Kaboneka & *al.*, 2020).

I.2.1.5. Effets allélopathiques

L'allélopathie peut avoir un effet direct ou indirect, négatif ou positif provoqué par une plante sur un autre à travers la production de composés chimiques libérés dans l'environnement (Robles & *al*., 1999).

Cependant, il est reconnu aujourd'hui que de nombreuses espèces végétales synthétisent et relâchent dans l'environnement des molécules capables d'influencer la germination et la croissance des plantes croissant dans leur voisinage. Pourtant, ce mécanisme pourrait jouer un rôle dans la dynamique de la végétation dans les milieux naturels (Reigosa & *al* .2006).

Par ailleurs, lorsque ces composés affectent les populations microbiennes du sol, rien ne permet de penser qu'elles ne touchent que celles qui ont un effet néfaste, et préservent celles qui ont un rôle positif (Reau & *al*., 2005).

En agroécologie, l'étude de l'importance écologique de l'allélopathie est actuellement en plein développement notamment pour son rôle dans la dynamique de la végétation. Elle a aussi un intérêt grandissant en agronomie, en particulier dans la recherche d'alternatives aux traitements des herbicides (Delabays, 2009) .

On emploie ainsi la notion de bio-fumigation pour justifier les effets que peut avoir l'allélopathie en agroécologie. Ce concept via l'utilisation de plantes est un processus de biodégradation qui consiste à broyer et à enfouir dans le sol, à un stade donné de la culture. La bio-fumigation permet de lutter contre une grande diversité de phytopathogènes (insectes, bactéries, champignons, nématodes) mais aussi contre les mauvaises herbes. Une fois que la plante est broyée finement et enfouie dans le sol, l'émission des composés toxiques se fait rapidement et leur diffusion est d'autant plus favorisée que le sol est bien irrigué (effet à court terme).De plus, l'apport de matières organiques enfouies favoriserait à long terme l'activité microbienne du sol et de ce fait les compétitions entre microorganismes pathogènes et antagonistes (prédateurs, parasites) (Lebas, 2010)

En effet, l'enfouissement de matières organiques peut modifier les propriétés physico-chimiques et/ou modifier les populations microbiennes du sol (Robles & *al*., 1999).

En agriculture, l'allélopathie constitue probablement un des aspects de la nuisibilité de certaines mauvaises herbes (Delabays,2009). Pour ce fait, les préoccupations environnementales actuelles des politiques des pays occidentaux mais également des agriculteurs, ainsi que la prise de conscience de la toxicité des produits chimiques (utilisés en agriculture) sur la santé animale et humaine, ont abouti à une réflexion nouvelle sur les itinéraires techniques dans les agrosystèmes (Lebas, 2010).

Des études faites indiquent que certaines espèces telles que l'hyptis (*Hyptis Suaveolens*), l'amarante (*Amaranthus spp*.), le vernonia (*Vernonia amygdalina*) et neem (*Azadirachta indica*) contiennent des composés à effet nématicide (Afouda & *al*., 2012)

Par contre, l'allélopathie peut présenter des avantages agronomiques tels que le maintien de la fertilité du sol (ainsi que l'augmentation de la biodiversité) tout en réduisant les populations d'agents pathogènes (Lebas, 2010).

De tous ces effets néfastes que peuvent présenter certaines espèces, une étude récente a montré que l'approche de co-compostage avec des résidus fermentescibles qui vont jouer un effet stimulant sur la décomposition globale, la dissipation des produits allélochimiques et la libération des nutriments végétaux est une meilleure alternative (Kaboneka & *al.,* 2020).

I.2.2. Généralités sur la Culture d'amarante

I.2.2.1. Définition

C' est un légume traditionnel dont les feuilles et les graines sont consommés sous diverses formes appartenant à la famille des Amaranthacées (Dicotylédones, ordre des Caryophyllales) qui comprend environ 800 espèces groupées en 60 genres de plantes herbacées annuelles, rarement des arbustes. C'est une famille prépondérante tropicale mais on en trouve aussi quelques centaines d'espèces dans des régions à climat tempéré. L'amarante est un bon aliment supplémentaire notamment pour l'apport en sels minéraux (Fer, Calcium), en ß-carotène et en acide ascorbique. De plus, l'apport en protéines n'est pas négligeable (Grubben, 1975). L'amarante est considérée comme l'un des légumes indigènes les plus consommés sur le continent africain (Sokoto & Johnbosco, 2017).

I.2.2.2. Importance nutritionnelle de l'amarante

Selon la FAO . (1988), les amarantes sont des légumes feuilles renfermant des micronutriments (vitamines, minéraux) qui contribuent au bien-être de l'organisme.

Dans la cuisine, l'amarante se prépare comme une céréale et peut être consommée grillée, en bouillie, ou bien soufflée. On la trouve également en forme de farine ou de graines germées et peut être utilisée pour préparer des produits aussi bien sucrées que salées. Les feuilles d'amarante sont riches en protéines, en vitamine C, en bêta-carotène, en Fer et en Calcium (Mburu & *al*.,2012)

Sur le plan sanitaire, la consommation régulière de l'amarante combat l'anémie du fait de sa richesse en Fer, réduit les risques cardiovasculaires du fait de sa richesse en phytostérols, lutte contre le cancer, combat les diarrhées et les hémorragies, améliore la vision, réduit le taux de sucre dans le sang et donc lutte contre le diabète (Agre et *al*., 2016). Le tableau ci-dessous montre la composition nutritionnelle des feuilles et graines d'amarante (pour 100 g de Matière Sèche).

Tableau 1: Composition nutritionnelle des feuilles et graines d'amarante (pour 100 g de Matière Sèche)

Composition	**Valeurs calculées**	
	Feuilles	**Graines**
Valeur énergétique (kcal)	26,5	365
Eau (g)	91,49	11,1
Protéines (g)	2,11	15,8
Lipides (g)	0,18	8,81
Glucides (g)	4,11	56,8
Sel (mg)	0,02	
Calcium (mg)	2,09	214
Fer (mg)	2,26	308
Magnésium (mg)	55	3,0
Phosphore (mg)	72	582
Potassium (mg)	641	484
Sodium (mg)	21	26
Zinc (mg)	0,88	3,7
Cuivre (mg)	0,16	9,0
Manganèse (mg)	0,86	308
Nickel (mg)		0,16
Sélénium (mg)	0,9	
ß-carotène (µg)	1662	
Vitamine C (µg)	41,1	
Amidon (%)		55,1
Omega-3 (mg)		81
Omega-6 (mg)		4031
Omega-9 (mg)		2143
Cendres totales (mg)		3,25
Sucres (g)		1,47
Sature		2138
Vitamine B_1 (mg)	0,02	0,80
Vitamine B_2 (mg)	0,13	0,19

Composition	**Valeurs calculées**	
	Feuilles	**Graines**
Vitamine B_3 (mg)	0,56	1,2
Vitamine B_5 (mg)	0,06	
Vitamine B_6 (mg)	0,18	
Acides aminé (g)		19,71
Acides gras monosaturés (g)	0,04	8,39
Acides gras polysaturés (g)	0,08	
Acides oléiques (g)	0,04	
Acides linoléiques (g)	0,08	

Source : Agre & *al.*(2016)

En analyse rapide, c'est intéressant de constater que les graines (peu consommées) sont plus riches que les feuilles (plus consommées) en beaucoup de composés et éléments nutritifs.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Présentation du milieu

II.1.1. Situation géographique

La ville de Bujumbura a été fondée en 1897 par des missionnaires allemands (Sirven , 1983). Elle correspond au point de coordonnées géographiques 29°21′51″ longitude Est et 3°22′55″ latitude Sud. De 1983 à 2018, la superficie de la ville a presque triplé passant de 37 km² à 115 km² (Ndikubwayo, 2019). Le climat, de type tropical, offre un ensoleillement dominant toute l'année et une température moyenne de 23°C, avec des pics à 28°- 30°C au cours des périodes les plus chaudes. Bujumbura, comme l'ensemble du pays, connaît quatre saisons : la petite saison des pluies s'étend de mi-septembre à mi-décembre, la petite saison sèche de mi-décembre à mi-février, la grande saison des pluies dure de mi-février à mai, et la grande saison sèche de juin à mi-septembre (MEEATU, 2013).

II.1.2. Démographie

Selon ISTEEBU (2006), la population de Bujumbura était estimée à 60 000 habitants en 1962. Elle comptait, en 2008, d'après le recensement général de la population et de l'habitat, 485 323 habitants, soit un taux de croissance de 33 % environ par an. La population citadine est essentiellement jeune. Une partie croissante des salariés travaillent dans le secteur tertiaire, tandis que les agriculteurs voient leur surface de terre cultivable diminuée avec l'urbanisation croissante, les poussant à exercer leurs activités aux bords de la ville (MEEATU, 2013).

II.2. Méthodologie

II.2.1. Matériel d'étude

Le matériel utilisé pour la mise en œuvre de trois essais durant une période de trois mois d'étude était constitué de :

- ✓ Houe : pour faire le labour du terrain qu'on a utilisé en y semant les graines d'amarantes enfin d'y tirer les plants vigoureux à repiquer dans les pots en culture sous serre ;
- ✓ Arrosoir : pour arroser les plants ;
- ✓ Pots : pour y transplanter les plants ;
- ✓ Registre et stylos : pour faire le relevé ;
- ✓ Truelle pour déterrer les plants dans le but de ne pas avoir des pertes dans la biomasse racinaire ;
- ✓ Sceau et canette pour laver les racines des plants ;

- ✓ Enveloppes : pour conserver les plants récoltés et l'échantillon de sol ;
- ✓ Etuve : pour sécher les plants enfin d'avoir la masse de matière sèche ;
- ✓ Ciseau : pour séparer les parties aériennes et racinaires des plants ;
- ✓ Balance analytique : pour peser la biomasse des plants récoltés.

