

Développement d'une culture hors-sol de l'amarante (AMARANTHUS DUBIUS M.T) cultivée en pot sur différents mélanges (Terre/compost) avec fertilisation chimique complémentaire en agriculture urbaine

Auteur : Ilmo, Pierre Mackenson

Promoteur(s) : 10924

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/15622>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

**DÉVELOPPEMENT D'UNE CULTURE HORS-
SOL DE L'AMARANTE (*AMARANTHUS DUBIUS*
M.T) CULTIVÉE EN POT SUR DIFFÉRENTS
MÉLANGES (TERRE/COMPOST) AVEC
FERTILISATION CHIMIQUE
COMPLÉMENTAIRE EN AGRICULTURE
URBAINE**

PIERRE MACKENSON ILMO

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER DE
SPÉCIALISATION EN PRODUCTION INTÉGRÉE ET PRÉSERVATION DES RESSOURCES
NATURELLES EN MILIEU URBAIN ET PÉRI-URBAIN**

ANNÉE ACADÉMIQUE : 2021-2022

PROMOTEUR : STÉPHANE COGNET

Copyright : « Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech. »

« Le contenu du présent document n'engage que l'auteur. »

**DÉVELOPPEMENT D'UNE CULTURE HORS-
SOL DE L'AMARANTE (*AMARANTHUS DUBIUS*
M.T) CULTIVÉE EN POT SUR DIFFÉRENTS
MÉLANGES (TERRE/COMPOST) AVEC
FERTILISATION CHIMIQUE
COMPLÉMENTAIRE EN AGRICULTURE
URBAINE**

PIERRE MACKENSON ILMO

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER DE
SPÉCIALISATION EN PRODUCTION INTÉGRÉE ET PRÉSERVATION DES RESSOURCES
NATURELLES EN MILIEU URBAIN ET PÉRI-URBAIN**

ANNÉE ACADÉMIQUE : 2021-2022

PROMOTEUR : STÉPHANE COGNET

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire de fin d'études a été une réussite grâce à l'aide de plusieurs personnes et entités à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Je voudrais remercier en premier lieu, l'ARES qui a financé cette formation qui m'a permis d'acquérir de nouvelles connaissances.

Je tiens à remercier grandement mon promoteur, Stéphane Cognet pour son regard critique qu'il a porté sur mon travail et pour ses précieux conseils scientifiques.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs de Gembloux Agro-Bio Tech et de la Haute École de Charlemagne de leurs infatigables attentions tout le long de la formation. Particulièrement, je remercie le professeur Haïssam Jijakli, le responsable du Master, pour ses dévouements.

Je remercie tous les intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et qui ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie ma femme, Carolina M. ILMO, mes chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mes sœurs : Noza, Nadège et Nancy et mes frères : Luzcon et Neslyn, pour leurs encouragements.

Je remercie Mme Mireille, mes amis : Jacques et Zaro et le groupe GG7 pour leurs conseils méthodiques.

Je remercie le personnel de la Direction de la Production Végétale (DPV), particulièrement le Dr. Dakson SANON, Mme Saintana, Mme Magala, Agr. DESROSIERS, Agr. Jacson, Agr. Valoune et Mme Ruth pour leur encadrement et leurs précieux conseils.

Je veux remercier mes collègues de promotion particulièrement : Roselande, Nixon, Amétel, Alfred, Claudel, Hyppolite et Solange pour l'entraide et les mots d'encouragement.

Enfin, je remercie mes amis Thomas et Widnisson, Mr. Fritz, Ronaldine, Patrick et Mme Delsy pour leur soutien inconditionnel qui a été une grande aide.

RÉSUMÉ

Cet essai consistait à déterminer l'effet de la proportion du mélange de compost et de la terre et de la fertilisation chimique sur la croissance, le développement et le rendement de l'amarante (*Amaranthus dubius* M.T.) cultivée en pot par rapport au plein champ. A cet effet, plusieurs combinaisons de substrats issus du mélange de terre/compost et de la fertilisation chimique ont été réalisées pour donner huit (8) traitements repartis dans un dispositif en blocs complets aléatoires. Les traitements étaient constitués ainsi : T1 (75 % terre, 25 % compost, sans engrais), T2 (50% terre, 50% compost, sans engrais), T3 (25% terre, 75% compost, sans engrais), T4 (100% terre, 0 % compost, avec engrais), T5 (75 % terre, 25 % compost, avec engrais), T6 (50% terre, 50% compost, avec engrais), T7 (25% terre, 75% compost, avec engrais) et un traitement témoin T0 (100% terre, 0 % compost, sans engrais). La combinaison des huit (8) traitements avec quatre (4) répétitions donne 32 unités expérimentales. Les unités expérimentales (pots) ont été séparées les unes des autres de 0.5 m entre les lignes et 0.5 m entre les colonnes. Dans l'ensemble, l'étude a été réalisée sur une superficie de 10 m².

Les mesures ont porté sur les paramètres de croissance, la matière fraîche et le rendement. Les résultats obtenus ont été comparés avec une autre étude qui a été réalisée sur l'amarante en plein champ. Des comparaisons multiples des moyennes ont été réalisées selon le test de Duncan au seuil de probabilité de 5% ($p < 0.05$). Les résultats ont montré que le mélange contenant 25% compost s'est révélé plus productif avec ou sans engrais chimique et le mélange contenant 75% compost le moins productif même avec la fertilisation chimique, il n'a pas été trop intéressant. En moyenne la quantité de matière fraîche et le rendement ont varié significativement entre les traitements. Les plus hauts rendements en matière fraîche ont été obtenus avec T5 (81.69 g/pot) et T1 (80.06 g/pot) et les plus faibles avec T3 (51.25g/pot) et T0 (52.69 g/pot). En conclusion, les résultats ont montré qu'avec les mélanges de terre et de compost, on peut obtenir des rendements intéressants avec de l'amarante cultivée en pot et que les toits sont des espaces potentiels à exploiter. De ce fait, il ne reste qu'à reprendre cet essai pour d'autres cultures légumières avec ces mélanges (terre/compost) afin de promouvoir l'agriculture urbaine en Haïti.

Mots-clés : Mélanges, Substrat, compost, *Amaranthus dubius* M.T., engrais chimique, pots, toit, agriculture urbaine.

ABSTRACT

This trial consisted of determining the effect of the proportion of the mixture of compost and soil and chemical fertilization on the growth, development, and yield of amaranth (*Amaranthus dubius* MT) grown in pots compared to the open field. To this end, several combinations of substrates from the soil/compost mixture and chemical fertilization were carried out to give eight (8) treatments distributed in a device in random complete blocks. The treatments consisted of: T1 (75% soil, 25% compost, no fertilizer), T2 (50% soil, 50% compost, no fertilizer), T3 (25% soil, 75% compost, no fertilizer), T4 (100% soil, 0% compost, with fertilizer), T5 (75% soil, 25% compost, with fertilizer), T6 (50% soil, 50% compost, with fertilizer), T7 (25% soil, 75% compost, with fertilizer) and a control treatment T0 (100% soil, 0% compost, without fertilizer). The combination of the eight (8) treatments with four (4) repetitions gives 32 experimental units. The experimental units (pots) were separated from each other by 0.5 m between rows and 0.5 m between columns. Overall, the study was carried out over an area of 10 m².

Measurements focused on growth parameters, fresh matter, and yield. The results obtained were compared with another study which was carried out on amaranth in the open field. Multiple comparisons of the means were carried out according to Duncan's test at the probability threshold of 5% ($p < 0.05$). The results showed that the mixture containing 25% compost proved to be more productive with or without chemical fertilizer and the mixture containing 75% compost the least productive even with chemical fertilization, it was not too interesting. On average, the amount of fresh material and the yield varied significantly between treatments. The highest fresh matter yields were obtained with T5 (81.69 g/pot) and T1 (80.06 g/pot) and the lowest with T3 (51.25g/pot) and T0 (52.69 g/pot). In conclusion, the results showed that with mixtures of soil and compost, interesting yields can be obtained with amaranth grown in pots and that roofs are potential spaces to be exploited. Therefore, it only remains to repeat this trial for other vegetable crops with these mixtures (earth/compost) to promote urban agriculture in Haiti.

Key words: Mixtures, Substrate, compost, *Amaranthus dubius* MT, chemical fertilizer, pots, roof, urban agriculture.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	i
RÉSUMÉ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ANNEXES	viii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ix
I.- INTRODUCTION.....	1
II.- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
2.1.- Urbanisation.....	4
2.2.- Contexte du milieu urbain en Haïti.....	4
2.3.- Agriculture rurale, péri-urbaine et urbaine en Haïti	5
2.4.- Situation alimentaire et nutritionnelle en Haïti.....	6
2.5.- Production maraîchère en Haïti	7
2.6. Culture en pot.....	8
2.7.- Le Compost.....	14
2.7.1.- Les caractéristiques du compost	14
2.7.2.- Usage agronomique du compost.....	15
2.8.- Usage du compost dans la production de légumes	16
2.8.1.- Exigences écologiques et physiologiques.....	17
2.8.2.- Valeur nutritionnelle et usage de l’amarante	17
2.8.3.- Fertilisation de l’amarante	18
2.8.4.- Culture de l’amarante en pot.....	20
2.8.5. Rendement en plein champ	21
III.- MATÉRIEL ET MÉTHODES	22
3.1.- Zone de l’étude	22
3.2.- Matériels	23
3.3.- Méthodes	27
3.3.1.- Préparation des substrats.....	27

3.3.2.- Analyse des substrats	27
3.3.3.- Fertilisation chimique	28
3.3.4.- Conduite de l'essai.....	29
3.3.5.- Collecte des données	30
3.3.6.- Analyse des données.....	32
IV.- RESULTATS	33
4.1.- Paramètres de croissance	33
4.1.1.- Hauteur des plantes.....	33
4.1.2.- Nombre de feuilles par plante.....	34
4.1.3.- Diamètre au collet.....	36
4.2.- Rendement.....	37
4.2.1.- Matière fraîche par coupes successives	37
4.2.2.- Rendement en matière fraîche	39
V.- DISCUSSIONS.....	42
VI.- CONCLUSION ET PERSPECTIVES	45
VII.- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques d'un support de culture considéré comme satisfaisant.....	12
Tableau 2.- Composition approximative de 100 g de feuilles d'amarante	18
Tableau 3.- Action d'une seule application de gadoue et d'engrais chimiques sur trois cultures successives d'amarante, récoltées par arrachage. Rendements en Kg/ha de matière sèche.....	20
Tableau 4. Rendement d'amarante (matière fraîche) dans un essai avec cinq densités différentes	21
Tableau 5. Les caractéristiques physico-chimiques des substrats	28
Tableau 6. Les fertilisants chimiques apportés en mg/pot pour la culture de l'amarante.....	29
Tableau 8. La hauteur moyenne des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.....	34
Tableau 9. Le nombre de feuilles en moyenne des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.	36
Tableau 10. Le diamètre moyen des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.....	37
Tableau 11. Le poids moyen de la matière fraîche en (g) des tiges et feuilles récoltées par coupes successives des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.	39
Tableau 12. Le rendement moyen en g/pot par coupe successive des plantes d'amarante en fonction des traitements	41

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Urban and rural population in the current country or area as a percentage of the total population, 1950 to 2050	5
Figure 2. Le cycle des pots dans l'usage horticole	10
Figure 3. Localisation géographique de la commune de Carrefour	22
Figure 4. La température et la pluviométrie de Carrefour	23
Figure 5. Présentation du dispositif expérimental.....	26
Figure 6. Le substrat tamisé.....	27
Figure 7. Les plantules en pépinière	30
Figure 8. Mesure de la hauteur des plantes.....	31
Figure 9. Mesure du diamètre au collet	31

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Calcul de la dose d'engrais à appliquer	a
Annexe 2. Les photos de la parcelle expérimentale et des prises de mesure	d
Annexe 3. Matrice des données collectées 4 semaines après la transplantation.....	f
Annexe 4. Matrice des données collectées 8 semaines après la transplantation.....	g
Annexe 5. Analyse de variance des données de la 4 ^{ème} semaine après la transplantation	h
Annexe 6. Analyse de variance des données de la 8 ^{ème} semaine après la transplantation	k

LISTE DES ABREVIATIONS

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
ANOVA	Analysis of variance
ARES	Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur
C.E.	Conductivité Électrique
C.E.C	Capacité d'échange cationique
CNRA	Centre National de Recherche Agronomique
CNSA	Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire
C/N	Carbone/Azote
ENSA	Enquête Nationale de la Sécurité Alimentaire
FAMV	Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nation
IBGE	Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
IHSI	Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique
MAAO	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario
MARNDR	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural
MADRPM	Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes
ODD	Objectif de Développement Durable
ODAPSA	Organisation pour la reforestation, le Développement Agricole et la Sécurité alimentaire
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONU	Organisation des Nations Unies
PAM	Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies
PCR	Post-Consumer Recycled
PNAS	Proceedings of the National Academy of Sciences
PPDS	Plus Petite Différence Significative
SNHF	Société Nationale d'Horticulture de France

I.- INTRODUCTION

L'une des grandes problématiques auxquelles l'agriculture actuelle et celle de demain doivent faire face est l'augmentation de la population mondiale. En effet, pour l'année 2019, elle a été évaluée à 7.7 milliards d'habitants et devrait franchir le seuil de 8 milliards en 2022 et atteindre près de 10 milliards en 2050 d'après le scénario moyen des projections des Nations Unies (Pison, 2019). De plus, World Bank (2019) souligne que 55 % de la population mondiale de l'année 2019, soit 4,2 milliards d'habitants vivaient en ville. Cette tendance devrait se poursuivre et d'ici 2050, le nombre actuel de citadins devrait doubler où pratiquement 7 personnes sur 10 dans le monde vivront en milieu urbain. Cette même situation a été observée en Haïti, pour l'année 2021, la population nationale de 2020 estimée à 11743017 habitants est passée à 11905897 habitants en 2021 et la population urbaine est passée respectivement de 6535875 à 6709743 habitants (IHSI, 2021). D'après cette même source, le taux de croissance moyen annuel de la population est estimée à 1.34 % de 2020 à 2025. Ce phénomène d'explosion démographique engendre une forte augmentation de la demande alimentaire. Or, en dépit des progrès technologiques qui ont modernisé les modes de production et de distribution alimentaires, la faim et la malnutrition menacent toujours la santé et le bien-être de millions de personnes (Koc et *al.*, 2000). Ce qui implique que l'offre alimentaire n'augmente pas de manière proportionnelle à la demande. Selon Vance (2001) et Ao & Emeritus (2008), la difficulté d'augmenter l'offre alimentaire s'explique en partie par des limitations en terres agricoles.

Par exemple, en Haïti environ 85% des bassins versants sont dégradés ou transformés de manière très rapide. Ainsi, causant de fréquentes inondations dans le pays ; ce qui entraîne un épuisement drastique des facteurs de base de la production agricole (MARNDR, 2010). Ce phénomène réduit considérablement les espaces agricoles cultivables. En guise de cela, les impacts de l'urbanisation sur les sols cultivables deviennent de plus en plus forts. D'après Damon (2017), le taux d'urbanisation a grimpé au cours de ces dernières décennies avec comme corollaire la bidonvilisation de ses espaces. Ce phénomène augmente le taux d'insécurité alimentaire en milieu urbain car la majorité des gens qui vivent dans ces lieux n'ont aucune source de revenu. Quelle devrait être l'alternative à l'heure actuelle ? Dans ce contexte, qui bouleverse les équilibres socio-économiques et environnementaux déjà fragiles, il nous paraît opportun de s'intéresser à une autre forme d'agriculture comme composante de

projet d'innovation territoriale qui harmonise les activités agricoles et les conditions socio-environnementales des citoyens dans une vision de développement durable.