II.2.2. Matériel végétal

Nous avons utilisé une espèce maraichère (Amaranthe : *Amaranthus Cruentus*) de la famille des Amaranthacées avec comme origine Tanzanienne et elle est communément appelée Madiira 1(RVI Code 00110). L'amarante est reconnue pour être un légume extrêmement productif et nutritif, et facile à cultiver. C'est probablement le légume-feuilles le plus productif des tropiques. Son excellente valeur nutritionnelle en fait un légume important pour l'alimentation humaine, tant pour l'autoconsommation que comme légume vert bon marché sur les marchés des villes. Elle a un cycle végétatif annuel (https://reca-niger.org/IMG). La figure ci-dessous illustre la pépinière et la culture sous serre d'amarante



Figure 4: Photos illustrant la pépinière et la culture sous serre d'amarante

II.2.3. Compost utilisé

Le compost utilisé a été obtenu par suite des expériences de compostage menées dans une parcelle vide proche des bâtiments du Département de Chimie, Faculté des Sciences de l'Université du Burundi, 290 23' 3 Longitude Est, 30 22' 55 de latitude Sud et 847 m d'altitude (Rucakumugufi & *al.*, 2022). Il a été produit selon la technique du compostage en andain à partir des déchets solides ménagers fermentescibles générés en ville de Bujumbura.

Une étude de compostage préalable a été réalisée en quatre types d'andains selon le rapport C/N des intrants. Les composts utilisés dans l'expérimentation avaient les rapports C/N ci-dessus listés.

- C1 - rapport C/N des intrants = 30 et dont l'adjuvant composé de bouses de vache ;
- C2 - rapport C/N des intrants = 30 et dont l'adjuvant composé de fientes de poule ;
- C3 - rapport C/N des intrants = 35 et dont l'adjuvant composé de bouses de vache ;
- C4 - rapport C/N des intrants = 25 et dont l'adjuvant composé de bouses de vache.

En effet, des caractérisations physicochimiques sur les déchets solides ménagers et les adjuvants ont été réalisées en vue de la formation d'un andain ayant un rapport C/N de 30/1. La formule ci-après a servi à déterminer les proportions des intrants en fonction du rapport C/N de chaque substrat de départ.

$\boldsymbol{R_m = \frac{\sum_{i=1}^{j} ni \times Ri}{\sum_{i=1}^{j} ni}}$ (Rucakumugufi & *al*., 2021).

R_m: rapport C/N du mélange ; ni : quantité de composant i ; Ri : rapport C/N du composant i

Le rapport C/N (R_m) du mélange de départ a été fixé à 30, les inconnues des masses (en kg) des intrants sur 100 kg de matières sèches sont : quantité de gazon = quantité d'ordures ménagères : x ; paille : y ; adjuvant (8 kg) : z (Rucakumugufi & *al*., 2021).

II.2.4. Eléments Traces Métalliques (ETM) comme critère d'innocuité du compost

Les éléments traces métalliques (ETM) recherchés sont : Pb, Cd, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Co. Les analyses ont été effectuées par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme au laboratoire de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU). Les détails d'extraction et de détermination chimique de ces métaux peuvent être consultés dans une récente publication (Rucakumugufi & *al.*, 2022).

II.2.5. Etude menée sous serre

Dans l'étude en serre, nous avons utilisé les pots en plastiques avec 4 trous dans leurs fonds pour permettre le drainage du sol. Nous avons semé les graines d'Amarante (*Amaranthus Cruentus*) dans l'espace du campus Mutanga de l'Université du Burundi pour avoir les plants à repiquer. Quand ces derniers avaient trois feuilles, ils ont été transplantés dans les pots à raison de trois plants dans chaque pot. Un arrosage par jour à l'eau de robinet a été effectué chaque matin jusqu'à la veille de la récolte qui a eu lieu après 30 jours de transplantation. Le taux de

levée a été évalué trois fois par essai en comptant 10 jours pour faire le relevé jusqu'au jour de récolte. Trois repiquages et trois récoltes c'est-à-dire trois essais au total ont été effectués et réalisés au cours de trois mois. Les plants récoltés ont été mis dans les enveloppes et étuvés à 65 ° C pendant 24 heures pour enfin en estimer la production de biomasse foliaire et racinaire sèche en gramme (g). La biomasse a été mesurée à l'aide d'une balance analytique de type OHAUS à 0,0001 mg près.

II.2.6. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé était en randomisation totale avec 17 traitements et 3 répétitions, soit 51 unités expérimentales au total qui impliquent 51 pots et chaque pot était rempli avec 3 kg de sol ou de compost à base des déchets urbains uniquement, soit le mélange sol-compost suivant les proportions de 0 %, 25 %, 50 % et 75 % de sol ou de compost ou vice versa.

Les traitements testés sont les suivants :

T1 ; 2 et 3 (100 %) : Témoins constitués de sol (sans compost) ;

C_1 (25, 50, 75 et 100 %) : Compost ayant comme adjuvant la bouse de vache avec C/N=30 ;

C_2 (25, 50, ; 75, et 100 %) : Compost dont l'adjuvant est la fiente de poule et son C /N= 30 ;

C_3 (25, 50, 75 et 100 %): Compost ayant comme adjuvant bouse de vache mais son C/N=35 ;

C_4 (25, 50, 75 et 100 %): Compost qui a aussi la bouse de vache comme adjuvant et C/N=25.

Le rapport C/N est l'un des facteurs les plus importants qui affectent le processus de compostage et la qualité du compost. En effet, les bactéries utilisent le carbone comme source d'énergie et l'azote comme source protéique. Un rapport très élevé (supérieur à 40/1) ou très faible (inférieur à 20/1) des substrats perturberait le processus biologique de décomposition. Ce rapport a été utilisé par de nombreux auteurs comme l'un des indicateurs de maturité du compost (Znaïdi, 2002).

Les 17 traitements testés sont les suivants :

Témoin : Témoin (sol sans compost)

C1D25 : Traitement avec compost dont l'adjuvant est bouse de vache à dose de 25% : C /N= 30

C1D50 : Traitement avec compost dont l'adjuvant est bouse de vache à dose de 50% : C /N= 30

C1D75 : Traitement avec compost dont l'adjuvant est bouse de vache à dose de 75% : C /N= 30

C1D100 : Traitement avec compost dont l'adjuvant est bouse de vache à dose de 100% : C /N= 30

C2D25 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de fientes de poule à dose 25% : C /N= 30

C2D50 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de fientes de poule à dose 50% : C /N= 30

C2D75 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de fientes de poule à dose 75% : C /N= 30

C2D100 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de fientes de poule à dose 100% : C /N= 30

C3D25 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose 25% : C/N=35

C3D50 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose 50% : C/N=35

C3D75 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose 75% : C/N=35

C3D100 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose 100% : C/N=35

C4D25 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose 25% : C/N=25

C4D50 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose 50% : C/N=25

C4D75 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose 75% : C/N=25

C4D100 : Traitement avec compost dont l'adjuvant composé de bouses de vache à dose de 100% : C/N=25

La figure 5 ci-après montre le dispositif expérimental des essais effectués en culture sous serre.

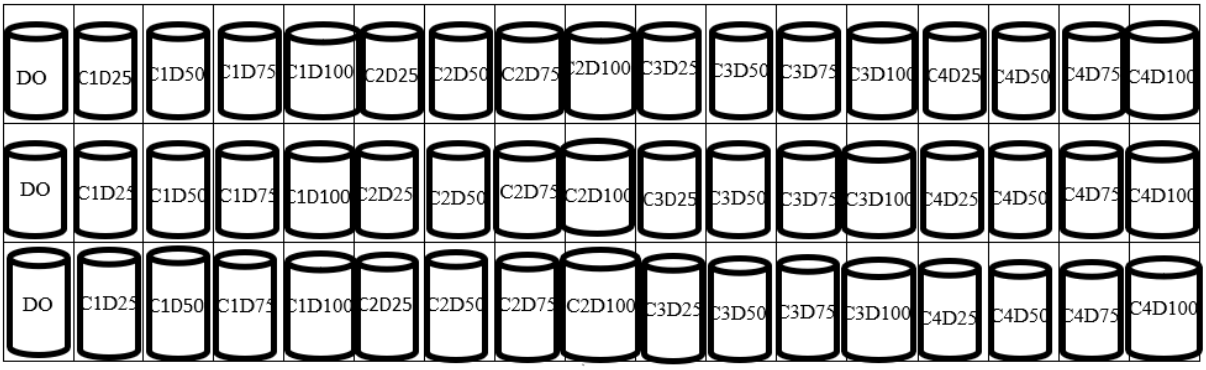


Figure 5: Dispositif expérimental des essais

II.2.7. Comptage, Echantillonnage (pH et CE) et détermination de la biomasse foliaire et racinaire

Dans le but d'évaluer l'effet résiduel du compost issu des déchets urbains sur le rendement et la croissance de l'amarante, les paramètres tels que pH, CE, le nombre de plants levés (taux de survie) et le rendement en biomasse foliaire et racinaire ont été déterminés.

a. Taux de survie

Pour évaluer le taux de survie, on a procédé au comptage du nombre de plants à la levée sur chaque pot en comptant chaque fois 10 jours à partir de la date de transplantation et cela jusqu'à la récolte.

b. Echantillonnage (pH et CE*)*

Les paramètres tels que le pH et la conductivité électrique (CE) ont été mesurés en échantillonnant après la première et la troisième récolte pour suivre l'effet résiduel du compost utilisé. L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'une cuillère à table, des enveloppes et un carton pour le transport. En effet, la détermination des valeurs de pH et CE a été effectuée respectivement à l'aide d'un pH-mètre et d'un conductivimètre.

c. Détermination de la biomasse foliaire et racinaire

Avant de déterminer les biomasses, nous avons procédé au comptage du nombre de plants survis et nous avons déterré les plants entiers pour chaque pot et on les a mis dans les enveloppes pour être séchés à l'étuve à 65 ° C pendant 24 heures afin d'éliminer l'eau. En effet, les parties

aériennes et souterraines sont séparées au niveau du collet à l'aide d'un ciseau à coiffure et ont été pesées séparément.

II.2.8. Traitement des données

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Microsoft Excel et du logiciel statistique libre R studio (R Core Team, 2022) avec un test de Levene pour vérifier s'il y a ou pas une différence significative entre les composts utilisés et les paramètres mesurés (biomasses, pH et CE). L'ANOVA a été complétée par le test de la plus petite différence significative (ppds) au seuil de 5%. Un facteur principal de classification, le facteur « Traitement » est considéré pour expliquer les différentes variables quantitatives mesurées lors des expérimentations. La ppds permet de montrer les groupes homogènes chaque fois que le facteur traitement a un effet significatif sur le paramètre considéré ($p < 0,05$).

CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

III .1. Présentation des résultats

III.1.1. Effet résiduel du compost sur la croissance de l'amarante.

Au cours de 3 essais réalisés en culture sous serre, nous avons constaté que le taux de levée des plants d'amarante a varié selon l'essai et le type de traitements de compost utilisé. La figure ci-après présente les résultats en % du taux de survie des plants d'amarante repiqués.

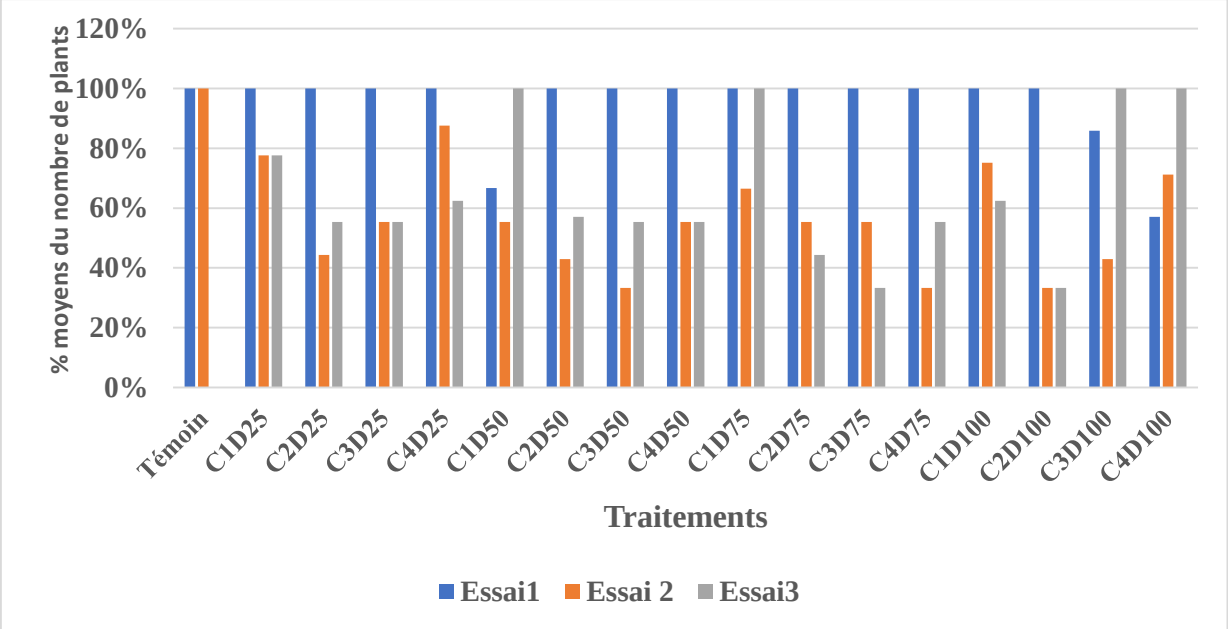


Figure 6 : Evaluation du taux de levée des plants d'amarante au cours de 3 Essais

Les valeurs moyennes pour l'essai 1 ont indiqué le taux de levée à 100 % pour le traitement sol seul (témoin) et les autres traitements restants à l'exception des traitements C1D50, C3D100 et C4D100 avec des valeurs respectives de 67, 86 et 57%.

Les résultats pour l'essai 2 ont donné des valeurs très variables avec un regroupement de traitements en 4 groupes de valeurs moyennes à taux statistiquement proches. Le premier groupe dont fait partie le témoin (sol seul) avec un taux de 100 % est suivi par les traitements de C4D25, C1D25, C1D100 et C4D100 avec comme valeurs respectives de 88, 78,75 et 71%. Le second groupe est constitué par les traitements C1D75 et C1D100 dont leurs valeurs respectives sont 67% et 62%. Le troisième groupe est composé de traitements C3D25, C1D50,C4D50,C2D75 et C3D75 avec des valeurs autour de 55%. Les traitements C2D25,

C2D50, et C3D100 ayant respectivement 44%, 43% et 43% de taux de levée et enfin C3D50,C4D75 et C2D100 avec 33% pour chacun, constituent le quatrième groupe.

Les résultats pour l'essai 3 ont montré des taux de levée à 0% pour le traitement témoin (sol seul) et 100% pour les traitements à dose de C2D50, C1D75, C3D100 et C4D100. Les autres traitements suivent avec des taux de levée allant de 33 (C2D100) à 78 % (C1D25).

Vous trouverez en annexe H les photos illustrant les aspects physiques de l'amarante depuis le choix des plants vigoureux dignes d'être repiqués jusqu'à la récolte. Elles renseignent sur la qualité physique des plants et leur adaptation au sol et au compost constituant les traitements effectués.

III.1.2. Effet résiduel du compost sur le rendement de l'amarante et sur les paramètres physico-chimiques (pH et CE) du sol

III.1.2.1. Paramètres de rendement

- **Biomasses et rapport R/S de l'amarante/Essai 1**

Le tableau 2 ci-dessous récapitule les résultats d'analyse de la variance effectuée sur la biomasse totale (BT), la biomasse racinaire (BR), la biomasse aérienne (BA) et sur le rapport R/S des plants d'amarante pour le premier essai. L'analyse statistique a montré des différences significatives entre les 17 traitements testés pour les paramètres biomasse totale, biomasse aérienne et le rapport R/S ($p < 0,05$) et l'absence d'effet traitement pour la biomasse racinaire ($p > 0,05$).

Tableau 2: Résultats de l'ANOVA sur les paramètres de rendement(BT ; BR ; BA ;et R/S) en (g/pot)/ Essai 1

Traitements	BT	BR	BA	R/S
C2D25	3 ,17a	0,40a	2,77a	0,14c
C4D25	3,16a	0,44a	2,72a	0,17bc
C1D25	3,08a	0,39a	2,69a	0,15C
C4D50	2,34ab	0,28a	2,06ab	0,14c
C2D50	2,18ab	0,36a	1,82abc	0,15c
C4D75	1,72abc	0,23a	1,49abc	0,16bc
C3D25	1,62abc	0,20a	1,42abc	0,13c
Témoin	1,36bc	0,19a	1,17bc	0,24ab

C1D100	1,34bc	0,23a	1,11bc	0,21bc
C3D50	1,34bc	0,24a	1,10bc	0,15c
C1D50	d1,31bc	0,21a	1,10bc	0,17bc
C2D100	1,30bc	0,21a	1,09bc	0,31a
C1D75	1,27bc	0,23a	1,04bc	0,18bc
C3D75	1,25bc	0,25a	1,00bc	0,22bc
C4D100	0,92bc	0,13a	0,79bc	0,16bc
C2D75	0,90bc	0,14a	0,76bc	0,18bc
C3D100	0,53c	0,10a	0,43c	0,22bc
Moyenne Générale	1,69	0,25	1 ,44	0,18
Ppds	1,61	-	1,41	0,08
P-Value	0,03	0,10	0,02	0,02

Le tableau ci-dessus montre un regroupement des traitements en trois groupes de moyennes chevauchant pour les biomasses BT, BA et le R /S. Les biomasses totales enregistrées pour l'Essai 1 ont varié de 0,53 g/pot pour le traitement C3D100 à 3,17 g/pot pour le traitement C2D25. Ce dernier traitement auquel s'ajoutent les traitements C4D25 et C1D25 appartient à un groupe de tête en production de biomasse d'amarante. A l'opposé, les traitements C2D100, C2D25 et C4D100 sont au bas du classement pour la variable biomasse totale.

Bien que les biomasses racinaires soient caractérisées par une assez large variation de 0,10 g/pot pour le traitement C3T100 à 0,40 g/pot, l'analyse de la variance n'a montré aucune différence significative entre les 17 traitements testés. L'analyse de la variance appliquée à la variable biomasse aérienne suit la même tendance que la variable biomasse totale dont elle constitue la composante principale à 80-90 %.

Les valeurs de R/S varient entre la plus petite valeur de 0,13 avec le traitement C3D25 à 0,31 obtenu avec le traitement C2D100. Outre ce dernier traitement, les valeurs R/S les plus élevées sont observées avec les traitements témoin (0,24), C3D100 (0,22), C3D75 (0,22) et C1D100 (0,21). Les valeurs de R/S les plus faibles sont obtenues avec les traitements ayant enregistré le plus de biomasses aériennes et quelques autres traitements.

- **Biomasses et rapport R/S de l'amarante/Essai 2**

Les résultats d'analyse de la variance effectuée sur la biomasse totale, racinaire, aérienne et sur le rapport R/S des plants d'amarante sont indiqués dans le tableau 3 ci-dessous. Elle montre des différences significatives entre les traitements testés ($p < 0,001$).

Tableau 3: Résultats de l'ANOVA sur les paramètres de rendement(BT ; BR ; BA ;et R/S) en (g/pot)/ Essai 2

Traitements	**BT**	**BR**	**BA**	**RS**
C1D25	4,39a	0,65a	3,74a	0,17h
C4D25	3,91ab	0,60ab	3,30ab	0,18fgh
C2D25	3,22abc	0,48abc	2,74abc	0,17h
C3D25	2,84bcd	0,44bcd	2,40bcd	0,18fgh
C4D100	2,65bcd	0,48abc	2,17bcd	0,22cdefg
C4D50	2,40cde	0,36cde	2,04cde	0,17gh
C1D50	2,29cdef	0,39bcde	1,90cdef	0,21defgh
Témoin	2,11cdef	0,33cde	1,78cdef	0,18efgh
C2D50	2,06cdef	0,28cdefg	1,82cdef	0,17h
C3D50	1,94cdefg	0,33cde	1,61cdefg	0,20defgh
C1D100	1,75defg	0,32cdef	1,42defg	0,23cdef
C1D75	1,28efgh	0,28cdefg	0,99efgh	0,29b
C2D75	1,24efgh	0,27defg	0,97efgh	0,27bc
C3D100	0,99fgh	0,19efg	0,80fgh	0,24bcd
C3D75	0,97fgh	0,19efg	0,77fgh	0,26bc
C4D75	0,66gh	0,12fg	0,54gh	0,23cdef
C2D100	0,30h	0,08g	0,22h	0,36a
Moy. générale	2,06	0,34	1,72	0,22
Ppds	1,35	0,20	1,15	0,05
P-Value	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Le tableau ci-dessus montre qu'il y a plusieurs groupes de moyennes (abcdefgh) chevauchants pour les 4 paramètres mesurés : BT, BR, BA et R/S.