De ce fait, pour pallier la situation d'insécurité alimentaire urbaine et la mauvaise gestion des ressources foncières, il s'avère nécessaire de recourir à une agriculture susceptible d'améliorer le statut alimentaire et nutritionnel de la population, et qui permettrait d'exploiter le moins d'espace possible. En effet, l'agriculture urbaine peut être une solution pour faire face aux enjeux urbains contemporains. Dans la littérature, sa pertinence a été évoquée pour contribuer à une sécurité alimentaire des populations urbaines (FAO, 2009; Gagnon, 2007; Mougeot, 2006a; Reyburn, 2006; Small, 2007). Elle offre une forme active de loisirs, des ressources pour répondre aux problématiques environnementales et elle participe au maintien de la santé et à l'aménagement urbain viable (Wegmuller & Duchemin, 2010). Toutefois, Saint-Louis (2015) souligne qu'elle n'est pas venue substituer l'agriculture conventionnelle, mais pour la soutenir dans l'alimentation de la population.

La production de légume est au cœur de l'agriculture urbaine, particulièrement les légumes feuilles. Ce qui se révèle intéressant, car la consommation de fruits et légumes est considérée par de nombreuses instances comme un enjeu de santé publique et fait l'objet de recommandations nutritionnelles au niveau mondial par la FAO et l'OMS (Combris et *al.*, 2008). L'année 2021 a été proclamée « Année internationale des fruits et légumes » par l'Assemblée générale des Nations unies. Alors que les enjeux de santé et de nutrition sont au cœur des objectifs de développement durable (ODD) à l'horizon 2030, la promotion de ces produits s'inscrit dans un contexte de changement des habitudes alimentaires et de la consommation d'aliments sains, bons pour la santé et l'environnement. Afin de profiter de tous leurs bienfaits nutritionnels (fibres, nutriments, vitamines, minéraux, etc.), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande une consommation quotidienne de 400 grammes (g) de fruits et légumes par jour et par personne (Abis & Brun, 2022). C'est le cas pour la consommation des légumes feuilles. En particulier, ils présentent de grandes propriétés anti-oxydantes favorables à la santé humaine. Par exemple, la présence des précurseurs de la vitamine A (β -carotène) et la lutéine, permet de prévenir des maladies graves comme la dégénérescence maculaire et la cataracte, divers cancers et maladies cardiovasculaires (McLaren & Frigg, 2002 cité par Kahane et *al.*, 2005).

Outre leur importance nutritionnelle et sanitaire, les légumes feuilles jouent un rôle économique dans la stratégie de sécurité alimentaire des populations urbaines du Sud, dans la

mesure où ils sont produits et présents sur les marchés toute l'année, même pendant les périodes difficiles (Kahane et *al.*, 2005).

En Haïti, parmi les légumes-feuilles, l'amarante est d'une importance non négligeable. Elle est utilisée dans la production de feuilles tendres et de graines pour l'alimentation humaine, de fourrage pour les animaux, de plantes ornementales, de farine et de pâtes alimentaires. Selon CNRA (2012) elle est riche en vitamines et minéraux. La culture de l'amarante permet de répondre en partie aux besoins nutritionnels de la population en milieu urbain en Haïti. Les amarantes sont des plantes au cycle court et à croissance rapide, dans certaines zones, elles sont cultivées plusieurs fois par année (Bernard, 2014; CNRA, 2012). Ce sont également des plantes potagères. Elles sont cultivées pour leurs feuilles qui sont consommées jeunes, avant la floraison. Elles peuvent être cultivées en pot comme en plein champ. Malheureusement, en dépit des opportunités offertes par la culture en pot, cette pratique n'est pas vulgarisée en Haïti. De plus, très peu de recherches sont réalisées sur leur culture en Haïti. Bernard (2014) souligne que la fertilisation et le type de substrat approprié pour la culture en pot des amarantes ne sont pas encore maîtrisés.

Dans cette perspective, cette étude vise à promouvoir le développement durable de l'agriculture urbaine dans la ville de Carrefour, en vue d'améliorer la sécurité alimentaire, en se basant spécifiquement sur la culture de l'amarante en pot sur le toit. De manière spécifique, il s'agira :

- ❖ De déterminer l'effet de la proportion du mélange de terre/compost et de la fertilisation chimique complémentaire sur la croissance, le développement et le rendement de l'amarante cultivée en pot par rapport au plein champ ;
- ❖ D'identifier le mélange de compost et de la terre le plus favorable à la culture de l'amarante en pot

II.- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1.- Urbanisation

Le monde connaît une très forte croissance de l'urbanisation depuis la deuxième moitié du 20^{ème}. Ce phénomène se traduit par une augmentation fulgurante de la population et des activités non agricoles. Le taux d'urbanisation dans le monde en 1999 a été évalué à 45 %. Il est estimé que plus de 50 % de la population vit dans les villes à travers le monde et si la tendance se maintient, cette proportion pourrait atteindre 70 % en 2050 (ONU, 2007). Cette croissance observée n'est pas sans conséquence. Elle impacte grandement sur les surfaces de terres cultivables et sur la production agricole.

Selon une étude prospective de l'année 2000 à 2030 publiée par PNAS (2017) sur les conséquences de l'expansion urbaine sur les terres cultivées et la production agricole au niveau mondial pour plusieurs pays, les résultats de trois scénarios (urbanisation faible, moyenne et importante) montrent une perte globale de terres agricoles de 1,8 à 2,4 % d'ici 2030, avec une répartition mondiale très inégale. 80 % de ces pertes se situent en Asie (un quart pour la Chine seule) et en Afrique, soit 24 millions d'hectares (scénario médian). L'étude confirme que les terres gagnées par l'urbanisation sont en moyenne plus productives, induisant ainsi une diminution de production agricole de 3,4 à 4,2 %.

Cependant, l'urbanisation n'est pas la seule à réduire les surfaces agricoles, il y en a d'autres phénomènes qui interviennent aussi, notamment les diverses conséquences de la pollution de sol (la salinisation, accumulation des métaux lourds, l'érosion). De ce fait, répondre aux besoins alimentaires croissants de la population mondiale à l'heure actuelle reste un sujet palpitant d'intérêt (Gagnon, 2007; Mougeot, 2006a; Reyburn, 2006).

2.2.- Contexte du milieu urbain en Haïti

Dans un rapport intitulé « Les villes haïtiennes : des actions pour aujourd'hui avec un regard sur demain », Haïti est classé troisième pays le plus urbanisé dans l'Amérique latine et Caraïbes, derrière Trinité-et-Tobago et le Mexique (Lozano-Gracia & Lozano, 2017). Dans les années 50, la population rurale en Haïti a été estimée à 90%. De nos jours, la situation est inversée, plus de 50% de la population vit en ville. Chaque année, plus de 133,000 habitants quittent les zones rurales pour s'installer en ville (World Bank, 2017).

D'après Lozano-Gracia & Lozano (2017) depuis les années 1950, Haïti a connu une urbanisation rapide. De plus, United Nations (2018) ajoute que la population urbaine en Haïti

est nettement en pleine croissance depuis 1950 et d'ici 2050, elle pourrait atteindre jusqu'à 75% de la population pendant que la population rurale diminue considérablement (figure 1). Ajoute à cela, les villes sont confrontées à des niveaux de pauvreté élevés et elles manquent d'infrastructures et de services capables d'accueillir une population croissante.

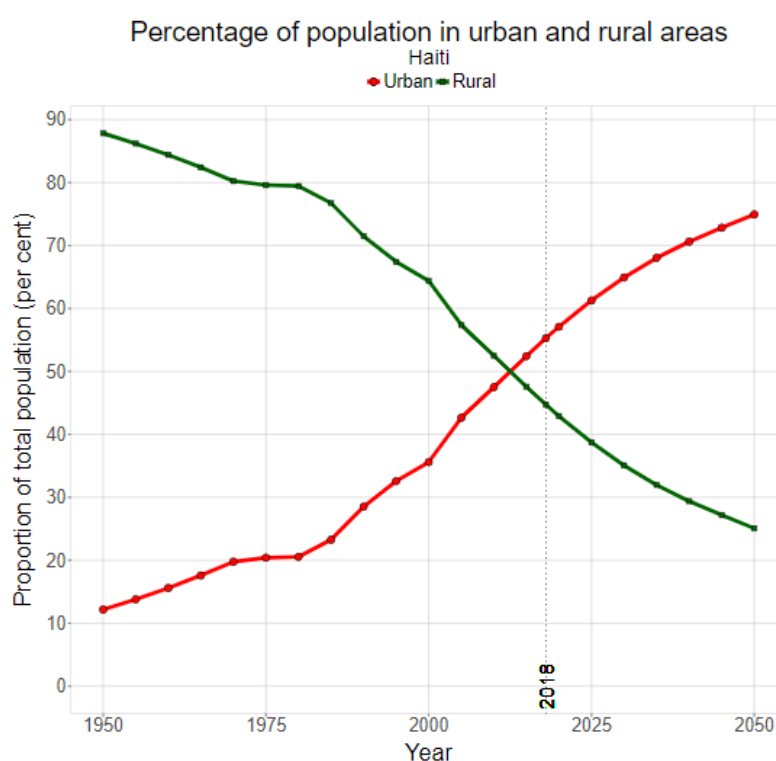


Figure 1. Urban and rural population in the current country or area as a percentage of the total population, 1950 to 2050

Source: (United Nations, 2018)

World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition.

2.3.- Agriculture rurale, péri-urbaine et urbaine en Haïti

L'agriculture autour des villes dite péri-urbaine, quelle que soit leur taille, a longtemps présenté, jusqu'au XXe siècle, des caractéristiques fortes par rapport aux autres formes d'agriculture, symbolisées par les ceintures de cultures de produits frais. De fait, les besoins du marché de consommation que constitue la ville ont suscité et stimulé certaines combinaisons agricoles dont le développement tient tant à la proximité urbaine qu'à des modes de consommation particuliers quand les moyens de transport restaient limités et peu rapides (Poulot, 2014).

En Haïti, l'agriculture joue un rôle important dans l'économie nationale. Elle représente la moitié des emplois, contre 40 % pour les services et 10 % pour l'industrie. Elle

représente 18 % du PIB, contre 23 % pour les services et 57 % pour l'industrie (World Bank, 2019). Pourtant d'après FEWS NET (2015), c'est une agriculture de subsistance car la majorité des agriculteurs ne disposent que des petites exploitations avec moins de deux hectares de terres. Cependant, le secteur agricole est important pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle des haïtiens, mais son état est alarmant à cause de la dégradation de l'environnement, de l'érosion des sols, de manque d'investissements et de la faible productivité (Duvivier & Fontin, 2017). En Haïti, l'agriculture est pratiquée majoritairement en milieu rural et en très faible proportion en zone péri-urbaine. Dans les villes, elle est quasi-inexistante. Cependant, Mougeot (2006a) et Reyburn (2006) ont considéré l'agriculture urbaine comme une stratégie applicable pour promouvoir le développement durable et représente une action concrète de mise en œuvre d'une ville viable. Selon Duchemin et *al.* (2008) le côté multifonctionnel de l'agriculture urbaine permet de répondre à des problématiques tant environnementales que sociales ou économiques et c'est ce qui montre toute sa pertinence pour les villes. Toutefois, qu'il s'agisse d'une production industrielle, familiale ou communautaire, de produits consommables ou non, sous forme de pots ou en pleine terre, dans la sphère privée ou publique, l'agriculture urbaine se révèle à travers le monde sous diverses formes (Ellis & Sumberg, 1998). Plusieurs villes, notamment en Amérique du Nord, ont inclus l'agriculture dans leur stratégie de développement durable urbain en soutenant des initiatives d'accès à la nourriture et en appuyant les actions communautaires ou encore en inscrivant la sécurité alimentaire dans l'agenda politique (Lebedeva, 2008).

2.4.- Situation alimentaire et nutritionnelle en Haïti

Selon Bernard (2014), en Haïti seulement 30% de la population mange sainement 3 fois par jour. Près de 59% de la population ne mangent que 2 fois par jour et 1.14 millions de personnes (11%) souffrent directement de la faim et n'arrivent guère à assurer un seul repas par jour en moyenne. Le taux de la malnutrition augmente considérablement : 30% des enfants de moins de 5 ans souffrent de malnutrition chronique, 50% des femmes enceintes et 70% des enfants de moins de 5 ans souffrent d'anémie, alors que plus de 70 % des enfants de 6 à 12 mois souffrent de carence en iode (*Ibid.*).

En Haïti, la pauvreté extrême est surtout un phénomène rural avec un taux de pauvreté de 88% contre 45% à Port-au-Prince et 76% dans les autres centres urbains. Les résultats de l'Enquête Nationale de la Sécurité Alimentaire (ENSA) pour l'année 2013 indiquaient

également que la prévalence de l'insécurité alimentaire restait très élevée, touchant 45% de la population haïtienne, soit environ 4,7 millions d'individus (Geffrard, 2013). Selon une étude de la CNSA & PAM (2008) sur l'impact de la crise alimentaire sur les populations urbaines de Port-au-Prince, la consommation nationale pour des produits tels que le riz, les œufs et la viande de volailles est couverte à 80% par les importations. Pour les produits laitiers, la couverture est de 65%. Cela dit, Haïti devient de plus en plus vulnérable à la hausse des prix sur les marchés internationaux. Ce qui rend du même coup les ménages vulnérables à la hausse des prix alimentaires domestiques. De plus, les produits maraichers (Tomate, oignon, carotte, pomme de terre, etc.) sont importés marginalement.

2.5.- Production maraîchère en Haïti

En Haïti, la culture maraîchère reste quasiment l'affaire de simples paysans. Il y a plusieurs petits bassins de production à travers le pays qui alimentent tout le territoire. Ils sont localisés à Kenscoff, Seguin, Plaine de l'Arcahaie, Vallée de l'Artibonite, Plaine des Cayes, Cavaillon et Plaine de Maribaroux. La pratique de la culture maraîchère est quasi-inexistante en milieu urbain (Anonyme, 2010). A noter que les données sur la quantité de tonnes de produits maraichers produite annuellement en Haïti, n'a pas été trouvée. Un fait certain, la quantité produite marginalement n'arrive pas à satisfaire les besoins de la population. Car, d'après MARNDR (2010), Haïti importe marginalement du pays voisin des produits maraichers tels que : Tomates, oignons, carottes, pommes de terre, etc. En ce sens, la production maraîchère est un pilier sur lequel les décideurs nationaux peuvent agir pour améliorer la sécurité alimentaire de la population. La pratique de la culture maraîchère est un moyen pour permettre aux cultivateurs d'avoir suffisamment de légumes frais pour la consommation personnelle et aussi la possibilité de les vendre sur le marché local et national pour se procurer un revenu. Le maraîchage diffère des autres cultures traditionnelles non seulement pour ses valeurs nutritives et marchandes, mais aussi pour son rendement considérable par rapport à la superficie réduite de terrain utilisé pour cultiver ces produits (ODAPSA, 2018).

- **Jardins sur les toits**

Généralement, l'agriculture pratiquée en ville se développe dans les espaces ouverts. C'est-à-dire dans les sols épargnés par l'imperméabilisation des surfaces. Toutefois, d'autres opérations d'agriculture urbaines qui sont innovantes trouvent une place ailleurs pour se

développer. Elles s'emparent d'autres terrains et ouvrent de nouvelles opportunités foncières. Ces opérations agricoles s'installent dans les sous-sols, mais aussi sur les toits, profitant entre autres d'innovations techniques relatives aux méthodes de culture hors-sol comme : l'hydroponie, la bioponie, l'aquaponie ou l'aéroponie (Bories et *al.*, 2018). Dans ce sens, les jardins sur le toit pourraient être une alternative permettant de gagner en espace pour la pratique du maraîchage en ville. Ils sont définis comme des espaces verts aménagés sur les toits ou les terrasses des immeubles. Ils permettent de valoriser des superficies non utilisées en temps normal. Il s'agit d'installer tous les éléments nécessaires (terreau, eau, éléments nutritifs) pour rendre possible la vie des plantes sur les toits dans des conditions semblables à celles qu'elles trouveraient en terre ferme. C'est une pratique courante d'installer des potagers sur les toits des maisons ce qui permet aux propriétaires de consommer les légumes de son choix et de meilleures qualités. Généralement, la production est réalisée sur des substrats bien entretenus en pots ou en bacs.

2.6. Culture en pot

La culture en pot est très ancienne. Au début, elle était pratiquée sur des substrats à base de terre, terreau de feuilles et sable. En 1948, les premiers essais importants concernant les cultures des plantes en pot sur tourbe, au centre de recherche horticole de Weihestephane en Bavière (Allemagne), furent réalisés. On utilisait déjà des tourbes blondes d'origine locale. Ces travaux ont montré que la tourbe utilisée avec une fumure judicieuse était un excellent substrat de culture (Penningsfeld & Kruzmand, 1969).

En France, depuis de nombreuses années, divers matériaux ont été successivement étudiés dans l'objectif de remplacer la tourbe, ponctuellement ou totalement, essentiellement pour des raisons économiques et environnementales. Dans cette optique les écorces de pin maritime, très abondantes dans le sud-ouest de la France, étaient devenues un constituant majeur de certains substrats (Espaces Naturels de France, 1998). Mais, jusqu'à présent les tourbes sont restées prépondérantes car les exigences agronomiques imposées aux supports de culture sont très fortes étant donné le risque économique lié à ces productions. En fait, il est difficile de trouver un matériau pouvant intégralement remplacer la tourbe dans un substrat horticole. Cependant, la situation semble évoluer car deux événements sont apparus : *La limitation des extractions de tourbe et la réglementation des décharges de 2002*. D'après Morel et *al.* (2000), bien que les réserves mondiales de tourbe soient importantes, il est de plus en plus question d'en réduire l'extraction afin d'éviter une destruction de ces milieux

naturels fragiles. En France, les quelques gisements existants sont de plus en plus surveillés et leur exploitation à terme est très limitée, voire suspendue pour certains d'entre eux. Les tourbières sont des milieux non renouvelables à l'échelle humaine à cause de leur très faible vitesse de croissance (0.6 mm/an en moyenne en France) (Espaces Naturels de France, 1998). La réglementation des décharges de 2002 et le décret n° 92642 du 13 Juillet 1992 (modifiant la loi du 15 juillet 1975) en France, imposent une valorisation des déchets quels qu'ils soient, la mise en décharge ne sera autorisée que pour les déchets « ultimes ». Les déchets organiques d'origine urbaine ou industrielle doivent donc entrer dans une filière de valorisation. Dans certains cas, elle peut être énergétique mais de nombreux gestionnaires pensent à une utilisation agricole. Morel et *al.* (2000) ont affirmé que pour certains produits bien caractérisés, une valorisation comme support de culture peut être envisagée ; les écorces de pins compostées sont un bon exemple d'un sous-produit déjà largement employé.

- **Types de contenants de culture**

Les contenants destinés à une culture de longue durée sont généralement faits de plastique très dense. Toutefois, ceux qui sont faits de fibre de cellulose sont utiles pour héberger des plantes pendant de courtes périodes, pour l'empotage de plants destinés à la culture en plein champ et pour le repotage à des fins d'entreposage d'hiver et d'expédition printanière. Cependant, ils ne conviennent pas aux cultures de longue durée, car avec le temps, ils deviennent mous, commencent à se décomposer et peuvent être endommagés pendant leur manipulation (MAAO, 2014). Il faut toujours enlever le pot de fibre au moment de la mise en place du plant en pleine terre. Depuis peu, les producteurs mettent à l'essai des pots faits d'autres matériaux, notamment de fibre de coco. La couleur du pot aura un effet sur la température du substrat et sur la croissance racinaire. La croissance des racines diminue lorsque la température du substrat atteint 30 °C. L'usage de pots noirs ou vert foncé amène une élévation de température de près de 10 °C de plus que l'usage de pots blancs ou de couleur claire. Dans les pots foncés, la température peut atteindre presque 40 °C sur la paroi intérieure du côté exposé au soleil. Cependant, les contenants dont les parois extérieures sont de couleur claire ou blanche sont difficiles à trouver sur le marché, à moins qu'on ne les commande en grandes quantités au fabricant (MAAO, 2014).

Chaque année, en Europe, des milliards de pots de culture arrivent dans le commerce et une grande partie d'entre eux n'est pas recyclée mais incinérée. Cela peut être rendu plus durable. À la suite de recherches approfondies et de consultations avec les acteurs majeurs de

la chaîne les deux entreprises (Van Dijk Flora & Royal Lemkes) ont exprimé l'ambition suivante : En 2023, 90 % de tous les pots de culture arrivant dans le commerce seront constitués de 80% minimum de PCR¹ (matière plastique de recyclage post consommation) et intégralement recyclables (figure 2). La vision principale de cette ambition est :

- ✓ Qu'une alternative durable à grande échelle aux pots de culture en plastique n'est pas en vue ;
- ✓ Que la quantité de plastique recyclé issu des déchets ménagers (PCR) ne cessera d'augmenter dans les années à venir ;
- ✓ Que l'horticulture peut être l'utilisateur du plastique recyclé au cours des différents cycles et jouer ainsi un rôle important sur le chemin d'une économie circulaire totale (Van Dijk Flora & Royal Lemkes, 2019).



Figure 2. Le cycle des pots dans l'usage horticole
Source : (Van Dijk Flora & Royal Lemkes, 2019)

• Substrats de culture

Selon Prémont (2015) en culture hors-sol, il existe une multitude de matériaux permettant d'élaborer un substrat de culture. Ils peuvent être de nature inorganique ou organique. Le substrat de culture est généralement un mélange de plusieurs composés, en proportions précises, afin d'obtenir des propriétés optimales de culture. Néanmoins, le choix

¹ Définition de PCR: Selon la norme ISO 13021:2001 est qualifié de matière plastique de recyclage post-consommation de la matière plastique issue de déchets post consommation générés par les ménages ou par des entreprises de commerce, des industries et des établissements institutionnels. Dans leur rôle d'utilisateur final d'un produit le matériau ne peut plus être utilisé aux fins pour lesquelles il a été conçu. Cela comprend également les retours de matériel de la chaîne de distribution (Van Dijk Flora & Royal Lemkes, 2019).

des composés à intégrer dans le mélange dépend de plusieurs facteurs, comme la rétention d'eau, l'aération, la masse, le coût, la disponibilité, etc. Papadopoulos et *al.* (2008) relatent que parmi les composés inorganiques on retrouve : le sable, le tuf (roche volcanique), la pierre ponce, la perlite, la vermiculite, les granules d'argile expansée, la zéolite et la laine de roche. Maher et *al.* (2008) ajoute que les composés organiques peuvent être : Les fibres, les écorces et les sciures de bois, la tourbe, la fibre de coco et le compost. Cependant, d'autres matériaux peuvent également être utilisés, telles les écailles de riz, mais ils sont plus inhabituels. Finalement, il existe des composés organiques synthétiques, comme le polyuréthane, le polystyrène et le polyester (Papadopoulos et *al.*, 2008). D'après Morel et *al.* (2000) Afin de juger de façon pertinente les produits, il est important de rappeler les caractéristiques théoriquement « optimales » d'un support de culture, sachant qu'elles peuvent varier en fonction de nombreux paramètres (types de préparation, espèces cultivées, etc.). Il n'en reste pas moins vrai que les produits horticoles imposent désormais un niveau de réussite technique très élevé. Le choix d'un bon substrat prend donc une importance de premier ordre. Les propriétés physico-chimiques doivent être connues précisément afin d'exploiter au mieux ses qualités et de minimiser les effets d'éventuels défauts (tableau 1). Un substrat idéal devrait donc cumuler les propriétés suivant (Gros d'Aillon, 1997; Lemaire et *al.*, 1990; Letard et *al.*, 1995):

- ✓ Être indemne de germes pathogènes et de substances toxiques ;
- ✓ Avoir un comportement vis-à-vis de l'air et de l'eau permettant d'optimiser l'alimentation de la plante. On retient donc, en général, une porosité supérieure à 85 % (en volume), une teneur en air à pF1 supérieure à 20 %, une disponibilité en eau de 20 % à 30 %, une capacité de rétention en eau supérieure à 50 % ;
- ✓ Avoir un pH (eau) compris entre 5.5 et 6.5.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques d'un support de culture considéré comme satisfaisant

pH (eau)	5.5 à 6.5
Conductivité électrique (CE) (mS/cm)	0.5 à 2
Capacité d'échange cationique (CEC) (meq/L)	10 à 100
Densité sèche	0.3
Densité humide	0.6
Porosité totale (% du volume)	> 88
Porosité à l'air à pF1 (% du volume)	20 à 30
Capacité de réten tion en eau à pF1 (% du volume)	55 à 70
Eau facilement disponible (pF1-pF2) (% du volume)	20 à 30

D'après (Abad et *al.*, 1989; Fitzpatrick et *al.*, 1998; Gros d'Aillon, 1997; Lemaire et *al.*, 1990; Letard et *al.*, 1995)

- **Culture sur substrat**

La culture sur substrat est courante dans la production horticole du monde entier, en particulier pour les légumes fruités tels que la tomate et le concombre. On estime qu'environ 95 % des légumes de serre sont produits à partir de substrats solides en Europe, aux États-Unis et au Canada (Grunert et *al.*, 2016). Traditionnellement, la laine de roche et la tourbe sont deux principaux matériaux couramment utilisés dans la culture sur substrat solide (Raviv & Lieth, 2008; Sonneveld, 1993)

- **Fertilisation et irrigation des cultures en pot**

La plupart des substrats utilisés pour la production en contenants ne renferment à peu près pas de terre, leur capacité de rétention des éléments nutritifs est très faible. De ce fait, il faut utiliser des engrais synthétiques pour fournir des éléments nutritifs complémentaires aux plantes cultivées en contenants. Cependant, l'utilisation d'engrais peut entraîner des répercussions sur l'environnement, notamment sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Les substrats organiques utilisés, comme la tourbe et l'écorce, sont généralement porteurs de charges électriques négatives. Ces substrats repoussent donc les molécules chargées négativement, comme les nitrates et les phosphates, lesquels se lessivent

facilement de la plupart des substrats d'empotage (MAAO, 2014). Par conséquent, il est important d'en fournir de petites quantités au cours de la saison de croissance. Les engrais à libération contrôlée (libération lente) procurent à la zone racinaire des éléments nutritifs que les racines assimilent progressivement, ce qui permet de réduire au minimum les pertes. Toutefois, la libération "contrôlée" des engrais dépend fortement de la température du substrat. L'application de l'engrais à la surface du substrat (épandage en surface) est très efficace pour la production de plants en contenants quand l'eau d'irrigation est apportée par arrosage classique. Comme les pots peuvent être renversés par le vent, des producteurs choisissent de mettre l'engrais juste sous la surface du substrat ou d'incorporer l'engrais à libération contrôlée de sorte qu'il soit distribué dans tout le substrat (MAAO, 2014). Selon le même auteur, pour que le programme de fertilisation ait le moins de répercussions négatives sur l'environnement et soit le plus efficace possible, on doit prendre des mesures pour réduire le lessivage des engrais à l'extérieur des contenants. Il faut diminuer la quantité d'eau utilisée durant chaque irrigation afin de réduire au minimum la fuite du substrat qui sort du fond du pot. Cependant, le lessivage est une nécessité pour éliminer le sodium (Na) et le chlore (Cl). L'irrigation cyclique ou par pulsations (p. ex. irrigation pendant 15 minutes) peut également réduire considérablement à la fois la fraction de lessivage et la quantité totale d'eau d'irrigation nécessaire.

En outre, l'irrigation par pulsations permet de réduire la concentration d'éléments nutritifs pouvant s'échapper du fond du pot par lessivage. Une fraction de lessivage de 10 à 15 % limite la perte d'éléments nutritifs tout en empêchant l'accumulation de sel dans la zone racinaire. La qualité de l'eau d'irrigation est l'un des aspects les plus importants de tout système de production en contenants. Malheureusement, elle est maintes fois négligée. Les cultures en contenants sont irriguées chaque jour, et la composition chimique de l'eau d'irrigation peut influencer de façon significative les caractéristiques du substrat sans sol, de la solution du substrat et de la solution contenant les éléments nutritifs (MAAO, 2014). Au fil des cycles d'arrosage, les produits chimiques présents dans l'eau influent sur le pH, sur les teneurs en sels solubles et en bicarbonates de même que sur d'autres propriétés chimiques du substrat et de la solution du substrat. La qualité de l'eau d'irrigation a une incidence considérable sur la croissance des racines et, par conséquent, sur la qualité des cultures. Dans les contenants de petit format, le substrat réagit plus rapidement que dans les gros contenants, le pouvoir tampon étant réduit en raison du faible volume du substrat. Les symptômes d'une mauvaise composition chimique de l'eau peuvent comprendre des signes de carence nutritive,

comme une chlorose inter-nervaire. La piètre qualité de l'eau peut en fait compromettre la disponibilité de certains éléments nutritifs pour les plants et causer le dépérissement des racines (*ibid.*).

2.7.- Le Compost

Le compost est défini comme un produit stable riche en humus et contenant des organismes vivants et des éléments nutritifs pour les plantes (Mustin, 1987). Le processus du compostage est un bon moyen d'améliorer la fertilité des sols par l'utilisation des matières organiques biodégradables en provenance des déchets produits par les ménages. Selon ADEME (2019), un compost mûr se caractérise par sa couleur foncée et sa structure grumeleuse. Il contribue à réduire la pollution dans l'environnement.

2.7.1.- Les caractéristiques du compost

- **Propriétés physiques**

La structure physique du compost est un élément à prendre en considération dans les critères d'évaluation. Elle peut renseigner sur le degré de la décomposition de la matière organique. Un compost mature est de couleur brun foncé. Le compost a la capacité d'améliorer la porosité du sol et il est caractérisé par une bonne capacité de rétention en eau. Selon Tittarelli et *al.* (2007) un apport de compost favorise l'amélioration de la capacité d'échange cationique (CEC) et la perméabilité du sol. Le compost peut également servir de terreau pour les plantes en pot. Cependant, il n'est pas conseillé de mettre la plante directement dans le compost, mais plutôt dans un mélange enrichi avec des minéraux complémentaires (SNHF, 2021).

- **Propriétés chimiques**

Les propriétés chimiques du compost sont évaluées par sa teneur en éléments nutritifs, sa capacité et sa vitesse à les rendre disponibles surtout l'azote qui se révèle déterminant pour les plantes. Sur ce point, les recherches ont montré des controverses. D'après, Tittarelli et *al.* (2007), le compost a la capacité de libérer immédiatement 10 à 15 % de son contenu en azote total sous la forme minérale et 30 à 35% sont relâchés au cours de la première année. Tandis que pour Al-Bataïna et *al.* (2016) c'est uniquement 1 à 3 % de l'azote total qui est relâché par an dépendamment de l'âge du compost. Toutefois, Sullivan et *al.* (2018) relatent que le pourcentage de l'azote totale disponible pour la plante au cours de la première année fluctue

en fonction du rapport C/N du compost. Pour les autres éléments majeurs comme le phosphore et le potassium, Tittarelli et *al.* (2007) révèlent que le compost contient entre 0,6 à 2% de phosphore par matière sèche et une faible concentration en potassium.