Pour la biomasse totale (BT), le traitement de tête est constitué de C1D25 avec une biomasse totale de 4,39 g/pot, suivi par les autres traitements à 25 % : C4D25 (3,91 g/pot), C2D25 (3,22

g/pot) et C3D25 (2,84 g/pot). Les traitements avec les plus basses productions de biomasse totale d'amarante sont constitués des traitements C2D100 (0,30 g/pot), C4D75 (0,66 g/pot), C3D75 (0,97 g/pot) et C3D100 (0,97 g/pot). Les productions de biomasse racinaire et aérienne suivent les mêmes tendances que celles des biomasses totales dont elles constituent les deux composantes à 73-85 % (BA) et 15-27 % (BR), respectivement. Par rapport au premier essai, la proportion de biomasse racinaire comparée à la biomasse totale a sensiblement augmenté.

Les valeurs de R/S ont varié entre la plus petite valeur de 0,17 avec les traitements C1D25, C2D25, C4D50, C2D50 à 0,36 obtenu avec le traitement C2D100, de même que pour l'essai 1. Globalement, les valeurs de R/S les plus faibles sont obtenues avec les traitements ayant enregistré le plus de biomasses aériennes et quelques autres traitements. De l'autre côté, les rapports les plus élevés sont observés pour les traitements avec les plus faibles productions de biomasse d'amarante.

- **Biomasses et rapport R/S de l'amarante/Essai 3**

Le tableau ci-dessous montre l'effet résiduel des traitements testés sur la biomasse totale, racinaire, aérienne et sur le R/S des plants d'amarante. L'analyse de la variance appliquée aux paramètres BT, BR, BA et R/S classent les moyennes en 3 (abc) à 5 (abcde) groupes de moyennes homogènes.

Tableau 4: Résultats de l'ANOVA sur les paramètres de rendement(BT ; BR ; BA ;et R/S) en (g/pot)/ Essai 3

Traitements	BT	BR	BA	R/S
C4D100	3,52a	0,58a	2,90a	0,19c
C4D25	3,47a	0,59a	2,88a	0,20c
C3D75	3,37a	0,60a	2,76ab	0,21bc
C1D25	3,22ab	0,38abc	2,84a	0,13c
C4D50	2,90ab	0,58a	2,32abcd	0,23bc
C1D50	2,89ab	0,53a	2,35abc	0,61a
C3D25	2,56abc	0,48ab	2,07abcd	0,23bc
C2D25	2,42abc	0,45ab	1,96abcd	0,26abc
C3D50	1,92abcd	0,35abc	1,56abcde	0,22bc
C3D100	1 ,82abcd	0,32abc	1,39abcde	0,26abc
C1D100	1,76abcd	0,48ab	1,28abcde	0,58ab

C1D75	1,71abcd	0,42ab	1,31abcde	0,32abc
C4D75	1,66abcd	0,35abc	1,31abcde	0,25abc
C2D50	1,19bcd	0,20abc	0,98bcde	0,19c
C2D75	1,17bcd	0,21abc	0 ,96cde	0,22bc
C2D100	0,65cd	0,12bc	0,52de	0,24abc
Témoin	0,00d	0,00c	0,00e	0,00c
Moy. Générale	2,13	0,39	1,73	0,26
Ppds	2,14	0,40	1,79	0,37
P-Value	0,05	0,12	0,04	0,27

Les traitements de tête pour la biomasse totale d'amarante correspondent aux traitements C4D100 (3,52 g/pot), C4D25 (3,47 g/pot), C3D75 (3,37 g/pot), C1D25 (3,22 g/pot). Intéressant à remarquer, la production de biomasse totale d'amarante est nulle pour le témoin et très faible pour le traitement C2D100 (0,65 g/pot).

S'agissant de la biomasse racinaire, les traitements en bas du classement restent les mêmes, alors que dans le classement de tête incluant deux nouveaux traitements s'ajoutent à ceux relevés au niveau de la biomasse totale. Il s'agit des traitements C4D50 (0,58 g/pot) et C1D50 (0,53 g/pot). La production de biomasse aérienne suit la même tendance que la biomasse totale dont elle représente autour de 80 %, la biomasse racinaire en représentant la différence.

Pour ce qui est des rapports R/S, leurs valeurs vont de 0,13 pour le traitement C1D25 à 0,32 pour le traitement C1D75 et 0,38 pour le traitement C1D100. En moyenne, ces rapports R/S ont augmenté de l'essai 1 (0,18), essai 2 (0,22) à l'essai 3 (0,26). Une pareille analyse relève que les moyennes des biomasses totales ont évolué de 1,65 (essai 1), 2,06 (essai 2) à 2,13 g/pot (essai 3). Celles des biomasses racinaires ont évalué de 0,25 (essai 1), 0,34 (essai 2) à 0,39 g/pot (essai 3). L'évolution des biomasses aériennes moyennes ont aussi évolué de 1,44 (essai 1) mais ont stabilisé à 1,72-1,73 pour les essais 2 et 3.

III.1.2.2. Paramètres mesurés (pH et CE)

Pour des raisons indépendantes de notre bonne volonté, nous n'avons pas pu relever les données de pH et de CE pour l'essai 1.

❖ **Effet du compost sur les paramètres pH et CE/Essai 2**

Les résultats d'analyse de la variance effectuée sur le pH et la CE enregistrés au cours de l'essai 3 indiqués dans le tableau 5 ci-dessous, montrent qu'il y a trois groupes de moyennes chevauchants. L'analyse montre des différences significatives ($p < 0,001$) entre les 17 traitements testés pour le pH et la conductivité électrique (CE).

Tableau 5: Résultats de l'ANOVA sur l'effet résiduel du compost sur pH et CE/ Essai 2

Traitements	**pH**	**Traitements**	**CE (dS/m)**
C2D100	8,44a		3,76b
C2D50	8,21ab		1,76e
C1D100	8,17b		3,45bc
C2D75	8,12bc		2,87cd
C3D100	7,97bcd		4,74a
C1D75	7,92cde		3,10cd
C3D50	7,85def		2,11e
C1D50	7,83defg		1,96e
C3D75	7,81defgh		2,75d
C3D25	7,67efghi		0,94f
C1D25	7,64fghi		1,01f
C4D100	7,62fghi		3,84b
C2D25	7,58ghi		0,84f
C4D75	7,58hi		3,08cd
C4D50	7,50j		1,91^{e}
C4D25	7,25j		0,98f
Témoin	**5,72k**		**0,05g**
Moy . Générale	**7,70**		**2,30**
Ppds	**0,25**		**0,61**
P-Value	**< 0,001**		**< 0 ,001**

Les valeurs de pH enregistrées sur les 17 traitements testés au cours de l'essai 2 ont varié de 5,72 pour le sol non amendé avec le compost (témoin) à 8,44 obtenu avec le traitement C2D100.

En tout état de cause, tous les traitements se sont montrés alcalinisant (pH > 7). Les traitements autour du pH > 8 ou autour de 8 étant les traitements C3D75, C2D50, C1D100, C2D75, C3D100, C1D75, C3D50, C1D50 et C3D75.

S'agissant du paramètre CE, indicateur des risques de salinité générée par l'application de composts à base de déchets ménagers biodégradables, les valeurs les plus élevées sont obtenues avec les traitements suivants : C3D100 (4,74 dS/m), C4D100 (3,84 dS/m), C2D100 (3,76 dS/m), C1D100 (3,45 dS/m), C1D75 (3,10 dS/m), C4D75 (3,08 dS/m). A l'opposé, outre le traitement témoin non amendé, les valeurs les plus faibles de CE sont enregistrées avec les traitements C2D25 (0,84 dS/m), C3D25 (0,94 dS/m), C4D25 (0,98 dS/m), C1D25 (1,01 dS/m), C2D50 (1,76 dS/m), C4D50 (1,91 dS/m) et C1D50 (1,96 dS/m).

La moyenne générale observée pour le pH est de 7,7 et de 2,30 dS/m pour la conductivité électrique.

- **Effet résiduel du compost sur les paramètres pH et CE/Essai 3**

Les résultats d'analyse de la variance effectuée sur le pH et la CE pour l'essai 3 sont indiqués dans le tableau 6 ci-dessous. Cette analyse de la variance montre des différences significatives entre les traitements testés autant pour le pH que pour la CE ($p < 0,001$).

Le tableau 6 illustre le groupement des moyennes basé sur la méthode de la plus petite différence significative (ppds).

Tableau 6: Résultats de l'ANOVA sur l'effet résiduel du compost sur pH et CE/ Essai 3

Traitements	**pH**	**Traitements**	**CE**
C2D100	8,16a		3,36ab
C2D50	8,08ab		1,71efg
C2D75	7,92bc		2,81bcd
C1D100	7,85cd		3,15bc
C1D75	7,82cd		2,26cdef
C3D100	7,82cd		3,55ab
C3D50	7,77cd		2,19cdef
C2D25	7,76cd		1,04gh
C1D50	7,75d		1,81defg
C1D25	7,74d		2,70bcde
C3D75	7,72d		3,51ab
C3D25	7,52e		1,25fg
C4D50	7,49ef		1,88defg
C4D75	7,41efg		3,38ab
C4D25	7,34fg		1,03gh
C4D100	7,27g		4,33a
Témoin	6,58h		0,18h
Moyenne générale	7,65		2,37
Ppds	0,16		1,03
P-Value	< 0,001		< 0,001

Les valeurs de pH enregistrées sur les traitements testés au cours de l'essai 3 ont varié de 6,58 pour le sol non amendé avec le compost (témoin) à 8,16 obtenu avec le traitement C2D100. Comme pour l'essai 2, à l'exception du traitement témoin, tous les traitements se sont montrés alcalinisant (pH > 7). Pratiquement tous les traitements sont caractérisés par des valeurs de pH situés entre pH=7,5 à 8,2. Seuls les traitements témoin (pH=6,58), C4D100 (pH=7,27), C4D25 (pH=7,34) et C4D50 (pH=7,41).