➤ **Propriétés biologiques**

Selon Tittarelli et *al.* (2007) les propriétés biologiques du compost dépendent de l'ensemble constitué par la population microbienne (bactéries, champignons et virus) qui se développe durant le processus du compostage. C'est une communauté dynamique qui évolue en fonction des conditions environnementales du compost. On y retrouve les communautés des pectinolytiques, cellulosiques, protéolytiques et les saprophytes. Elles participent dans le processus de la minéralisation de la matière organique.

2.7.2.- Usage agronomique du compost

L'usage du compost en lien avec l'agriculture urbaine et périurbaine a été creusée davantage pour les pays en voie de développement (Asomani-Boateng, 2007; Drechsel & Kunze, 2001; Hara et *al.*, 2011; Mougeot, 2006b). La notion de nécessité est l'une des explications pour comprendre cet intérêt prédominant de la recherche dans les pays du sud. En effet, l'usage du compost favorise une agriculture résiliente et durable dans un contexte où les jardiniers n'ont pas accès physiquement ou économiquement à la terre et aux fertilisants tout en permettant la gestion des matières résiduelles de la ville (Boissonneault, 2017). Par exemple, aux Philippines, l'agriculture urbaine est d'ailleurs essentielle pour la gestion des déchets, puisqu'elle a permis de détourner un tiers des matières biodégradables des sites d'enfouissement (Van Veenhuizen, 2006).

Les composts sont utilisés pour améliorer la qualité et la fertilité des sols en agriculture. Ils sont très bénéfiques pour la santé physique des sols. Dans les pays tropicaux et tempérés, ils sont utilisés pour fertiliser le sol. Selon Inckel et *al.* (2005) le compost est utilisé comme engrais organique. Il peut être incorporé dans le sol. Par exemple, les composts de déchets verts, en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques, il apparaît nécessaire de les incorporer dans des mélanges à base de tourbe blonde ou brune afin de diminuer la salinité et le pH. On observe une croissance inférieure des plantes qui se sont développées sur un compost composé à 100 % de déchets verts par rapport à un mélange à 75% de déchets verts et 25 % de tourbe, sciure et sable. L'utilisation de 25 à 50 % de compost de déchets verts dans un mélange donne de bons résultats (Burger et *al.*, 1997). Ce

pourcentage peut aussi varier en fonction de la technique de compostage utilisée, c'est-à-dire selon les conditions d'aération du tas de compost. Il est de 15 % maximum en conditions anaérobies et 15 à 30 % dans le cas contraire, à condition cependant d'ajuster la fertilisation en fonction du pourcentage (Pronk, 1995). D'après Lemaire (1996), il ne faut pas dépasser 30% en volume de ce compost dans un mélange. Cette remarque semble être confirmée par l'étude de Fisher & Popp (1998) qui indique une baisse significative du poids des plantes cultivées lorsque l'on dépasse 40% de compost de déchets verts.

D'après Gros d'Aillon (1997), le compost de déchets verts est satisfaisant comme amendement organique, mais imparfait comme support de culture quand on l'utilise pur. Cependant, si on le mélange avec d'autres produits afin d'augmenter la disponibilité en eau et de diminuer le pH et la salinité, c'est un produit utilisable en support de culture.

Le compost, mélangé à la terre, augmente le taux de matière organique dans le sol, améliore sa porosité et maîtrise son érosion. Pour cela, il suffit de l'épandre en couches minces, puis de l'incorporer superficiellement au sol par binage. Il favorise la croissance des plantes et leur développement racinaire (ADEME, 2019). De ce fait, l'utilisation du compost en association avec de la terre est un mélange bénéfique pour la culture des légumes en pot. De plus, il peut utiliser pendant plusieurs périodes de culture sur une année à cause du processus de minéralisation de la matière organique.

2.8.- Usage du compost dans la production de légumes

- **Cas d'étude (la culture de l'amarante)**

L'amarante est une plante annuelle de la famille des Amarantacées appartenant au genre *Amaranthus*, dont certaines espèces sont cultivées comme plantes potagères, que ce soit pour leurs feuilles comestibles à la manière des épinards ou pour leurs graines, et parfois comme plantes ornementales pour leur floraison en épis spectaculaires. L'amarante appartient à l'ordre des Caryophyllales, Elle fait également partie du règne des Plantae, de la division des Magnoliophyta et de la classe des Magnoliopsida. Le genre *Amaranthus* comprend environ 70 espèces, dont environ 40 sont originaires des Amériques. Il comprend au moins 17 espèces à feuilles comestibles généralement dans les pays tropicaux. *Amaranthus dubius* est la seule espèce d'*Amaranthus* tétraploïde connue ($2n = 64$). Selon Wu et al. (2000), l'amarante est une plante largement répandue et c'est un aliment prometteur pour l'avenir grâce à sa croissance facile et la valeur nutritive des grains et des feuilles.

2.8.1.- Exigences écologiques et physiologiques

D'après MADRPM (2005), la croissance de l'amarante s'arrête complètement à 8°C. Cependant, elle pousse bien lorsque les températures diurnes sont supérieures à 25°C et que les températures nocturnes ne descendent pas au-dessous de 15°C (Grubben & Denton, 2004). De plus, DAF (2010) ajoute que pour qu'il y ait une bonne germination des graines, la température du sol doit se situer entre 18 et 25°C.

L'amarante est une plante en C4, c'est-à-dire qu'elle est très exigeante en énergie lumineuse. Elle est cultivée en plein soleil et peut aussi l'être en condition de mi-ombre. Une exposition permanente de la plante à l'ombre n'est pas avantageuse pour le rendement, sauf en cas de stress dû à la sécheresse. D'après Maughan et *al.* (2011), l'amarante est une plante très adaptée à l'agriculture de subsistance en raison de sa tolérance à des conditions défavorables du milieu telles que : salinité, acidité élevée, la sécheresse et aussi elle peut pousser dans tout type de sol. Toutefois, un sol riche en matière organique est idéal pour un rendement rapide et élevé car les graines ont besoin d'un bon sol fertile et d'une humidité adéquate pour germer. Grubben, (2004) ajoute que le sol avec un pH > 6 est idéal pour une croissance rapide et un rendement élevé.

L'espèce *Amaranthus dubius* peut supporter la sécheresse. Cependant, pour obtenir des bons rendements, elle exige une quantité d'eau importante. Une pluviométrie annuelle de 200 à 3000 mm favorise sa croissance et son développement. Dans certains cas, il est conseillé d'irriguer pour compenser une insuffisance d'eau avant que les plantes n'atteignent leur point de flétrissement permanent. Son besoin journalier en eau s'élève à 6 mm (6 l/m²).

2.8.2.- Valeur nutritionnelle et usage de l'amarante

Les légumes à feuilles vertes sont utilisés comme aliment dans tous les pays tropicaux. Selon Terra (1967), la consommation est de l'ordre de 20 à 25 g de matière fraîche par personne et par jour. L'amarante est une plante très riche en eau. Sa teneur en protéine est aussi importante comme légume-feuille. En revanche, elle contient plus de glucide que de fibre. Elle est plus riche en Calcium que le Fer. L'amarante est une plante très riche en eau ; elle contient 86.90 g d'eau pour 100 g de feuilles. Sa teneur en carbohydrates (6.50 g) est plus élevée que celles en fibres (1.30 g), en lipide (0.50 g) et en protéines (3.50 g) (tableau 2). L'usage de l'amarante à des fins alimentaires ne constitue pas la seule valorisation possible. D'après Grubben (2006), l'amarante possède des propriétés médicinales mais peut

aussi servir à des fins industrielles. Au Ghana, l'eau issue de plantes macérées est utilisée comme lavement pour traiter les douleurs dans les membres.

Tableau 2.- Composition approximative de 100 g de feuilles d'amarante

Composant	Valeur
Eau	86.90 g
Protéine	3.50 g
Lipide	0.50 g
Carbohydrates	6.50 g
Fibres	1.30 g
Calories	36.00 mg
Phosphore	67.00 mg
Fer	3.90 mg
Potassium	411.00 mg
Riboflavine	0.16 mg
Niacine	1.40 mg
Vitamine C	80.00 mg
Thiamine (B1)	0.08 mg
Calcium	267.00 mg

Source : (Cole, 1979)

2.8.3.- Fertilisation de l'amarante

Les recommandations sur la fertilisation de l'amarante varient d'une région à une autre. Souleymane et *al.* (2018) suggère d'apporter de la matière organique bien décomposée à la dose de 10 t/ha pour accélérer le développement de la culture et d'appliquer aussi de l'engrais minéral (urée) à une dose de 100 kg/ha. L'utilisation de cet engrais inorganique permet une croissance rapide de la plante car l'azote contenu sera immédiatement accessible par la plante.

Selon Grubben (1975) à Porto-Novo, l'emploi d'engrais chimiques est rare. On incorpore uniquement 50 à 100 kg de gadoue par planche de 10 m² et par culture. Van Der Veken (1969) donne des recommandations pour une culture rationnelle en Afrique

équatoriale. On fume avec 2 à 3 brouettes de fumier ou de compost par planche de 10 m² au labour et un épandage de 400 kg/ha d'engrais complexe NPK (15-15-15) que l'on enfouit par ratissage. L'arrosage avec 100 g d'urée dans 20 l d'eau par planche de 10 m² en cours de la végétation est conseillé. On peut également épandre de l'urée entre les rangées.

Modisane et *al.* (2009) recommande de faire une application de 100 kg/ha d'azote, 20 kg/ha de phosphore (P₂O₅) et 150 kg/ha de potassium (K₂O). D'après Grubben (1975), pour un rendement de 25 t/ha à raison de 15% de matière sèche, la culture de l'amarante exporte 124 kg/ha d'azote (N), 23 kg/ha de phosphore (P), 291 kg/ha de potassium (K), 76 kg/ha de calcium (Ca) et 41 kg/ha de magnésium (Mg). Le potassium et l'azote sont les éléments les plus importants que l'amarante absorbe. Le phosphore est l'élément qu'elle absorbe le moins.

Dans un essai réalisé au Pays-Bas sur la fertilisation organo-minérale de l'amarante, la teneur en matière sèche a été très variable. A la première récolte, elle a été influencée notamment par la fumure de gadoue et aussi par le moment de la récolte, tandis que la fumure d'engrais n'a pas eu d'influence. Pour le premier bloc récolté le matin à 8h, elle a été de 13.7% contre 17.0% pour le dernier bloc, récolté le soir à 16h. Les parcelles sans gadoue ont eu 18% de matière sèche contre 14.3% pour les parcelles fumées de 100t/ha de gadoue. Les résultats sont présentés en kg/ha (tableau 3). L'effet de la gadoue a été encore évident en troisième culture, alors que l'effet des engrais chimiques avait déjà disparu en deuxième culture (Grubben, 1975).

Tableau 3.- Action d'une seule application de gadoue et d'engrais chimiques sur trois cultures successives d'amarante, récoltées par arrachage. Rendements en Kg/ha de matière sèche.

Fumure/ha		Culture 1	Culture 2	Culture 3	Total
Sans gadoue	Sans engrais	217	99	103	419
	Engrais 400 kg	507	105	150	762
	Engrais 800kg	523	97	113	733
Gadoue 50t	Sans engrais	605	263	308	1176
	Engrais 400 kg	1056	278	279	1613
	Engrais 800kg	1378	205	244	1827
Gadoue100t	Sans engrais	823	494	441	1758
	Engrais 400 kg	1293	368	280	1941
	Engrais 800kg	1605	506	408	2519
Effets	Engrais	*	NS	NS	**
Facteurs	Gadoue	*	**	**	**
	Engrais*Gadoue	P=0.20	NS	P=0.10	NS

Source: (Grubben, 1975) La culture de l'amarante, légume-feuilles tropical

2.8.4.- Culture de l'amarante en pot

L'amarante peut être cultivée en pot ou en bac. C'est une plante de plein soleil. Comme tous les autres légumes feuilles, l'amarante s'adapte très bien en culture sur substrats. Il faut un apport en eau important pour maintenir la fraîcheur dans le substrat. Un stress hydrique prolongé est néfaste pour la réussite de la culture en pot. Dans un essai réalisé à la Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) sur la culture de l'amarante en pot de 3.6 L, Bernard (2014) a testé 5 doses d'azote différentes (0mg/pot, 81.68mg/pot, 163.35mg/pot, 245.03mg/pot et 326.7mg/pot) et trois mélanges de substrats (mélange de compost et de sol de Damien dans les proportions 25:75, 50:50 et 75:25) et quatre hauteurs différentes d'une étagère (0cm, 30cm, 60cm et 90cm). Le rendement en matière fraîche a varié de 36.90g/pot à 85.65g/pot et le rendement en matière sèche a varié de 2.75g/pot à 8.25g/pot.

2.8.5. Rendement en plein champ

Dans un essai en plein champ réalisé sur l'amarante cv. Fotète avec divers écartements (7.5 x 7.5 ; 10 x 10 ; 12.5 x 12.5 ; 15 x 15 et 17.5 x 17.5) donnant ainsi cinq densités sur terre de barre bien fumée de gadoue. Des plantules de trois semaines furent repiquées au 25 janvier 1971 sur des parcelles de 1,80 m² en six répétitions. La récolte était faite par l'arrachage randomisé de 10 plantes par parcelle, trois semaines après le repiquage. L'écartement le plus serré (7,5 x 7,5 cm = 178 plantes/m²) donna les plus hauts rendements (57.20 g/plante) dans cet essai qui subissait une grave attaque de *Choanephora*. Le pourcentage de la partie comestible a été très bas. L'écartement (7.5 x 7.5) a donné le rendement le plus faible (31.60 g/plante) (tableau 4) (Grubben, 1975).

Tableau 4. Rendement d'amarante (matière fraîche) dans un essai avec cinq densités différentes

		Ecartements en cm					Sign. Stat.	PPDS. 0.50
		7.5 x 7.5	10 x 10	12.5 x 12.5	15 x 15	17.5 x 17.5		
Densité	cm ² .pl ⁻¹	56.25	100.00	156.25	225.00	306.25		
	pl.m ⁻²	177.80	100.00	64.00	44.40	32.70		
Pertes par <i>Choanephora</i>	%	13.50	24.70	26.00	34.50	41.00	**	10.10
Poids total	g.pl ⁻¹	31.60	36.60	44.70	54.40	57.20	**	15.50
Poids feuilles	g.pl ⁻¹	10.20	13.00	15.60	20.30	22.40	NS	
Feuilles/total		0.32	0.36	0.35	0.37	0.39	**	0.04
Largeur plus grande feuille	mm	48.00	52.00	56.00	60.00	60.00	*	4.90
production totale (1)	kg.m ⁻²	4.86	2.75	2.11	1.57	1.07	**	0.94
production totale (2)	kg.m ⁻²	5.62	3.66	2.86	2.41	1.87	**	1.23
production feuilles (2)	kg.m ⁻²	1.81	1.30	1.00	0.89	0.66		

(1) Sans correction pour les plantes mortes par *Choanephora*

(2) Avec correction

Source : (Grubben, 1975)

III.- MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1.- Zone de l'étude

L'étude a été conduite dans la Commune de Carrefour. Elle est bornée au Nord par la mer des Caraïbes, au Sud par la Commune de Jacmel, à l'Est par les Communes de Port-au-Prince, Pétion-Ville et Kenscoff et enfin à l'Ouest par les Communes de Gressier et Léogâne. Elle se trouve entre 18° 32' Nord et 72° 24' Ouest (figure 3). La commune de Carrefour a une superficie de 165.5 km². Depuis l'année 2015, elle a déjà atteint une population de 511350 habitants, pour une densité de 3.096 habitant/km² (IHSI, 2015). Carrefour est divisé en treize (13) sections communales. Ces sections communales sont réparties en deux catégories, comme : zone rurale et urbaine. La partie rurale est composée de dix (10) sections communales (Corail Thor, Morne Chandelle, Platon Dufren, Taifer, Procy, Coupeau, Bouvier, Laval, Berly et Malanga) qui se trouvent dans la montagne ; les trois autres sections communales (Bizoton, Thor, Rivière-Froide) qui sont placées dans la plaine, et des zones côtières, représentent la partie urbaine de la commune. Cette partie urbaine s'étend sur une superficie de 21.85km² (IHSI, 2015). Le site expérimental se trouve dans le centre-ville. En effet, c'est une étude qui a été conduite en pot sur le toit. À proximité du site de l'essai, on y retrouve quelques arbres et des cocotiers. Le toit du bâtiment est élevé de 5 m par rapport au sol.

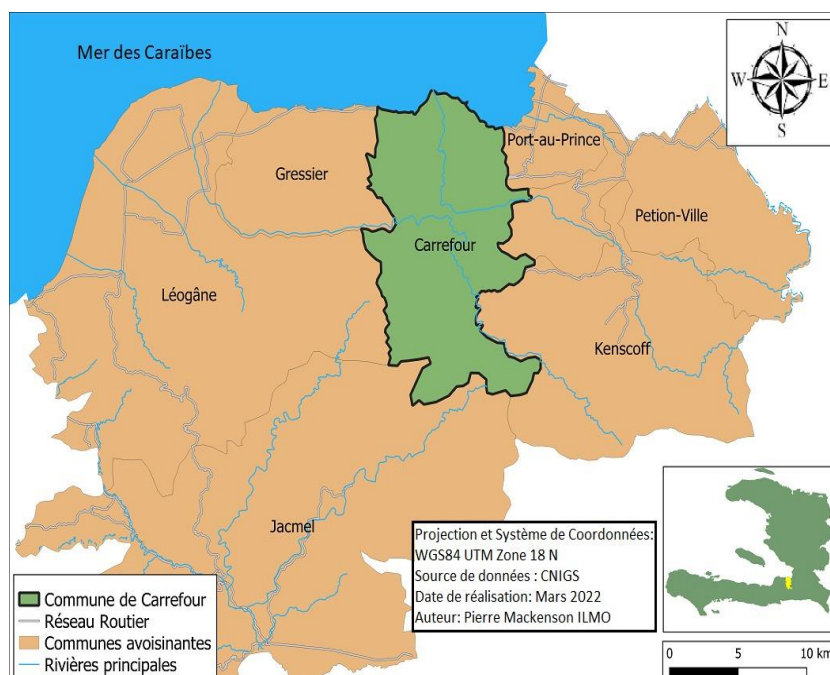


Figure 3. Localisation géographique de la commune de Carrefour

- **Climat**

La température moyenne annuelle de la commune de Carrefour varie de 28 °C à 31 °C. La température moyenne la plus élevée est observée au mois de juillet. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 22 mm à 120 mm de pluie. Le graphe révèle que décembre est le mois de l'année où la pluviométrie est plus faible et septembre est le mois où elle est plus abondante (figure 4). L'étude a été réalisée dans la période allant du mois de mars au mois de mai 2022. Dans cette période de l'année, Carrefour reçoit moins de 90 mm de pluie en moyenne.

DIAGRAMME CLIMATIQUE

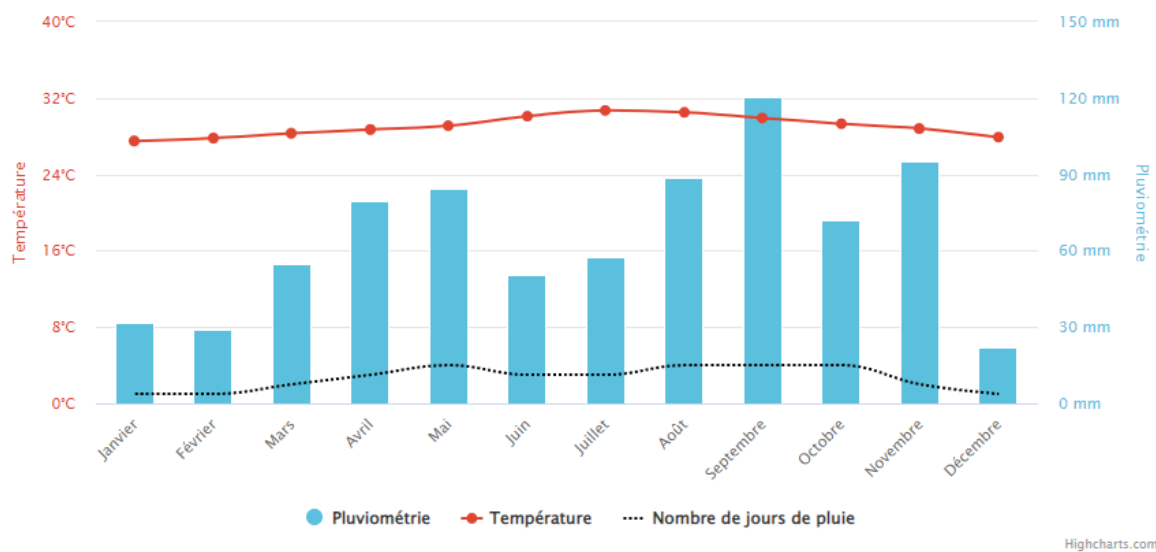


Figure 4. La température et la pluviométrie de Carrefour

Source: https://planificateur.a-contresens.net/amerique_du_nord/haiti/departement_de_louest/carrefour/3728338.html (consulté le 23 Février 2022)

3.2.- Matériels

- **Végétal**

Pour la réalisation de l'essai, l'espèce amarante (*Amaranthus dubius* M.T.) a été utilisée comme matériel biologique. C'est un légume feuille à croissance rapide. Sa tige est dressée et ses feuilles sont ovoïdales avec des pétioles grêles. Ses graines sont très petites et de couleur noire à la maturité.

- **Substrats**

Un substrat témoin constitué de la terre T0 [100 % terre, 0 % compost ce qui équivaut à quatre (4) pots de terre pour zéro (0) pot de compost] et trois mélanges de la terre et du compost à différentes proportions ont été utilisés comme support pour les plantes. Ils ont été mis dans des pots en plastique de 3.80 L. Le compost utilisé pendant l'étude provenait de la Commune de Kenscoff dans un petit centre de compostage dans la localité de Robin. Il est constitué par un mélange de la fiente de poule et des résidus de récolte. La terre utilisée pour constituer les mélanges provenait de la commune de Carrefour. En effet, la terre et le compost ont été combinés à différentes proportions pour former trois mélanges distincts : T1 [75 % terre, 25 % compost ce qui équivaut à trois (3) pots de terre pour un (1) pot de compost], T2 [50% terre, 50% compost ce qui équivaut à deux (2) pots de terre pour deux (2) pots de compost], T3 [25% terre, 75% compost ce qui équivaut à un (1) pot de terre pour trois (3) pots de compost].

- **Engrais chimiques**

Les apports de fertilisants chimiques ont été assurés par trois engrais sous forme granulée. L'Urée de formulation (46-0-0) dans un sac de 100 kg a contribué à fournir l'azote pour le besoin de la culture, le Fertigreen THOM-KA [PK 8-15 (+6 MgO)] dans un sac de 25 kg a permis de satisfaire le besoin en phosphore et a apporté une partie de potassium. Le Fertigreen Thomaskali est un engrais important avec du potassium de haute qualité à libération lente et un effet phosphate garanti. Il assure un enracinement fort. Il convient aux plantes vivaces et aux cultures légumières (Graszaadirect, 2022). Le troisième engrais qui a été appliqué est le Solabiol (38% K₂O + 47,9 % SO₂) dans une boîte de 1.5 kg. Il a été utilisé pour fournir le reste de potassium. C'est un engrais utilisé dans l'agriculture biologique pour les fruitiers, les légumes et pour les fleurs aussi.

- **Dispositif expérimental**

Cette étude a été conduite sur le toit en pots dans la commune de Carrefour. Elle consistait à étudier la réponse de l'amarante cultivée sur l'effet des substrats combinés de terre/compost et de la fertilisation chimique. A cet effet, plusieurs combinaisons ont été réalisées pour donner huit (8) traitements repartis dans un dispositif en blocs complets aléatoires. Les traitements utilisés durant l'essai étaient constitués soit du mélange de la terre et du compost pris à différentes proportions sans engrais chimique [T1 (75 % terre, 25

% compost, sans engrais), T2 (50% terre, 50% compost, sans engrais), T3 (25% terre, 75% compost, sans engrais)], soient du mélange de la terre et du compost pris à différentes proportions avec engrais chimique [T4 (100% terre, 0 % compost, avec engrais), T5 (75 % terre, 25 % compost, avec engrais), T6 (50% terre, 50% compost, avec engrais), T7 (25% terre, 75% compost, avec engrais) et un traitement témoin dans lequel, il n'y a ni compost ni engrais chimique [T0 (100% terre, 0 % compost, sans engrais)]. La combinaison des huit (8) traitements avec quatre (4) répétitions donne 32 unités expérimentales. Les unités expérimentales (pots) ont été séparées les unes des autres de 0.5 m entre les lignes et 0.5 m entre les colonnes. Dans l'ensemble, l'étude a été réalisée sur une superficie de 10 m² (figure 5).

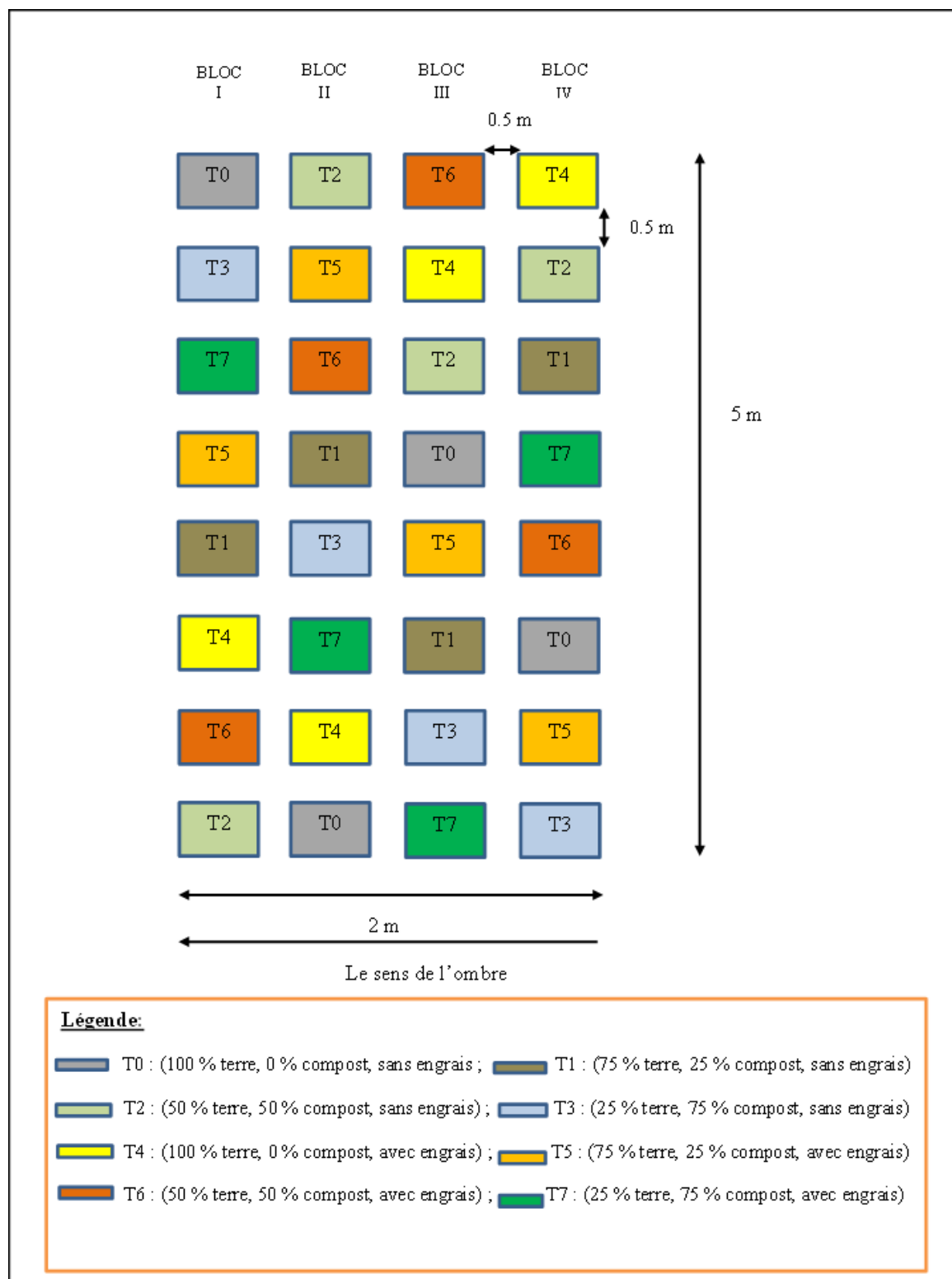


Figure 5. Présentation du dispositif expérimental

3.3.- Méthodes

3.3.1.- Préparation des substrats

Les substrats ont été préparés sur le site de l'essai en mélangeant du compost et de la terre prélevée sur un terrain à proximité du site. Un pot de 3.80 L a été utilisé comme instrument de mesure afin de prélever les proportions de la terre et du compost qui devaient être adoptées suivant le substrat. Le compost et la portion de terre prélevée ont été tamisés pour enlever les grosses particules (figure 6). Pour préparer les substrats, un premier mélange (T1) a été constitué de (75 % terre et 25% compost) ; un deuxième mélange (T2) a été constitué de (50 % terre et 50 % de compost) et le troisième (T3) a été constitué de (25% terre et 75% compost) et enfin un substrat témoin (T0) a été constitué de (100% de terre et 0% compost). L'empotage des substrats de culture a réalisé une semaine avant le repiquage des plantules.



Figure 6. Le substrat tamisé

3.3.2.- Analyse des substrats

Les échantillons du substrat témoin et les trois mélanges ont été analysés au laboratoire de sol de la FAMV. Les analyses ont été effectuées pour les paramètres suivants : pH, conductivité électrique, azote total, phosphore (P_2O_5), potassium échangeable (K^+), sodium (Na^+), carbone organique et texture (argile, limon et sable). Pour les analyses, un échantillon composite de 600 g a été constitué par le mélange de 6 échantillons prélevés à

plusieurs endroits du substrat considéré. Les méthodes d'analyse qui ont été utilisées sont : Kjeldahl pour l'azote total, Olsen pour le phosphore (P_2O_5), Walkley Black pour la matière organique et le carbone organique, bouyoukos pour la texture, la méthode à l'acétate pour le potassium (K^+) et le sodium (Na^+) et la méthode au potentiomètre pour le pH et la conductivité électrique. Les analyses ont révélé que le substrat témoin (T0) a une texture argileuse, les mélanges (T1) et (T2) ont une texture limono-argilo-sableuse et le mélange (T3) a une texture argilo-sableuse. Tous les substrats ont un pH basique. Par ailleurs, le mélange (T3) s'est révélé le plus basique avec un pH de 8.33 et son taux de carbone organique est le plus élevé. Le mélange T1 (75 % terre et 25% compost) a un pH plus proche de la neutralité. Il est plus riche en Azote total et en P_2O_5 assimilable. En se basant sur ces résultats, le traitement T1 paraît être le meilleur d'entre les substrats (tableau 5).