Dans ce même essai 3, les valeurs de la CE associées aux traitements testés varient de la valeur la plus faible enregistrée avec le traitement témoin (0,18 dS/m) à la valeur la plus élevée obtenue

avec le traitement C4D100 (4,33 dS/m). Cette valeur est supérieure à la valeur normative de 4 dS/m indicatrice de salinité. Outre le précédent traitement, les traitements ayant été caractérisés par une situation de salinité sont : C3D100 (3,55 dS/m), C3D75 (3,51 dS/m), C4D75 (3,38 dS/m), C2D100 (3,36 dS/m) et C1D100 (3,15 dS/m). Par contre, les traitements avec les plus faibles valeurs de CE sont les suivants : Témoin (0,18 dS/m), C4D25 (1,03 dS/m), C2D25 (1,04 dS/m), C3D25 (1,25 dS/m) et C2D50 (1,71 dS/m).

La moyenne générale observée pour le pH est de 7,65 et de 2,37 dS/m pour la conductivité électrique.

III.3. Discussion des résultats

A travers les résultats ci-haut présentés, le constat était que le taux de levée obtenu sur les plants d'amarante révèle que l'incorporation de 25% du compost avec le témoin (sol seul) permet un taux de levée maximal par rapport aux doses de 100% du compost pour le premier essai. Ces résultats sont conformés à ceux trouvés dans les littératures qui préconisent l'utilisation d'une dose de 25% des composts en culture de légume de salade, blé, choux, maïs, pomme de terre, etc. (Tshala & *al.*, 2017). Par rapport au deuxième essai , les résultats ont montré des valeurs très variables avec des valeurs moyennes à taux statistiquement proches .Quant à l'essai 3, les résultats ont montré des taux de levée à 0% pour le traitement témoin (sol seul) et 100% pour les traitements à dose de C2D50, C1D75, C3D100 et C4D100. Les autres traitements suivent avec des taux de levée allant de 33 (C2D100) à 78 % (C1D25). Nos résultats corroborent avec ceux trouvés d'autres auteurs qui ont conclu que l'effet répressif du compost est lié aux doses appliquées (Chennaoui & *al*., 2016).

Pour les paramètres de rendement à ce même essai , les résultats obtenus ont montré que les traitements à dose de 25% génèrent de meilleurs rendements pour la biomasse foliaire, plus concernée par l'alimentation humaine. Cette observation est supportée par Savadogo (2011) dépend de la dose du compost apportée, insinuant ainsi que les faibles doses de compost stimulent la production.

Les résultats ont révélé que les biomasses racinaires sont caractérisées par une assez large variation de 0,10 g/pot pour le traitement C3D100 à 0,40 g/pot, l'analyse de la variance n'a montré aucune différence significative entre les 17 traitements testés. Ce qui implique que la culture-test a investi dans la partie aérienne qui représente 80-90 % de biomasse que dans la partie racinaire.

Au 2ème essai, le traitement de tête est constitué de C1D25 avec une biomasse totale de 4,39 g/pot, suivi par les autres traitements à 25 % . Ces résultats concourent avec ceux trouvés par (Rucakumugufi & *al*., 2021) dans une étude réalisée sur le co-compostage des déchets solides ménagers avec les déjections d'élevage : optimisation du rapport C/N des substrats de départ. Concernant les résultats pour le pH et la CE, tous les traitements se sont montrés alcalinisant (pH > 7) et les valeurs les plus élevées de CE sont obtenues avec les traitements à fortes doses comme le C3D100 (4,74 dS/m) et C1D75 (3,10 dS/m).Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par d'autres auteurs qui ont signalé que l'effet répressif du compost n'est pas lié uniquement aux doses appliquées, mais il est aussi en fonction des caractéristiques des composts (Chennaoui & *al*., 2016).

Au 3ème, les résultats statistiques indiquent que le traitement témoin (sol seul) donne un taux de levée nul (0 %), ce qui justifie qu'il y a eu épuisements des éléments nutritifs du sol tandis que les valeurs les plus élevés (100%) en taux de survie de la culture test d'amarante sont obtenus avec la plus grande dose de compost (C3D100, C4D100, C3D75 et C1D50). L'analyse de la variance effectuée sur les paramètres de rendement BT, BR et BA montre que le traitement C4 à dose de100 % de compost a donné des valeurs plus élevées par rapport aux autres traitements. Par contre, on constate un rendement nul sur tous ces paramètres y compris R/S pour le témoin. Ainsi, l'on note l'absence d'effet significatif ($p > 0,05$) des traitements testés pour les paramètres BR et R/S. Les BT et BA présentent seules un effet significatif ($p < 0,05$). En effet, pour les paramètres physico-chimiques analysés dont nous citons le pH, nous en déduisons que la valeur moyenne a augmenté par rapport à celle du deuxième Essai, c'est-à-dire de 5,72 à 6,58**.** Cette augmentation du pH témoin est expliquée par la décomposition des plants morts d'amarante lors du 2ème et 3ème Essais. Globalement, les autres traitements testés ont montré des valeurs moyennes de pH >7, c'est-à-dire qu'il y a eu l'alcalinisation due à l'amendement par application du compost. C'est ainsi que le pH est un facteur important qui offre donc des conditions favorables à l'amélioration des propriétés biologiques et à la disponibilité des cations du sol et qui aiderait également à relever le pH des sols qui sont acides (ONU-Habitat,2012). Quant à la conductivité électrique , les résultats obtenus indiquent que le traitement C4 à dose de 100 % vient en premier lieu et le témoin occupe la dernière position avec ses valeurs moyennes respectives de 4, 33 et 0,18 dS/m. Ces résultats concourent avec ceux trouvés par (Kaboneka & *al*., 2021) qui ont confirmé que la conductivité électrique est une mesure de la quantité d'ions présents dans la solution permettant de détecter la concentration en sels solubles du sol et elle est utilisée comme mesure de la salinité. Les espèces végétales s'adaptent

différemment en fonction de la concentration en sels solubles du sol ou de la fumure dans lequel il se développe, et il y a un seuil de concentration en sels (ou de CE) au-dessus duquel, la croissance sera entravée.

Les tableaux 8 et 9 ci-après synthétisent les effets résiduels des traitements sur les différents paramètres mesurés.

Tableau 7: Ordre de classement des traitements testés par rapport à leurs effets résiduels sur les paramètres biomasses totales (BT)

Traitements	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne
C4D25	2	2	2	2
C1D25	3	1	4	2,6
C2D25	1	3	8	4
C4D50	4	6	5	5
C3D25	7	4	7	6
C4D100	15	5	1	7
C1D50	11	7	6	8
C2D50	5	9	14	9,3
C3D50	9	10	9	9,3
C1D100	10	11	11	10,6
C3D75	14	15	3	10,6
Témoin	8	8	17	11
C4D75	6	16	13	11,6
C1D75	13	12	12	12,3
C3D100	17	14	10	13,6
C2D75	16	13	15	14,6
C2D100	12	17	16	15

Une analyse des différents traitements testés suivant leur rang dans les tableaux de groupements de moyennes, basée sur la biomasse cumulée (BT) est illustrée dans le tableau 8. Il apparaît que le traitement qui vient en tête est celui de C4D25 suivi par C1D25 et C2D25. Les moins performants en biomasse cumulée sont C3D100, C2D75 et C2D100. Ceci dénote d'un effet favorable des composts à faible dose d'application et un effet réducteur de production de biomasse totale des doses d'application les plus élevées.

Tableau 8: Ordre de classement des traitements testés par rapport à leurs effets résiduels sur les paramètres physico-chimiques.

Traitements	pH (Essai2)	pH (Essai3)	CE(Essai2)	CE(Essai3)	Moyenne
C2D100	1	1	3	5	2,5
C1D100	3	4	4	6	4,25
C3D100	5	11	1	2	4,75
C2D75	4	3	7	7	5,25
C1D75	6	5	5	9	6,25
C2D50	2	2	12	13	7,25
C3D75	9	10	8	3	7,5
C4D100	12	16	2	1	7,75
C3D50	7	6	9	10	8
C1D50	8	8	10	12	9,5
C4D75	14	14	6	4	9,5
C1D25	11	9	13	8	10,25
C4D50	15	13	11	11	12,5
C3D25	10	12	15	14	12,75
C2D25	13	7	16	15	12,75
C4D25	16	15	14	16	15,25
Témoin	17	17	17	17	17

Le tableau 9 ci-dessus montre le classement par ordre décroissant des traitements testés sur le pH et de la CE . Le traitement qui vient en tête est C2D100 suivi par C1D100 et C3D100. Les trois derniers traitements sont C2D25, C4D25 et le témoin. De ce classement, on *a* constaté que les doses élevées du compost influencent l'augmentation du pH (alcalinisation) et de la CE (salinité).

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'effet résiduel de l'application du compost issu des déchets urbains sur le rendement et de la culture d'Amaranthe (*Amaranthus Cruentus*) et sur le pH et la CE du sol. Subsidiairement, l'effet résiduel de ce compost sur une culture-test d'amarante a été évalué. Les résultats obtenus ont indiqué que les plants d'amarante repiqués en pots pour le 3ème essai contrairement au 1er essai, ont donné des meilleurs taux de croissance avec les traitements à dose élevée de compost (100% ,75% et 50%). L'évaluation de l'effet résiduel du compost sur le rendement de l'amarante au dernier essai laisse apercevoir qu'il y a une absence significative pour les paramètres de biomasse racinaire et le rapport R/S. Le compost a une influence significative sur les paramètres biomasse aérienne et biomasse totale. Cependant, les traitements à dose élevée donnent des meilleurs rendements en biomasse aérienne qui est la plus intéressée par les consommateurs. Au contraire, le traitement témoin (sol seul) ne donne qu'un rendement nul. Globalement, les résultats en moyenne au cours de trois essais réalisés ont montré que les rapports R/S ont augmenté de l'essai 1 (0,18), essai 2 (0,22) à l'essai 3 (0,26). Une pareille analyse relève que les moyennes des biomasses totales ont évolué de 1,65 (essai 1), 2,06 (essai 2) à 2,13 g/pot (essai 3). Celles des biomasses racinaires ont évalué de 0,25 (essai 1), 0,34 (essai 2) à 0,39 g/pot (essai 3). L'évolution des biomasses aériennes moyennes ont aussi évolué de 1,44 (essai 1) mais ont stabilisé à 1,72-1,73 pour les essais 2 et 3.