Tableau 5. Les caractéristiques physico-chimiques des substrats

			Substrats			
			T0 (100% terre et 0% compost)	T1 (75 % terre et 25% compost)	T2 (50 % terre et 50 % compost)	T3 (25% terre et 75% compost)
Paramètres	Unité					
Texture	Sable	%	40.00	50.00	60.00	60.00
	Limon	%	10.00	15.00	10.00	15.00
	Argile	%	50.00	35.00	30.00	25.00
pH eau			7.82	7.77	7.91	8.33
C.E.	$\mu s/cm$		13,30	10.23	3.44	4.54
Carbone organique	%		2.44	3.74	5.92	7.21
Azote total	%		0.20	0.65	0.54	0.55
P_2O_5 assimilable	ppm		22.00	30.00	70.00	200.00
K^+ assimilable	Meq/100					
	gr		0.25	7.68	12.80	23.04
	Meq/100					
Na^+	gr		0.13	4.34	4.34	8.64

(Source : Laboratoire de sol de la FAMV, mai 2022)

3.3.3.- Fertilisation chimique

La fertilisation chimique pendant l'étude a été assurée par l'application de trois engrais chimique différents. La dose appliquée a été calculée à partir du poids d'un pot rempli de substrat et en fonction des besoins de l'amarante. Modisane et *al.* (2009) recommande de faire une application de 100 kg/ha d'azote, 20kg/ha de phosphore (P_2O_5) et 150kg/ha de potassium (K_2O) pour la culture de l'amarante. Ces chiffres ont été recalculés pour un pot de substrat 3.80 L pesant 4 kg (annexe 1). A cet effet, chaque pot a reçu 100 mg d'azote, 20 mg

de phosphore (P_2O_5) et 150 mg de potassium (K_2O). La totalité de l'azote par pot a été fournie par 200 mg d'Urée (46-0-0). Pour le phosphore, la totalité a été assurée par 60 mg de Fertigreen THOM-KA [PK 8-15 (+6 MgO)] et pour le potassium, une partie a été apportée par le Fertigreen THOM-KA [PK 8-15 (+6 MgO)] et le reste a été fourni par 300 mg Solabiol (38% K_2O + 47,9 % SO_2). La dose d'engrais apportée a été fractionnée en deux temps pendant le cycle cultural. Les deux tiers (2/3) de la dose (133 mg d'Urée ; 40 mg de Fertigreen THOM-KA ; 200 mg de Solabiol) ont été fournis deux (2) semaines après le repiquage et le tiers (1/3) (67 mg d'Urée ; 20 mg de Fertigreen THOM-KA ; 100 mg de Solabiol) a été apporté deux (2) semaines après la première récolte (tableau 6).

Tableau 6. Les fertilisants chimiques apportés en mg/pot pour la culture de l'amarante

Engrais	Formulation	Quantité en (mg/pot)	1 ^{er} apport 2 semaines après repiquage (mg/pot)	2 ^{ème} apport 2 semaines après la 1 ^{ère} récolte (mg/pot)
Urée	(46-0-0)	200	133	67
Fertigreen Thomaskali	[PK 8-15 (+6 MgO)]	60	40	20
Solabiol	(38% K_2O + 47,9 % SO_2)	300	200	100

3.3.4.- Conduite de l'essai

- **Mise en place de la pépinière**

La mise en pépinière a été réalisée le 15 mars 2022 dans une plaquette alvéolaire en plastique de couleur noire et de dimensions suivantes : 54 cm de long, 28 cm de large et 4 cm de profondeur et les trous font 5.5 cm de diamètre (figure 7). La terre a été utilisée comme support pour les plantules. La pépinière a été arrosée quotidiennement avec un arrosoir de 5 L.

- **Transplantation et entretien**

La transplantation a été réalisée dans des pots de 3.80 L, de 15 cm de profondeur et de 4 g. Les plantules ont été repiquées 2 semaines après le semis, à raison d'un plant par pot.

Après le repiquage, les plantes ont été arrosées quotidiennement. D'après Grubben (1975) le volume d'eau appliqué nécessaire pour l'amarante est de 6 litres/m². Etant donné que, l'étude a été réalisée en pot, d'après, IBGE (2012) Il est difficile d'indiquer les quantités d'eau précises à donner aux plantes. Toutefois, l'arrosage a été réalisé deux fois par jour (dans la matinée et dans l'après-midi). Pour chaque séquence d'arrosage, deux arrosoirs de 5 L ont été utilisés. Les mauvaises herbes ont été enlevées manuellement afin de limiter la compétition avec les plantes. La fertilisation minérale a été réalisée en 2 apports. Le premier a été administré à 2/3 de la dose totale, 2 semaines après le repiquage et le second a été appliqué au 1/3 de la dose totale, 2 semaines après la première récolte. La première récolte des tiges a été réalisée à 15 cm du collet dans 4 semaines après le repiquage et la seconde récolte dans 4 semaines après la première récolte.



Figure 7. Les plantules en pépinière

3.3.5.- Collecte des données

- **Croissance**

Des mesures ont été réalisées sur les indicateurs de croissance suivantes : le diamètre au collet des plantes, la hauteur des plantes et le nombre de feuilles. Les données ont été collectées à la quatrième (4^{ème}) et la huitième (8^{ème}) semaines après la transplantation. Le diamètre au collet des plantes a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse électronique gradué

en mm (figure 9). La hauteur des plantes a été mesurée à l'aide d'un ruban métrique gradué en cm (figure 8). Le nombre de feuilles a été compté pour toutes les plante.



Figure 8. Mesure de la hauteur des plantes



Figure 9. Mesure du diamètre au collet

- **Rendement**

Dans cette étude, 2 récoltes ont été effectuées par coupes successives : La première a été effectuée 4 semaines après la transplantation soit le 28 avril 2022 et la deuxième récolte a été réalisée le 26 mai 2022, soit 8 semaines après la transplantation. Pour la détermination du rendement, les feuilles et les tiges fraîchement récoltées ont été pesées à l'aide d'une balance de marque Salter SA 1171 SPDR de portée 5kg afin de déterminer le rendement en matière fraîche. Le rendement en g/pot, le poids total des tiges et feuilles récoltées en (g) ont été déterminées par les méthodes suivantes :

a)
$$\text{Rendement} = \frac{[\text{Le poids total des organes récoltés en grammes (g) par traitement}]}{\text{le nombre de pots par traitement}}$$

b)
$$\text{Poids total des organes récoltés} = \sum \text{du poids des tiges et des feuilles récoltées par traitement}$$

3.3.6.- Analyse des données

Les données collectées sur les indicateurs de croissance et du rendement ont été enregistrées dans des fichiers Excel. Elles ont été classées par traitement. Elles ont été soumises à des analyses de variance (ANOVA) pour tester la significativité des différences observées entre les traitements quand elles existent. Le test de Duncan ($\alpha=5\%$) a été utilisé pour comparer les moyennes. Les données ont été traitées avec Microsoft Excel et les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel d'analyse Infostat.

IV.- RESULTATS

4.1.- Paramètres de croissance

4.1.1.- Hauteur des plantes

La hauteur moyenne a varié de 13.75 ± 2.22 cm pour le traitement (T3) à 38.50 ± 1.73 cm pour le traitement (T5), 4 semaines après la transplantation. Elle a varié de 23.25 ± 2.22 cm pour le traitement (T3) à 45.50 ± 3.51 cm pour le traitement (T5), 8 semaines après la transplantation. Des différences significatives ont été observées entre les traitements à la quatrième (4^{ème}) et la huitième (8^{ème}) semaine après la transplantation. Cette même tendance a été observée pour les deux périodes de mesure. Par ailleurs, à la quatrième (4^{ème}) semaine, il n'y a pas eu de différences significatives entre les traitements : T1 (35.75 ± 2.99 cm) qui contient 25% compost sans engrais minéraux et T5 (38.50 ± 1.73 cm) qui contient 25 % compost avec engrais minéraux. Cette observation a été valable aussi pour la huitième (8^{ème}) semaine après la transplantation T1 (43.00 ± 2.16 cm) et T5 (45.50 ± 3.51 cm). Il n'y a pas eu de différences significatives entre les traitements : T0 (19.00 ± 3.74 cm) qui ne contient ni compost ni engrais minéraux, T2 (21.00 ± 1.83 cm) qui contient 50 % compost sans engrais minéraux et T7 (21.00 ± 2.71 cm) qui contient 75 % compost avec engrais minéraux, à la quatrième (4^{ème}) semaine et même à la huitième (8^{ème}) semaine T0 (27.25 ± 4.43 cm), T2 (28.75 ± 1.50 cm) et T7 (29.50 ± 0.58 cm). Entre les traitements T4 (27.00 ± 2.16 cm) et T6 (29.00 ± 2.45 cm), il n'y a pas eu de différences significatives à la quatrième (4^{ème}) semaine et la huitième semaine a suivi la même tendance. La hauteur moyenne des traitements T0 (19.00 ± 3.74 cm) et T3 (13.75 ± 2.22 cm) n'a pas été significative entre eux à la quatrième (4^{ème}) semaine. Aucun changement de tendance n'a été observée entre eux à la huitième (8^{ème}) semaine T0 (27.25 ± 4.43 cm) et T3 (23.25 ± 2.22 cm). L'influence de la fertilisation minérale sur l'évolution de la croissance des plantes a été très faiblement observée. En revanche, le pourcentage du compost dans les mélanges de substrat a exercé une forte influence sur la croissance en longueur des plantes en pot. Même avec la présence des engrais minéraux, les traitements : T4 (27.00 ± 2.16 cm), T6 (29.00 ± 2.45 cm) et T7 (21.00 ± 2.71 cm) n'ont pas pu devancer le traitement T1 (35.75 ± 2.99 cm) qui contient 25% compost sans engrais minéraux. La combinaison de substrats qui contient 25% compost avec ou sans engrais minéraux a favorisé la croissance en longueur des plantes d'amarante en pots mieux que les autres combinaisons. Par ailleurs, la combinaison contenant 75% compost sans engrais a favorisé le moins la croissance en longueur de l'amarante cultivée en pot dans cet

essai. Même lorsqu'elle est accompagnée d'engrais minéraux, ses influences sur la croissance des plantes n'ont pas été différentes que le substrat ne contenant ni compost ni engrais minéraux (tableau 8).

Tableau 8. La hauteur moyenne des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.

Traitement	Hauteur moyenne des plantes en (cm) \pm Ecartype	
	4 semaines après transplantation	8 semaines après transplantation
T0	19.00 \pm 3.74 cd	27.25 \pm 4.43 cd
T1	35.75 \pm 2.99 a	43.00 \pm 2.16 a
T2	21.00 \pm 1.83 c	28.75 \pm 1.50 c
T3	13.75 \pm 2.22 d	23.25 \pm 2.22 d
T4	27.00 \pm 2.16 b	35.00 \pm 3.56 b
T5	38.50 \pm 1.73 a	45.50 \pm 3.51 a
T6	29.00 \pm 2.45 b	37.25 \pm 1.50 b
T7	21.00 \pm 2.71 c	29.50 \pm 0.58 c

Test de Duncan : Seuil de significativité : $\alpha=5\%$. Les moyennes accompagnées d'une même lettre sur une même colonne ne sont pas significativement différentes.

T0 : (100% terre, 0 % compost, sans engrais) ; T1 : (75 % terre, 25 % compost, sans engrais) ; T2 : (50% terre, 50% compost, sans engrais) ; T3 : (25% terre, 75% compost, sans engrais) ; T4 : (100% terre, 0 % compost, avec engrais) ; T5 : (75 % terre, 25 % compost, avec engrais) ; T6 : (50% terre, 50% compost, avec engrais) ; T7 : (25% terre, 75% compost, avec engrais)

4.1.2.- Nombre de feuilles par plante

Le nombre de feuilles en moyenne a varié de 27.00 \pm 0.82 feuilles/plante pour le traitement (T3) à 75.00 \pm 4.16 feuilles/plante pour le traitement (T5) à la quatrième (4^{ème}) semaine après la transplantation. Il a varié de 45.75 \pm 1.50 feuilles/plante pour le traitement (T3) à 95.25 \pm 1.89 feuilles/plante pour le traitement (T5) à la huitième (8^{ème}) semaine après la transplantation. Pour les deux périodes, les plus faibles valeurs ont été observées pour le traitement (T3) tandis que les valeurs les plus élevées ont été observées au niveau du traitement (T5). Le nombre de feuilles en moyenne a varié significativement entre les traitements pour les deux périodes de comptage. Cependant, pour les traitements T1 (71.00 \pm 5.94 feuilles/plante) et T5 (75.00 \pm 4.16 feuilles/plante) aucune différence significative n'a été observée à la quatrième (4^{ème}) semaine. De même, à la huitième (8^{ème}) semaine, les

traitements : T1 (93.50 ± 0.58 feuilles/plante) et T5 (95.25 ± 1.89 feuilles/plante) n'ont pas été significativement différents. Les traitements : T0 [31.25 ± 2.63 feuilles/plante) ne contenant ni compost ni engrais minéraux] ; T2 [32.25 ± 3.40 feuilles/plante) contenant 50% compost sans engrais minéraux] ; T4 [35.50 ± 1.29 feuilles/plante) contenant 0% compost avec engrais minéraux] et T7 [33.00 ± 1.83 feuilles/plante) contenant 75% compost avec engrais minéraux], n'ont pas été significativement différents entre eux à la quatrième semaine. Le traitement T6 [contenant 50% compost avec engrais minéraux] a atteint la troisième valeur la plus élevée ; soit (42.00 ± 2.94 feuilles/plante), à la quatrième (4^{ème}) semaine. Cette même observation a été valable pour la huitième (8^{ème}) semaine aussi avec une moyenne de 62.50 ± 1.29 feuilles/plante. Les traitements contenant 25% compost : (T1) et (T5) ont été révélés les combinaisons de substrat les plus intéressantes pour les deux périodes de comptage. Par ailleurs, la combinaison contenant 75% de compost a été révélée la moins intéressante même lorsqu'elle est accompagnée d'engrais minéraux. Pour les deux périodes de comptage les différences significatives entre les traitements ont quasiment suivi les mêmes tendances (tableau 9).

Comme il a été observé avec la croissance en hauteur des tiges, le pourcentage du compost dans les substrats a influencé significativement le processus d'émission des feuilles chez la variété d'amarante (*Amaranthus dubius* M.T.) cultivée en pot dans cet essai. La combinaison de substrat contenant 25% compost avec ou sans engrais minéraux a favorisé plus grandement l'émission des feuilles.

Tableau 9. Le nombre de feuilles en moyenne des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.

Traitement	Nombre de feuilles en moyenne \pm Ecartype	
	4 semaines après transplantation	8 semaines après transplantation
T0	31.25 \pm 2.63 cd	51.75 \pm 1.50 e
T1	71.00 \pm 5.94 a	93.50 \pm 0.58 a
T2	32.25 \pm 3.40 c	52.75 \pm 1.26 de
T3	27.00 \pm 0.82 d	45.75 \pm 1.50 f
T4	35.50 \pm 1.29 c	56.00 \pm 1.83 c
T5	75.00 \pm 4.16 a	95.25 \pm 1.89 a
T6	42.00 \pm 2.94 b	62.50 \pm 1.29 b
T7	33.00 \pm 1.83 c	54.75 \pm 0.96 cd

Test de Duncan : Seuil de significativité : $\alpha=5\%$. Les moyennes accompagnées d'une même lettre sur une même colonne ne sont pas significativement différentes.