Concernant l'analyse des paramètres physico-chimiques pH et CE, les résultats obtenus révèlent que l'amendement au compost a permis une alcalisation justifiée par les valeurs de pH > 7 pour tous les traitements testés.

De cette étude, il ressort de nos résultats que :

- Les meilleurs traitements à recommander sont C4D25 et C1D25
- Les traitements les moins bons sont C3D100, C2D75 et C2D100
- Les traitements avec de meilleurs effets résiduels et dont les productions sont stables des essais 1 à 3 sont C4D25 et C4D50 (compost dont l'adjuvant est la bouse de vache avec C /N= 35 à doses respectives de 25 et 50%)
- Les traitements dont les rendements diminuent des essais 1 à 3 et moins stables avec moins d'effets résiduels sont C2D25 et C2D50 (Compost dont l'adjuvant est la fiente de poule et le rapport C /N= 30 avec une dose de 25 et 50%).

De façon générale, en comparant nos résultats de l'évaluation de l'effet résiduel du compost utilisé dans cette étude à ceux trouvés par d'autres investigateurs comme (Wallace , 2005), nous déduisons que ce compost est un compost de qualité appréciable pour être utilisé en agriculture, ce qui vient confirmer nos hypothèses par la manifestation d'un effet favorable des composts à faible dose d'application et un effet réducteur de production de biomasse totale des doses d'application les plus élevées ainsi que l'augmentation du pH (alcalinisation) et de la CE (salinité) à des doses élevées.

Les résultats obtenus nous permettent de faire les recommandations suivantes :

1. Effectuer des tests en milieu réel sur les autres cultures couramment cultivées au Burundi, afin d'évaluer l'efficacité fertilisante du compost sur la croissance et le rendement des cultures, et tester plusieurs doses d'application avec plusieurs essais
2. Etudier l'efficacité économique de l'application du compost issu des déchets solides ménagers fermentescibles en comparaison avec d'autres fertilisants, en considérant tous les aspects y compris le temps de travail supplémentaire qu'exige la production de ce compost.
3. Mettre en place des programmes de renforcement des capacités à travers des actions de formation, d'éducation environnementale et de sensibilisation sous forme de causeries et de meeting d'information pour l'ensemble des acteurs en matière de gestion des DSM.
4. Appliquer le principe des 3RVE : Réduction, Récupération, Réutilisation ; Valorisation et Elimination des déchets pour réduire ses impacts sur le climat et l'environnement au Burundi.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Afouda, L., Baimey, H., Bachabi, F. X., Sero-Kpera, D. H., & Balogoun, R. (2012). Effet de l'hyptis (*Hyptis suaveolens*), du neem (*Azadirachta indica*), du vernonia (*Vernonia amygdalina*), et de l'amarante (*Amaranthus sp*.) sur les nématodes à galles (Meloidogyne spp.) en cultures Maraîchères, *European Scientific Journal,* 24(3), 209–218.

Agré, A. P., Sanoussi, A. F., Dossou-Aminon, I., Dassou, A., Rudebjer, P., Hall, R., & Vodouhe, R. (2016). Plan d'actions stratégiques pour la promotion de la chaine de valeur de l'Amarante (*Amaranthus spp*) au Bénin. *International Journal of Neglected and Underutilized Species,* 15(*2),* 33-41.

Annabi, M., Le Bissonnais, Y., Francou, C., Le Villio-Poitrenaud, M., & Houot, S. (2005). Utilisation de composts pour améliorer la stabilité structurale des sols limoneux. *European Scientific Journal*, 56, 3-8.

Bangoura, M. R. (2017). Gestion des déchets solides ménagers et ségrégation socio-spatiale dans la ville de Conakry . Thèse de doctorant. Université de Toulouse, 558p.

Bernai, M. P., Paredes, C., Sanchez-Monedero, M. A., & Cegarra, J. (1998). Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*, *63*(1), 91-99.

Bertolini, L., Le Clercq, F., & Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, *12*(3), 207-220.

Bigumandondera, P. (2014). Etude de l'assainissement non collectif en Afrique Subsaharienne: Application à la ville de Bujumbura, 258p

Bisimwa, D. K., Jung, C. G., Ndikumana, T., & Kabale, A. C. (2012). Contribution à la gestion et à l'exploration des voies de valorisation des déchets ménagers dans la ville de Bukavu, Sud-Kivu/RD Congo. *Working Papers CEB,* 12(5), 41-88.

Blaise, L. (2001). Guide des matières organiques, Tome 1, Ed. *ITAB, Paris*, 104-151.

Charnay, F. (2005). Compostage des déchets urbains dans les pays en développement: élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost . Thèse de doctorant . Université de Limoges, 229p.

Chennaoui, M., Salama, Y., Makan, A., & Mountadar, M. (2016). Valorisation agricole d'un compost produit à partir du compostage en cuve des déchets municipaux. *European Scientific Journal*, 12(35), 247-265.

Citeretse, L., & Walter, H. E. C. Q. (2008). Les déchets ménagers solides de la ville de Bujumbura (Burundi): Quelles perspectives pour une gestion durable. Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, IGEAT, Université Libre de Bruxelles, 67p.

Compaoré, E., Nanema, L. S., Bonkoungou, S., & Sedogo, M. P. (2010). Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. *Journal of Applied Biosciences*, 28(4), 232-237.

Courchesne, F. (2003). Gobat, Jean-Michel, Aragno, Michel et Matthey, Willy, 2003. Le sol vivant. Bases de pédologie–Biologie des sols. 2e éd. revue et augmentée. Coll. Gérer l'environnement. Les Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, xx+ 568 p., 500 tabl. et fig., photographies en couleurs, 16 x 24 cm, 63, 50€(env. 104, 00 CAD). ISBN 2-88074-501-2. *Géographie Physique et Quaternaire*, *57*(23), 255-256.

De Raïssac, M., Marnotte, P., & Alphonse, S. (1998). Interactions entre plantes de couverture, mauvaises herbes et cultures: quelle est l'importance de l'allélopathie ? *Revue suisse Agricole,* 56(6), 221-227.

Delabays, N., Wirth, J., Bohren, C., Mermillod, G., & De Joffrey, J. P. (2009). L'allélopathie: un phénomène controversé, mais prometteur. *Revue suisse Agricole*, *41*(6), 313-319.

Dupre, M., Dangeard, I., & Meineri, S. (2014). Revue de littérature sur les techniques d'influence et de communication appliquées à la gestion des déchets. *Pratiques Psychologiques*, *20*(4), 211-230.

Dusabe, M. S. (2013). Étude de faisabilité technique et financière de la valorisation des déchets ménagers organiques, papiers et cartons pour la fabrication des briquettes combustibles à Bujumbura, Burundi. Mémoire de master. Institut international d'ingénierie, Burkina Faso, 55p.

FAO (Food and Agriculture Organization), 1988. "Traditional Food Plants." FAO Food and Nutrition Paper 42. FAO, Rome.

Faverial, J. (2016). Compostage et vermicompostage des effluents d'élevage: une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale. Thèse de doctorant, Université des Antilles, 163p.

Fuchs, J. G. (2009). Fertilité et pathogènes telluriques: effets du compost. *Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques*, 10(3), 105-110.

Giasson, P. (2005). Use of mycorrhizal fungi in the process of phytoremediation of heavy metal contaminated soils . Thèse de doctorant . Université du Québec à Montréal, 150 p.

Golueke, C. G. (1977). The biological approach to solid waste management. *Compost Sciences (United States)*, 18(4), 4–9.

Grubben, G. J. H. (1975). La culture de l'amarante, légume-feuilles tropical: avec référence spéciale au sud-Dahomey. Wageningen University and Research, 102p.

Haig, T. 2008. Allelochemicals in Plants. In R. S. Zeng, A. U. Mallik, and S. M. Luo [eds.], Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry, 63–104. Springer New York, New York, NY.

Hashoum, H. (2017). Impact du changement climatique sur les interactions biotiques en forêt méditerranéenne: approches chimique, écophysiologique et fonctionnelle . Thèse de doctorant. Université de l'Aix-Marseille, 190p.

Herihajaniavo, A. M., Sambe, F. M., Dieng, M., Andrianary, P. A., & Diop, C. M. (2016). Identification des bactéries du compostage des déchets putrescibles de l'École Supérieure Polytechnique de Dakar. Évolution des Coliformes fécaux (CF), *Escherichia coli* (E. coli), bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR), *Pseudomonas aeruginosa* (Pseudo. a) au cours de la phase thermophile. *Afrique Science*, *12*(6), 130-136.

Houot, S., Cambier, P., Deschamps, M., Benoit, P., Bodineau, G., Nicolardot, B., ... & Lebeau, T. (2009). Compostage et valorisation par l'agriculture des déchets urbains. *Innovations Agronomiques*, 16(5), 69-81.

IFDC. (2021). Etude préalable sur la valorisation des résidus et déchets à finalité agricole :Rapport de consultance. Université de Ngozi, 141p.

Inckel, M., Smet, P. D., Tersmette, T., & Veldkamp, T. (2005). Fabrication et utilisation du compost. Agromisa/CTA, 72p.

ISABU. (2000). Synthèses référentielles de la recherche sur la fertilisation des cultures au Burundi, Bujumbura, 92p.

ISTEEBU. (2006). Cahier démographique du Burundi, Bujumbura, 1213p.

Kaboneka, S., Bizimana, S., Nijimbere, S., & Nahayo, F. (2021). Appliqués seuls, les engrais minéraux azotés et phosphatés accélèrent la dégradation de la matière organique d'un sol acide d'altitude du Mugamba sud (Burundi). *Mon journal*, *31*(1), 8-14.

Kaboneka, S., Nsavyimana, G., Nkurunziza, M., & Ntezukwigira, G. (2020). Allelopathic effects of *Calliandra calothyrsus Meisn, Senna siamea L*. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp Leaves on maize (*Zea mays L*.) and bean (*Phaseolus vulgaris L*.) root and shoot growth. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (IJASRE)*, *6*(2), 47-59.

Kaboneka, S., Sabbe, W. E., & Mauromoustakos, A. (1997). Carbon decomposition kinetics and nitrogen mineralization from corn, soybean, and wheat residues. *Communications in soil science and plant analysis*, *28*(15-16), 1359-1373.

Kalinova, J. (2010). Allelopathy and organic farming. *Sociology, organic farming, climate change and soil science*, 48(5), 379-418.

Kalinova, J., & Vrchotova, N. (2009). Level of catechin, myricetin, quercetin and isoquercitrin in buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*), changes of their levels during vegetation and their effect on the growth of selected weeds. *Journal of agricultural and food chemistry*, *57*(7), 2719-2725.

Larbi, M. (2006). Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de doctorant, Université de Neuchâtel). 218p

Lebas, M. A. (2010). Evaluation du potentiel assainissant de 6 espèces végétales vis-à-vis du flétrissement bactérien de la tomate (*Ralstonia solanacearum*), en conditions semi-contrôlées (serre). Thèse de doctorant, Université d'Agrocampus Ouest, 90 p.

Lumami, K., Muyisa, S., & Jung, C. G. (2016). Contribution à l'état des lieux de déchets solides ménagers dans la ville D'Uvira, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, *10*(3), 1413-1421.

Mizero, M., Ndikumana, T., & Jung, G. (2015). Quantification, caractérisation et voies de valorisation des déchets solides municipaux dans la ville de Bujumbura. *Bulletin scientifique sur l'environnement et la biodiversité*, 1(11), 1-7.

Mburu, M. W., Gikonyo, N. K., Kenji, G. M., & Mwasaru, A. M. (2012). Nutritional and functional properties of a complementary food based on Kenyan amaranth grain (*Amaranthus cruentus*). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(2), 5959-5977.

MEEATU. (2013). Plan Directeur d'assainissement des eaux usées et des excreta de la ville de Bujumbura, Rapport Groupement FWT-SHER-GEOSCI - Mars 2013, Bujumbura, Burundi, 255 p.

MINAGRI. (2011). Plan d'Investissement Agricole 2011-2017,Bujumbura, 99p.

Monateri, M.(1999). Le compostage : données actuelles sur les aspects techniques, économiques et règlementaires , 121p.

Mrabet, L., Belghtyi, D., Loukili, A., & Attarassi, B. (2011). Étude de l'effet du compost des déchets ménagers sur l'amélioration du rendement de Maïs et de la Laitue. *Afrique Science*, 7(2) , 74 - 84.

Müller, C. (2007). Anaerobic digestion of biodegradable solid waste in low-and middle-income countries. *Sandec report*, 63p.

Naquin, P., & Ngnikam, E. (2008). Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement: Modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes. *Guide CEFREPADE, ADEME*, 11(2) , 84 - 94.

Ndikubwayo, E. (2019). Contribution de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG) dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'environnement urbain et périurbain de la partie nord de la mairie de Bujumbura, Burundi . Mémoire de Master, Université de Liège, 55p.

Nhari, F., Sbaa, M., Vasel, J. L., Fekhaoui, M., & El Morhit, M. (2014). Contamination des sols d'une décharge non contrôlée par les métaux lourds: cas de la décharge Ahfir-Saidia (Maroc oriental)[Soil contamination of the landfill uncontrolled by heavy metals: case of the landfill of Ahfir-Saidia (Eastern Morocco)]. *Journal Material Environnement Science*, *5*(5), 1477-1484.

Noua, Z. (2020). Synthèse bibliographique des métaux lourds et leur piégeage par adsorption sur des argiles. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider-Biskra, 50p.

Ntukamazina. N. (2006). Etude d'une fertilité fractionnée des engrais minéraux N6P sur la culture d'arachide variété A1055 dans la région de l'Imbo. Bujumbura. Mémoire, Université du Burundi, FACAGRO, 75p.

Onivogui, G., Balde, S., Bangoura, K., & Barry, M. K. (2013). Évaluation des risques de pollution en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Co, Ni, Zn) des eaux et des sédiments de l'estuaire du fleuve Konkouré (Rep. de Guinée). *Afrique Science*, *9*(3), 36-44.

Pagliai, M., Vignozzi, N., & Pellegrini, S. (2004). Soil structure and the effect of management practices. *Soil and tillage research*, *79*(2), 131-143.

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. UTL!https!//www.R-project.org

Reau, R., Bodet, J. M., Bordes, J. P., Dore, T., Ennaifar, S., Moussart, A., ... & Tivoli, B. (2005). Effets allélopathiques des Brassicacées via leurs actions sur les agents pathogènes telluriques et les mycorhizes: analyse bibliographique. Partie 1. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, *12*(3), 261-271.

Reigosa, M. J., Pedrol, N., & González, L. (Eds.). (2006). Allelopathy: a physiological process with ecological implications. *Springer Science & Business Media*, 9(9), 171–209.

Rivoal, A., C. Fernandez, S. Greff, N. Montes and B. Vila. 2011. Does competition stress decrease allelopathic potential ? *Biochemical Systematics and Ecology* , 39(4-6), 401-407.

Robles, C., Bonin, G., & Garzino, S. (1999). Potentialités autotoxiques et allélopathiques de Cistus albidus L. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 322(8), 677-685.

Rocher, L. (2008). Les contradictions de la gestion intégrée des déchets urbains: l'incinération entre valorisation énergétique et refus social. *Flux*, (4), 22-29.

Rucakumugufi, D., Dieng, M., Ntakarutimana, V., Sambe, F. M., Bigumandondera, P., & Diop, C. M. (2021). Co-compostage des déchets solides ménagers avec les déjections d'élevage: optimisation du rapport C/N des substrats de départ. *Afrique Science*, *18*(2), 94-107.

Rucakumugufi, D., Nkurunziza, E., Bigumandondera, P., Kaboneka, S., Diop, C. M., & Ntakarutimana, V. (2022). Influence du rapport C/N des intrants sur la qualité du compost produit. *Afrique Science*, *20*(6), 14-27.

Savadogo, I. (2011). Evaluation de l'efficacité agronomique du compost de déchets urbains soudes de la ville de ouagadougou .Diplôme d'ingénieur en vulgarisation agricole. Université Polytechnique De Bobo-Dioulasso (Institut Du Développement Rural), 55p.

Sirven P. (1983), La sous-urbanisation et les villes du Rwanda et du Burundi. Thèse d'Etat, Université de Bordeaux III, 198p.

SETEMU. (2005). Evacuation des déchets solides et des boues de la ville de Bujumbura, Bujumbura, 216p.

Sokoto, M., & Johnbosco, O. (2017). Growth and yield of Amaranths (Amaranthus spp.) as influenced by seed rate and variety in Sokoto, Nigeria. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2(2), 79-85.

Tshala, U. J., Kitabala, M. A., Tunda, M. J. P., Mufind, K. M., Kalenda, M. A., Kapele, K. G., & Nyembo, K. L. (2017). Vers une valorisation des déchets ménagers en agriculture (péri) urbaine à Kolwezi: caractérisation et influence de la saisonnalité. *Journal of Applied Biosciences*, 112, 11072-11079.

Turbide, C.G. (2011). Optimisation des paramètres de fonctionnement d'un bioréacteur dans un procédé de tri-compostage. Thèse de doctorant, Université de Québec, 64p.

Wallace, P., Cooper, B., Evans, T., Hollingworth, L., & Nichols, E. (2005). Assessment of options and requirements for stability and maturity testing of composts. *The Waste and Resources Action Programme, Banbury*, 6(2), 58-77 .

Znaïdi, A. (2002). Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Thèse de doctorant, Université Mediterranean Agronomic Institute of Bari, 104p.

WEBOGRAPHIE

https://reca-niger.org/IMG/pdf/fiche_technique_amarante_cra_niamey Consulté le 09 Mai 2023.

ANNEXES

Annexe A : Relevé des plants d'amarante /1er essai

Nombre de plants d'amaranthe/Premier ESSAI														
		Dates	Le 10/01/022			Le17/01/022			24/01/022			31/01/022		
		N° de boite	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% dose	Compost		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0%	Témoin		3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3
25%	C1		3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	3	3
	C2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	C3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	C4		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
50%	C1		3	3	3	3	3	2	2	3	1	2	3	1
	C2		3	3	2	3	3	1	3	3	1	3	3	1
	C3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	C4		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
75%	C1		3	3	3	3	3	3	2	3	1	2	3	1
	C2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	C3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	C4		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
100%	C1		3	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3
	C2		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	C3		3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2
	C4		2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2

Annexe B: Relevé des plants d'amarante /2ème essai

Traitements	Nombre de plants levés suivant les dates de relevé		
	03-14 au 02/2022	15-24 au 02/2022	25/02 au 06/03/2022
C1D100-1	2	2	2
C1D100-2	2	2	2
C1D100-3	3	3	2
C1D25-1	2	2	2
C1D25-2	3	3	3
C1D25-3	2	2	2
C1D50-1	2	2	1
C1D50-2	3	3	2
C1D50-3	3	2	2
C1D75-1	1	1	1
C1D75-2	3	2	2
C1D75-3	3	1	1
C2D100-1	1	1	1
C2D100-2	2	1	1
C2D100-3	2	1	1
C2D25-1	2	1	0
C2D25-2	3	2	2
C2D25-3	3	2	2
C2D50-1	2	2	2
C2D50-2	0	0	0
C2D50-3	3	2	1
C2D75-1	2	2	2
C2D75-2	0	0	0
C2D75-3	3	3	3
C3D100-1	1	1	1
C3D100-2	0	0	0
C3D100-3	3	2	2
C3D25-1	3	1	1

C3D25-2	2	1	1
C3D25-3	3	3	3
C3D50-1	3	2	2
C3D50-2	0	0	0
C3D50-3	2	1	1
C3D75-1	2	2	2
C3D75-2	3	2	2
C3D75-3	2	2	1
C4D100-1	1	1	1
C4D100-2	3	2	2
C4D100-3	3	3	3
C4D25-1	3	3	3
C4D25-2	2	2	2
C4D25-3	2	2	2
C4D50-1	3	2	2
C4D50-2	2	2	2
C4D50-3	3	1	1
C4D75-1	2	1	1
C4D75-2	3	2	1
C4D75-3	1	1	1
D0-1	3	3	3
D0-2	3	3	3
D0-3	3	3	3