T0 : (100% terre, 0 % compost, sans engrais) ; T1 : (75 % terre, 25 % compost, sans engrais) ; T2 : (50% terre, 50% compost, sans engrais) ; T3 : (25% terre, 75% compost, sans engrais) ; T4 : (100% terre, 0 % compost, avec engrais) ; T5 : (75 % terre, 25 % compost, avec engrais) ; T6 : (50% terre, 50% compost, avec engrais) ; T7 : (25% terre, 75% compost, avec engrais)

4.1.3.- Diamètre au collet

Le diamètre moyen a varié de 6.85 \pm 0.48 mm pour le traitement (T3) à 19.56 \pm 0.47 mm pour le traitement (T5) à la quatrième (4^{ème}) semaine après la transplantation. Il a varié de 11.25 \pm 1.11 mm pour le traitement (T3) à 25.33 \pm 0.43 mm pour le traitement (T5) à la huitième (8^{ème}) semaine après la transplantation. Pour les deux périodes de mesure, les traitements ont été significativement différents entre eux. Le diamètre moyen du traitement T5 [contenant 25% compost avec engrais minéraux] (19.65 \pm 0.47 mm) a été significativement différent à tous les autres traitements : T1 (18.43 \pm 0.82 mm) ; T4 (9.73 \pm 0.46 mm) ; T6 (9.70 \pm 0.58 mm) ; T2 (8.18 \pm 1.05 mm) ; T7 (7.55 \pm 0.73 mm) ; T0 (7.03 \pm 0.28 mm) et T3 (6.85 \pm 0.48 mm) à la quatrième (4^{ème}) semaine. À la huitième (8^{ème}) semaine, la tendance a été similaire, le diamètre moyen pour le traitement T5 (25.33 \pm 0.43 mm) a été significativement différent à tous les autres traitements : T1 (23.10 \pm 2.18 mm) ; T6 (16.75 \pm 0.26 mm) ; T4 (15.48 \pm 0.46 mm) ; T2 (14.50 \pm 1.02 mm) ; T7 (14.18 \pm 0.40 mm) ; T0 (12.20 \pm 0.70 mm) et T3 (11.25 \pm 1.11 mm). Même pour le diamètre moyen, la combinaison contenant 25% compost a été révélée la plus intéressante. Par ailleurs, la

combinaison contenant 75% compost a été la moins intéressante ; car, même avec la présence de la fertilisation minérale, elle n'a pas donné grande chose. Le traitement T1 [contenant 25% compost sans engrais minéraux] a atteint la deuxième valeur la plus élevée (18.43 ± 0.82 mm) à la quatrième (4^{ème}) semaine. Cette observation a été valable aussi à la huitième (8^{ème}) semaine ou il a atteint un diamètre moyen de 23.10 ± 2.18 mm. Le pourcentage du compost dans les combinaisons de substrat a influencé grandement la croissance et le développement des plantes. À la huitième (8^{ème}) semaine, les tendances de variations significatives entre les traitements ont suivi quasiment le même sens (tableau 10).

Tableau 10. Le diamètre moyen des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.

Traitement	Diamètre moyen des plantes en (mm) \pm Ecartype	
	4 semaines après transplantation	8 semaines après transplantation
T0	7.03 ± 0.28 e	12.20 ± 0.70 e
T1	18.43 ± 0.82 b	23.10 ± 2.18 b
T2	8.18 ± 1.05 d	14.50 ± 1.02 d
T3	6.85 ± 0.48 e	11.25 ± 1.11 e
T4	9.73 ± 0.46 c	15.48 ± 0.46 cd
T5	19.65 ± 0.47 a	25.33 ± 0.43 a
T6	9.70 ± 0.58 c	16.75 ± 0.26 c
T7	7.55 ± 0.73 de	14.18 ± 0.40 d

Test de Duncan : Seuil de significativité : $\alpha=5\%$. Les moyennes accompagnées d'une même lettre sur une même colonne ne sont pas significativement différentes.

T0 : (100% terre, 0 % compost, sans engrais) ; T1 : (75 % terre, 25 % compost, sans engrais) ; T2 : (50% terre, 50% compost, sans engrais) ; T3 : (25% terre, 75% compost, sans engrais) ; T4 : (100% terre, 0 % compost, avec engrais) ; T5 : (75 % terre, 25 % compost, avec engrais) ; T6 : (50% terre, 50% compost, avec engrais) ; T7 : (25% terre, 75% compost, avec engrais)

4.2.- Rendement

4.2.1.- Matière fraîche par coupes successives

La matière fraîche par coupes successives a varié de 86.00 ± 1.83 g pour le traitement (T3) à 137.50 ± 4.12 g pour le traitement (T5) à la première récolte, soit 4 semaines après la

transplantation. Elle a varié de 119 ± 0.82 g pour le traitement (T3) à 189.25 ± 1.71 g pour le traitement (T5) à la deuxième récolte, soit 8 semaines après la transplantation. La matière fraîche totale a varié de 205.00 ± 2.45 g pour le traitement (T3) à 326.75 ± 5.68 g pour le traitement (T5). Aucune différence significative n'a été observée pour la variation de la matière fraîche entre les traitements : T1 [contenant 25% compost sans engrais minéraux] (134.00 ± 3.65 g) et T5 [contenant 25% compost avec engrais minéraux] (137.50 ± 4.12 g) à la première récolte. Cependant, à la deuxième récolte, la matière fraîche a été significativement différente entre ces deux traitements respectifs : T1 (186.25 ± 1.50 g) et T5 (189.25 ± 1.71 g).

Cette même observation est valable pour la matière fraîche totale entre les traitements T1 (320.25 ± 5.12 g) et T5 (326.75 ± 5.68 g). Les mêmes tendances observées pour les paramètres de croissance ont été observées avec la matière fraîche des organes récoltées qui est composante du rendement. Les traitements contenant 25% compost que ce soit ; avec ou sans engrais minéraux, ont été révélés les plus productifs dans cet essai. En revanche, le traitement contenant 75% compost, a été le moins productif ; même avec la présence de la fertilisation minérale, la combinaison de 75% n'a pas été révélée trop intéressante pour l'amarante cultivée en pot. À la première récolte, entre les traitements : T2 (92.00 ± 1.83 g) ; T4 (94.75 ± 3.59 g) et T6 (96.25 ± 0.96 g) la variation de la matière fraîche n'a pas été significativement différente. Cependant, à la deuxième récolte, des différences significatives ont été observées entre T2 (128.00 ± 0.82 g) ; T4 (133.75 ± 1.71 g) et T6 (136.50 ± 2.08 g). Pour la matière fraîche totale entre les traitements : T4 (228.50 ± 2.52 g) et T6 (232.75 ± 2.99 g), il n'y a pas eu de différences significatives. La même observation a été valable pour les traitements : T0 (88.50 ± 1.29 g) ; T2 (92.00 ± 1.83 g) et T7 (90.75 ± 4.57 g) à la première récolte (tableau 11).

Tableau 11. Le poids moyen de la matière fraîche en (g) des tiges et feuilles récoltées par coupes successives des plantes d'amarante cultivées en pot en fonction des traitements.

Matière fraîche moyenne en (g) \pm Ecartype			
Traitement	Récolte 4 semaines après transplantation	Récolte 8 semaines après transplantation	Matière fraîche Totale
T0	88.50 \pm 1.29 de	122.25 \pm 3.30 f	210.75 \pm 3.30 e
T1	134.00 \pm 3.65 a	186.25 \pm 1.50 b	320.25 \pm 5.12 b
T2	92.00 \pm 1.83 bcd	128.00 \pm 0.82 e	220.00 \pm 1.41 d
T3	86.00 \pm 1.83 e	119.00 \pm 0.82 g	205.00 \pm 2.45 f
T4	94.75 \pm 3.59 bc	133.75 \pm 1.71 d	228.50 \pm 2.52 c
T5	137.50 \pm 4.12 a	189.25 \pm 1.71 a	326.75 \pm 5.68 a
T6	96.25 \pm 0.96 b	136.50 \pm 2.08 c	232.75 \pm 2.99 c
T7	90.75 \pm 4.57 cd	124.50 \pm 1.29 f	215.25 \pm 4.86 de
p-value	<0.0001		

Test de Duncan : Seuil de significativité : $\alpha=5\%$. Les moyennes accompagnées d'une même lettre sur une même colonne ne sont pas significativement différentes.

T0 : (100% terre, 0 % compost, sans engrais) ; T1 : (75 % terre, 25 % compost, sans engrais) ; T2 : (50% terre, 50% compost, sans engrais) ; T3 : (25% terre, 75% compost, sans engrais) ; T4 : (100% terre, 0 % compost, avec engrais) ; T5 : (75 % terre, 25 % compost, avec engrais) ; T6 : (50% terre, 50% compost, avec engrais) ; T7 : (25% terre, 75% compost, avec engrais)

4.2.2.- Rendement en matière fraîche

Le rendement moyen en matière fraîche a varié de 21.50 g/pot pour le traitement (T3) [contant 75% compost sans engrais minéraux] à 34.38 g/pot pour le traitement (T5) [contant 25% compost avec engrais minéraux] à la première récolte, soit 4 semaines après la transplantation. Il a varié de 29.75 g/pot pour le traitement (T3) à 47.31 g/pot pour le traitement (T5) à la deuxième récolte, soit 8 semaines après la transplantation. Le rendement total en moyenne a varié de 51.25 g/pot pour le traitement (T3) à 81.69 g/pot pour le traitement (T5). Comme il a été observé pour la quantité de matière fraîche récoltée, le rendement moyen a varié significativement entre les différents traitements pour les deux périodes de récolte. La variation du rendement total a suivi cette même tendance. Les traitements : T1 (33.50 g/pot) et T5 (34.38 g/pot) n'ont pas été significativement différents entre eux à la première récolte. Par ailleurs, à la deuxième récolte réalisée 8 semaines après la

transplantation, ils ont été significativement différents pour les traitements (T1) et (T2) avec les valeurs respectives suivantes : (46.56 g/pot) et (47.31 g/pot). À la première récolte, entre les traitements : T2 (23.00 g/pot) ; T4 (23.69 g/pot) et T6 (24.06 g/pot) la variation du rendement en fraîche n'a pas été significativement différente. Cependant, à la deuxième récolte, des différences significatives ont été observées entre T2 (32.00 g/pot) ; T4 (33.44 g/pot) et T6 (34.13 g/pot). Aucune différence significative n'a pas été observée entre les traitements : T0 (22.13 g/pot) ; T2 (23.00 g/pot) et T7 (22.69 g/pot) pour la première récolte réalisée 4 semaines après la transplantation. Cependant, le rendement moyen pour le traitement T2 (32.00 g/pot) a varié significativement avec les traitements T0 (30.56 g/pot) et T7 (31.13 g/pot) à la deuxième récolte. Cette même observation a été valable pour le rendement total obtenu avec ces traitements. Le rendement total en matière fraîche le plus élevé a été obtenu avec le traitement T5 (81.69 g/pot) et le plus faible rendement en matière fraîche a été obtenu avec le traitement T3 (51.25 g/pot). Le traitement T1 (80.06 g/pot) a donné le deuxième rendement en matière fraîche le plus élevé après le traitement (T5) dans cet essai.

Les combinaisons de substrat contenant 25% compost avec ou sans engrais minéraux ont été révélées les plus intéressantes pour l'amarante dans cet essai réalisé en pot. Par ailleurs, la combinaison de substrat contenant 75% compost sans engrais a été révélée la moins intéressante. Même avec l'accompagnement de la fertilisation minérale, elle n'a pas donné des rendements intéressants par rapport aux autres combinaisons. Le pourcentage du compost dans les combinaisons de substrat a influencé grandement le rendement en matière fraîche de l'amarante exprimé en (g/pot) dans cet essai (tableau 12).

Tableau 12. Le rendement moyen en g/pot par coupe successive des plantes d'amarante en fonction des traitements

Traitement	Rendement moyen en (g/pot) \pm Ecartype		
	Récolte 4 semaines après transplantation	Récolte 8 semaines après transplantation	Rendement total
T0	22.13 \pm 0.32 de	30.56 \pm 0.83 f	52.69 \pm 0.83 e
T1	33.50 \pm 0.91 a	46.56 \pm 0.38 b	80.06 \pm 1.28 b
T2	23.00 \pm 0.46 bcd	32.00 \pm 0.20 e	55.00 \pm 0.35 d
T3	21.50 \pm 0.46 e	29.75 \pm 0.20 g	51.25 \pm 0.61 f
T4	23.69 \pm 0.90 bc	33.44 \pm 0.43 d	57.13 \pm 0.63 c
T5	34.38 \pm 1.03 a	47.31 \pm 0.43 a	81.69 \pm 1.42 a
T6	24.06 \pm 0.24 b	34.13 \pm 0.52 c	58.19 \pm 0.75 c
T7	22.69 \pm 1.14 cd	31.13 \pm 0.32 f	53.81 \pm 1.21 de
p-value	<0.0001		

Test de Duncan : Seuil de significativité : $\alpha=5\%$. Les moyennes accompagnées d'une même lettre sur une même colonne ne sont pas significativement différentes.

T0 : (100% terre, 0 % compost, sans engrais) ; T1 : (75 % terre, 25 % compost, sans engrais) ; T2 : (50% terre, 50% compost, sans engrais) ; T3 : (25% terre, 75% compost, sans engrais) ; T4 : (100% terre, 0 % compost, avec engrais) ; T5 : (75 % terre, 25 % compost, avec engrais) ; T6 : (50% terre, 50% compost, avec engrais) ; T7 : (25% terre, 75% compost, avec engrais)

V.- DISCUSSIONS

La culture sur substrat est courante dans la production horticole du monde entier (Grunert et *al.*, 2016). En effet, le substrat fournit un support aux plantes et il sert, dans une certaine mesure, de réservoir dans lequel la plante puise les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance. Il doit être perméable, bien aéré et durable (Göhler & Molitor, 2002). Dans cette étude, des combinaisons de la terre et du compost ont été utilisées comme substrat de culture (tableau 4). Ce qui rejoint Spiers & Fietje (2000) qui ont suggéré que certains types de compost seuls ne conviennent pas comme supports de culture en raison d'une teneur en sel et d'un pH trop élevés. Cela arrive en particulier, lorsqu'un compost immature et instable est utilisé (Ozores-Hampton et *al.*, 1999). Un autre inconvénient de l'utilisation du compost comme substrat est qu'il s'agit d'un matériau très hétérogène et qu'il doit donc être amendé pour pouvoir être utilisé comme substrat (Carrión et *al.*, 2005; Mazuela et *al.*, 2005; Urrestarazu et *al.*, 2000, 2001, 2003). Une fois les propriétés physico-chimiques ajustées pour la culture hors-sol, les essais de rendement ont prouvé la pertinence du compost comme milieu de culture hors-sol acceptable et comme substrat alternatif viable et écologique.

Dans cette étude, les résultats des trois paramètres de croissance mesurés : La hauteur des plantes (figure 7), le nombre de feuilles par plante (figure 8) et le diamètre des tiges (figure 9) ont montré une grande influence de la teneur en pourcentage du compost dans les substrats. Les traitements constitués par la combinaison contenant 25% compost : (T1) et (T5) ont été révélés les combinaisons de substrat les plus intéressantes. Pour la hauteur des plantes et le nombre de feuilles par plante, aucune différence significative n'a été observée à la quatrième semaine après transplantation. Même après la huitième semaine après la transplantation, les résultats obtenus pour ces deux traitements ont gardé la même tendance. Par ailleurs, la combinaison contenant 75% de compost (T3) a été révélée la moins intéressante même lorsqu'elle est accompagnée d'engrais minéraux (T7). Ces résultats obtenus sont justifiés par Lemaire (1996) qui déclare qu'il ne faut pas dépasser 30% en volume de compost dans un mélange. Pour Gros d'Aillon (1997), le compost de déchets verts est satisfaisant comme amendement organique, mais imparfait comme support de culture quand on l'utilise pur. ADEME (2019) de son côté, est d'accord que le compost apporte une bonne quantité de matière organique ; toutefois, il suggère de l'appliquer en couches minces, puis de l'incorporer superficiellement même pour les grandes surfaces de sol.