Annexe C: Tableau de relevée des plants d'amarante /3ème essai

	Nombre de plants levés suivant les dates de relevé		
Traitements	18-28/04/022	28/04-08/05/022	08-18/05/022
C1D100-1	3	3	2
C1D100-2	3	2	2
C1D100-3	3	1	1
C1D25-1	3	3	3
C1D25-2	2	2	2
C1D25-3	3	2	2
C1D50-1	3	3	3
C1D50-2	3	3	3
C1D50-3	3	3	3
C1D75-1	2	2	2
C1D75-2	3	3	2
C1D75-3	2	2	2
C2D100-1	3	1	1
C2D100-2	3	1	1
C2D100-3	1	1	1
C2D25-1	2	2	2
C2D25-2	1	1	1
C2D25-3	2	2	2
C2D50-1	3	1	1
C2D50-2	2	1	1
C2D50-3	3	3	2
C2D75-1	2	1	1
C2D75-2	3	1	1
C2D75-3	3	2	2
C3D100-1	3	3	3
C3D100-2	3	3	2
C3D100-3	3	3	2
C3D25-1	3	3	3

C3D25-2	3	2	2
C3D25-3	3	3	3
C3D50-1	3	3	3
C3D50-2	3	3	3
C3D50-3	3	2	2
C3D75-1	3	1	1
C3D75-2	3	3	2
C3D75-3	3	1	0
C4D100-1	3	3	2
C4D100-2	3	3	3
C4D100-3	3	3	3
C4D25-1	3	3	3
C4D25-2	3	1	1
C4D25-3	3	2	2
C4D50-1	3	3	3
C4D50-2	3	3	3
C4D50-3	2	2	1
C4D75-1	3	3	3
C4D75-2	3	2	2
C4D75-3	3	2	1
D0-1	3	0	0
D0-2	2	1	0
D0-3	1	1	0

Annexe D : Tableau récapitulatif des moyens de taux de croissance d'amarante à la récolte de chaque essai.

Traitements	Moyenne		
	Essai1	Essai 2	Essai3
Témoin	3	3	0
C1D25	3	2,33	2,33
C2D25	3	1,33	1,66
C3D25	3	1,66	1,66
C4D25	2,66	2,33	1,66
C1D50	2	1,66	3
C2D50	2,33	1	1,33
C3D50	3	1	1,66
C4D50	3	1,66	1,66
C1D75	2	1,33	2
C2D75	3	1,66	1,33
C3D75	3	1,66	1
C4D75	3	1	1,66
C1D100	2,66	2	1,66
C2D100	3	1	1
C3D100	2	1	2,33
C4D100	1,33	1,66	2,33

Annexe E : Résultats de biomasses au premier essai

	Biomasses 1ère ESSAI		
Traitements	Biomasse Totale(g)	Biomasse racinaire(g)	Biomasse foliaire(g)
C1D100-1	1,91	0,37	1,54
C1D100-2	0,77	0,12	0,65
C1D100-3	1,34	1,34	0
C1D25-1	0,56	0,07	0,49
C1D25-2	3,15	0,53	2,62
C1D25-3	5,55	0,58	4,97
C1D50-1	1,48	0,21	1,27
C1D50-2	2,31	0,38	1,93
C1D50-3	0,14	0,02	0,12
C1D75-1	1,32	0,16	1,16
C1D75-2	1,53	0,26	1,27
C1D75-3	0,96	0,17	0,79
C2D100-1	1,4	0,35	1,05
C2D100-2	1,89	0,38	1,51
C2D100-3	0,61	0,16	0,45
C2D25-1	2,74	0,37	2,37
C2D25-2	3,41	0,47	2,94
C2D25-3	3,38	0,37	3,01
C2D50-1	1,59	0,23	1,36
C2D50-2	3,83	0,65	3,18
C2D50-3	1,12	0,19	0,93
C2D75-1	1,23	0,18	1,05
C2D75-2	0,2	0,03	0,17
C2D75-3	1,29	0,23	1,06
C3D100-1	0,51	0,11	0,4
C3D100-2	0,76	0,15	0,61
C3D100-3	0,32	0,04	0,28

C3D25-1	1,41	0,18	1,23
C3D25-2	2,27	0,28	1,99
C3D25-3	1,2	0,14	1,06
C3D50-1	1,57	0,17	1,4
C3D50-2	2,03	0,29	1,74
C3D50-3	0,43	0,06	0,37
C3D75-1	1,83	0,27	1,56
C3D75-2	0,76	0,18	0,58
C3D75-3	1,18	0,19	0,99
C4D100-1	0,45	0,07	0,38
C4D100-2	0	0,00	0
C4D100-3	1,4	0,22	1,18
C4D25-1	3,07	0,41	2,66
C4D25-2	4,59	0,58	4,01
C4D25-3	1,84	0,34	1,5
C4D50-1	1,52	0,21	1,31
C4D50-2	2,91	0,37	2,54
C4D50-3	2,61	0,28	2,33
C4D75-1	0,99	0,12	0,87
C4D75-2	2,56	0,31	2,25
C4D75-3	1,63	0,32	1,37
D0-1	2,21	0,34	1,87
D0-2	0,85	0,11	0,74
D0-3	1,04	0,3	0,74

Annexe F : Résultats de biomasses / Deuxième

	Biomasses/Deuxième		
Traitements	Biomasse Totale(g)	Biomasse racinaire(g)	Biomasse foliaire(g)
C1D100-1	2,517	0,412	2,105
C1D100-2	1,929	0,403	1,526
C1D100-3	0,811	0,155	0,656
C1D25-1	4,19	0,681	3,509
C1D25-2	4,607	0,627	3,98
C1D25-3	4,895	0,815	4,08
C1D50-1	1,056	0,198	0,858
C1D50-2	4,034	0,656	3,378
C1D50-3	1,805	0,331	1,474
C1D75-1	1,124	0,18	0,944
C1D75-2	1,146	0,271	0,875
C1D75-3	1,464	0,301	1,163
C2D100-1	0,667	0,212	0,455
C2D100-2	0,302	0,072	0,23
C2D100-3	0,313	0,091	0,222
C2D25-1	0	0	0
C2D25-2	3,379	0,422	2,957
C2D25-3	3,066	0,539	2,527
C2D50-1	3,689	0,482	3,207
C2D50-2	0	0	0
C2D50-3	0,526	0,091	0,435
C2D75-1	1,028	0,184	0,844
C2D75-2	0	0	0
C2D75-3	1,468	0,358	1,11
C3D100-1	1,268	0,226	1,042
C3D100-2	0	0	0
C3D100-3	0,729	0,164	0,565
C3D25-1	3,209	0,592	2,617
C3D25-2	2,682	0,388	2,294

C3D25-3	2,639	0,344	2,295
C3D50-1	2,047	0,328	1,719
C3D50-2	0	0	0
C3D50-3	1,843	0,335	1,508
C3D75-1	0,997	0,203	0,794
C3D75-2	1,549	0,304	1,245
C3D75-3	0,376	0,088	0,288
C4D100-1	1,571	0,322	1,249
C4D100-2	1,123	0,135	0,988
C4D100-3	3,739	0,643	3,096
C4D25-1	4,237	0,609	3,628
C4D25-2	3,585	0,556	3,029
C4D25-3	3,91	0,639	3,271
C4D50-1	1,736	0,269	1,467
C4D50-2	4,445	0,656	3,789
C4D50-3	1,036	0,157	0,879
C4D75-1	0,961	0,165	0,796
C4D75-2	0,643	0,118	0,525
C4D75-3	0,39	0,084	0,306
D0-1	1,796	0,257	1,539
D0-2	1,752	0,284	1,468
D0-3	2,79	0,451	2,339

Annexe G : Résultats de biomasses/3ème ESSAI

	Biomasses /3ème ESSAI		
Traitements	Biomasse Totale(g)	Biomasse racinaire(g)	Biomasse foliaire(g)
C1D100-1	2,503	0,656	1,847
C1D100-2	2,241	0,487	1,754
C1D100-3	0,565	0,297	0,268
C1D25-1	4,197	0,502	3,695
C1D25-2	4,094	0,479	3,615
C1D25-3	1,378	0,163	1,215
C1D50-1	0,616	0,367	0,249
C1D50-2	2,986	0,516	2,470
C1D50-3	5,070	0,720	4,350
C1D75-1	1,370	0,356	1,014
C1D75-2	1,760	0,447	1,313
C1D75-3	2,009	0,481	1,618
C2D100-1	0,537	0,117	0,20
C2D100-2	0,675	0,145	0,530
C2D100-3	0,753	0,123	0,630
C2D25-1	2,127	0,269	1,858
C2D25-2	0,523	0,148	0,375
C2D25-3	4,619	0,944	3,675
C2D50-1	1,113	0,282	0,831
C2D50-2	0,393	0,021	0,372
C2D50-3	2,074	0,318	1,756
C2D75-1	0,428	0,083	0,345
C2D75-2	1,415	0,270	1,145
C2D75-3	1,680	0,279	1,401
C3D100-1	3,893	0,692	3,201
C3D100-2	0,733	0,219	0,514
C3D100-3	0,841	0,076	0,465
C3D25-1	2,698	0,584	2,114
C3D25-2	2,621	0,472	2,149

C3D25-3	2,377	0,407	1,970
C3D50-1	2,368	0,457	1,911
C3D50-2	1,972	0,414	1,558
C3D50-3	1,420	0,198	1,222
C3D75-1	2,424	0,431	1,993
C3D75-2	4,318	0,783	3,535
C3D75-3	0,000	0,000	0,000
C4D100-1	1,727	0,233	1,494
C4D100-2	4,016	0,599	3,317
C4D100-3	4,825	0,919	3,906
C4D25-1	4,765	0,893	3,872
C4D25-2	3,133	0,367	2,766
C4D25-3	2,522	0,510	2,012
C4D50-1	3,271	0,532	2,739
C4D50-2	4,594	1,O58	3,536
C4D50-3	0,845	0,156	0,689
C4D75-1	3,427	0,709	2,718
C4D75-2	0,998	0,272	0,726
C4D75-3	0,565	0,069	0,496
D0-1	0,000	0,000	0,000
D0-2	0,000	0,000	0,000
D0-3	0,000	0,000	0,000

Annexe H : Aspects de la culture d'amarante au cours d'essais en serre



Plant d'amaranthe au stade de transplantation



Transplantation des plants en pots



Amaranthe au troisième semaine



Récolte d'Amaranthe au 30ème jour