Les caractéristiques chimiques d'un substrat influencent beaucoup les cultures et elles sont capables d'impacter l'absorption des fertilisants par les plantes. Par exemple, le cas de la disponibilité de l'azote pour les plantes. Sullivan et *al.* (2018) relatent que le pourcentage de l'azote totale disponible pour la plante au cours de la première année fluctue en fonction du rapport C/N du compost. Al-Bataina et *al.* (2016) ajoutent que c'est uniquement 1 à 3 % de l'azote total qui est relâché par an dépendamment de l'âge du compost. De ce fait, ces déclarations permettent de comprendre les résultats obtenus avec les combinaisons de substrats contenant 75% de compost (T3) et (T7). A la vérité, elles contiennent un taux de carbone plus élevé que les autres (tableau 4). Cela implique qu'elles libèrent moins rapidement l'azote que les autres. Or, l'azote fait partie des éléments essentiels que la plante puise dans son environnement immédiat pour assurer sa croissance et son développement. De ce fait, la richesse des substrats en azote a la capacité d'augmenter considérablement le nombre de feuilles chez l'amarante ainsi que sa croissance en longueur. Meyer et *al.* (2008) affirment que l'azote entre dans la composition de molécules indispensables telles que les acides aminés et les acides nucléiques chez les plantes. Les différences significatives observées entre les différents traitements dans cet essai sont liées à la proportion du compost. Toutefois, la présence de la fertilisation minérale dans certains traitements favorise des augmentations dans certains cas. Par exemple, en raison de la présence de la fertilisation minérale, les résultats du traitement (T6) ont été significativement supérieurs de (T2) pour la hauteur, le nombre de feuilles et le diamètre moyen des plantes. Il a été de même entre les traitements (T7) et (T3) et entre (T0) et (T4) pour la hauteur des plantes.

Comme il a été montré pour le nombre de feuilles et la hauteur des plantes, la différence observée entre les traitements pour le diamètre moyen est associée à la différence de leur teneur en éléments nutritifs qui va dans le même sens. Tardieu, (1984) a trouvé une corrélation entre le diamètre de la tige du maïs et la biomasse aérienne.

Moins le substrat est riche en éléments nutritifs plus les organes végétatifs des plantes seront affectés. Les plantes cultivées dans le substrat témoin (T0) qui ne contient ni compost ni engrais minéraux, ont produit très peu de feuilles par rapport à (T2) par exemple mais il a été de loin le substrat le moins productif. Parce que le nombre moyen de feuilles produites par le traitement (T3) contenant 75% compost sans engrais minéraux a été encore plus faible. Il faut noter que les feuilles jouent un très grand rôle dans la quantité de photosynthétats fabriquée autrement-dit, la quantité de biomasse produite par la plante. Cela justifie les

faibles résultats obtenus pour la production de la matière fraîche des organes récoltés et le rendement moyen en matière fraîche chez la variété d'amarante (*Amaranthus dubius* M.T.) cultivée en pot avec le traitement contenant 75% compost sans engrais minéraux (T3) et le traitement témoin (T0) ne contenant ni compost ni engrais minéraux par rapport aux traitements contenant 25% compost avec engrais minéraux (T5) et 25% compost sans engrais minéraux (T1). En fonction des rendements obtenus, les traitements peuvent être classés dans l'ordre suivant : $T5 > T1 > T6 > T4 > T2 > T7 > T0 > T3$. Une fois de plus, les traitements contenant 25% compost ont révélé leur supériorité par rapport aux autres traitements. La différence significative entre les traitements : (T5) [contenant 25% compost avec engrais minéraux] et (T1) [contenant 25% compost sans engrais minéraux] va dans le même avec les travaux de Grubben (1975) sur la fertilisation organo-minérale de l'amarante en plein champ fumée avec de la gadoue et de l'engrais minéral. Les résultats ont montré que le rendement de l'amarante augmente avec l'association de la gadoue et de l'engrais minéral.

Le rendement en matière fraîche obtenu a varié de 51.25 g/pot à 81.69 g/pot. Il est presque similaire aux résultats trouvés par Bernard (2014) dans une étude réalisée en serre sur la fertilisation azotée de l'amarante cultivée en pot sur différents mélanges terre/compost sur des étagères. Le rendement en matière fraîche trouvé a varié de 36.90g/pot à 85.65g/pot. Le rendement en gramme de matière fraîche par pot trouvé dans cet essai est supérieur par rapport au rendement plein champ trouvé par Grubben (1975) qui a varié de 31.60 g/plante à 57.20 g/plante (tableau 4).

Le traitement (T3) constitué par la combinaison de substrat contenant 75% compost sans engrais minéraux a favorisé le moins le mécanisme de la production de la matière fraîche chez les plantes d'amarante cultivée en pot dans cette étude. En effet, cette observation peut être confirmée par l'étude de Fisher & Popp (1998) qui indique une baisse significative du poids des plantes cultivées lorsque l'on dépasse 40% de compost de déchets verts.

VI.- CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail avait pour objectif de Promouvoir le développement durable de l'agriculture urbaine dans la ville de Carrefour, en vue d'améliorer la sécurité alimentaire, en se basant spécifiquement sur la culture de l'amarante en pot sur le toit. En effet, la technique de culture en pot sur des mélanges de terre et de compost à différentes proportions, est une alternative intéressante et prometteuse pour produire l'amarante. Le rendement en matière fraîche a varié de 51.25 g/pot pour le traitement (T3) à 81.69 g/pot pour le traitement (T5). Les résultats de cette étude ont montré que le pourcentage du compost dans les mélanges a de fortes influences sur la croissance et le développement de l'amarante ainsi que sur sa production de matière fraîche. Pour l'instant, aucune conclusion hâtive ne peut être tirée uniquement sur la base de ce travail. Toutefois les résultats ont permis de voir indépendamment de la fertilisation minérale, l'importance du compost comme amendement et substrat de culture. Le compost lorsqu'il est seul ou du moins en trop grande quantité dans un mélange n'est pas intéressant et même pas recommandable pour des cultures en pot. Par ailleurs, quand il est ajouté à une proportion adéquate, il s'avère donner de bons résultats. Les mélanges contenant 25% compost ont donné les meilleurs résultats.

Cette étude a permis de mettre en évidence tout le potentiel que représente le toit inexploité des maisons et l'importance du compostage des déchets ménagers dans de perspectives de développement durable. Au regard de la montée recrudescence de l'insécurité alimentaire et de la tendance actuelle des villes en Haïti, où la démographie urbaine s'accélère continuellement et l'espoir de produire des légumes en plein ville semble perdu ; les résultats de cette étude pourraient servir d'incubateur de la promotion pour la culture des légumes en pot. En faisant néanmoins plusieurs répétitions de cet essai et voire d'utiliser plusieurs composts d'origine différente.

A travers cette étude le comportement de l'amarante cultivée en pot sur différents mélange terre/compost ainsi que la fertilisation chimique a été mis en évidence. Toutefois, il reste d'autres points qui pourraient être l'objet d'étude à l'avenir :

- Reprendre cette étude en testant d'autres aspects comme l'évaluation économique de l'usage du compost en comparaison avec l'usage de la fertilisation chimique et de vérifier après combien périodes de culture qu'il faudrait changer le substrat.

- Tester d'autres composts avec des pots de volumes différents de ceux qui ont été utilisés dans cet essai.
- Promouvoir le recyclage et le compostage des déchets ménagers produits dans les villes dans un contexte de développement durable et d'amélioration des conditions environnementales.

VII.- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abad, M., Noguera, V., Martinez-Herrero, M. D., & Fornes, F. (1989).** Physical and chemical properties of sedge peat-based media and their relation to plant growth. *Acta Hortic.*, 238, 45-56.
- Abis, S., & Brun, M. (2022).** Le Déméter 2022. Alimentation: Les nouvelles frontières. IRIS éditions; Cairn.info. <https://www.cairn.info/le-demeter-2022--0011662118.htm>
- ADEME. (2019).** Guide du compostage pdf. 13 p. <https://librairie.ademe.fr/cadic/2048/guide-pratique-compostage-et-paillage.pdf?modal=false>
- Al-Bataina, B. B., Young, T. M., & Ranieri, E. (2016).** Effects of compost age on the release of nutrients. *International Soil and Water Conservation*. 4, 230–236.
- Anonyme. (2010).** Production de la tomate en Haïti. PDF. 5p.
- Ao, R. L., & Emeritus, D. (2008).** The potential of feeding nitrate to reduce enteric methane production in ruminants. A Report to the Department of Climate Change, Canberra, Australia.
- Asomani-Boateng, R. (2007).** Closing the Loop: Community-Based Organic Solid Waste Recycling, Urban Gardening, and Land Use Planning in Ghana, West Africa. *Journal of Planning Education and Research*, 27 (2), 132–145.
- Bernard, N. (2014).** Rendement et teneur en nitrates des feuilles de l'amarante (*Amaranthus dubius* M.T.) en réponse à la fertilisation azotée, au substrat et à la hauteur des étages en agriculture verticale. Mémoire de fin d'études, FAMV, Damien, Port-au-Prince, 73p.
- Boissonneault, E. (2017).** Sol, Terre, Compost: Quels enjeux pour l'agriculture urbaine. [Université du Québec à Montréal]. Université du Québec à Montréal Service des bibliothèques.
- Bories, O., Fontorbes, J.-P., & Granie, A.-M. (2018).** Quand l'agriculture prend de la hauteur. Filmer au jardin potager sur le toit de la clinique Pasteur à Toulouse. *VertigO la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 31, Article Hors-série 31. <https://doi.org/10.4000/vertigo.21398>
- Burger, D. W., Hartz, T. K., & Forister, G. W. (1997).** Composted green waste as a container medium amendment for the production of ornamental plants. *Hortscience*, 32 (1), 57–60.
- Carrión, C., Abad, M., Maquieira, A., Puchades, R., Fornes, F., & Noguera, V. (2005).** Leaching of composts from agricultural wastes to prepare nursery potting media. *Acta Hort. (ISHS)* 697:, 117–124.

- CNRA. (2012).** Bien cultiver l'amarante, la célosie, la corète potagère et la morelle noire en Côte d'Ivoire. Côte d'Ivoire. Pdf. 4p.
https://www.researchgate.net/publication/320830107_Bien_cultiver_l'amarante_la_celosie_la_corete_potagere_et_la_morelle_noire
- CNSA, & PAM. (2008).** Enquête nationale de la sécurité alimentaire. 182p.
<http://www.cnsahaiti.org/Web/Etudes/Rapport%20final%20enquete%20nationale%28ENSA%29.pdf>
- Cole, J. N. (1979).** Amaranth: From the Past, for the Future, Rodale Press, Inc., Emmaus Pennsylvania. USA., 311 p.
- Combris, P., Causse, M., Caillavet, F., & Amiot-Carlin, M. J. (2008).** Les fruits et légumes dans l'alimentation : Enjeux et déterminants de la consommation. Les Fruits et Légumes Dans l'alimentation, 1–128.
- Damon, J. (2017).** Un monde de bidonvilles—Migrations et urbanisme informel. Le Seuil.
- Drechsel, P., & Kunze, O. (2001).** Waste Composting for Urban and Periurban Agriculture; Closing the rural-urban nutrient cycle in sub-Saharan Africa. CA BI.
- Duchemin, E., Wegmuller, F., & Legault, A.-M. (2008).** «Urban agriculture: Multi-dimensional tools for social development in poor neighbourhoods». FACTS Reports., 1, 18 p.
- Duvivier, P., & Fontin, M. L. (2017).** Building the Evidence Base on the Agricultural Nutrition Nexus: Haiti. CTA Working Paper 17/09. Wageningen, Netherlands, and Port-au-Prince: Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation and State University of Haiti.
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/90131/2010_PDF.pdf?sequence=2
- Ellis, F., & Sumberg, J. (1998).** «Food production, urban areas and policy responses». World Development. 26, no 2, 213-225.
- Espaces Naturels de France. (1998).** Tourbe et horticulture. In L'écho des tourbières, no 4.
- FAO. (2009).** « Plus d'un milliard de personnes souffrent de la faim ». FAO.
<http://www.fao.org/hunger/hunger-home/fr>
- FEWS NET. (2015).** Haiti Rural Livelihood Profiles/MAP OF LIVELIHOOD ZONES IN HAITI. Washington, DC. http://fewsn.net/sites/default/files/documents/reports/Haiti_LH_profiles-2015-04.pdf.
- Fisher, P., & Popp, W. (1998).** The use of various composts and recycled materials in growing media for ornamental shrubs. Acta Hort., 469, 287–296.
- Fitzpatrick, G. E., Duke, E. R., & Kock-Moore, K. A. (1998).** Use of compost products for ornamental crop production: Research and grower experiences. Hortscience, vol. 33(6). 941-944.

- Gagnon, C. I. (2007).** Premier plan stratégique de développement durable de la collectivité montréalaise. Service des infrastructures transport et environnement de la Ville de Montréal, Ville de Montréal : 120 p.
- Geffrard, R. (2013).** Réduction de l'insécurité alimentaire en Haïti, selon la CNSA. Le Nouvelliste.
<https://lenouvelliste.com/article/122754/reduction-de-linsecuritealimentaire-en-Haïti-selon-la-cnsa>
- Göhler, F., & Molitor, H.-D. (2002).** Erdelose Kulturverfahren im Gartenbau. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart (Hohenheim)., 267 p.
- Graszaaddirect. (2022).** Fertigreen Thomaskali 25KG - 450m2. Graszaaddirect.
<https://www.graszaaddirect.nl/fertigreen-thomaskali-25kg-450m2.html?source=facebook>
- Gros d'Aillon, V. (1997).** Etude technico-économique du compost de déchets verts de Thonon les-Bains. Rapport de fin d'études ENITHP. 54 p.
- Grubben, G. J. H. (1975).** La culture de l'amarante, légume-feuilles tropical. Avec référence spéciale au sud-Dahomey. Section de Phytotechnie Tropicale, Institut National Agronomique, Wageningen, Pays-Bas.
- Grubben, G. J. H. (2004).** Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables. Wageningen, Pays-Bas. 668 p.
- Grubben, G. J. H. (2006).** Ressources végétales de l'Afrique Tropicale 4, Céréales et légumes secs, *Amaranthus cruentus* L. pp 7-9.
- Grunert, O., Hernandez-Sabrina, E., Vilchez-Vargas, R., Jauregui, R., Pieper, D. H., & Perneel, M. (2016).** Mineral and organic growing media have distinct community structure, stability, and functionality in soilless culture systems. <https://doi.org/Sci. Rep. 6:18837>. doi: 10.1038/srep18837
- Hara, Y., Furutani, A., Murakami, A., Palijon, M., & Yokohari, M. (2011).** Current organicwaste recycling and the potential for local recycling through urban agriculture in Metro Manila. *Waste Manag Res.*, 29 (2), 1213–1221.
- IBGE. (2012).** Info fiches sur les potagers. Le jardinage en pot : Techniques de culture. Institut Bruxellois Pour La Gestion de l'environnement/(Bruxelles Environnement). Belgique., Numéro 13., 3 p.
- IHSI. (2015).** Estimation de la Population, de 18 ans et plus, Ménages et densité estimés en 2015. Pdf. 131 p. Pdfhall.Com. https://pdfhall.com/estimation-de-la-population-2015-ihsi_59fd10ca1723dd743b185fdf.html
- IHSI. (2021).** Estimations de la population. <https://ihsi.ayiti.digital/indicator-population>
- Inckel, M., De Smet, P., Tersmette, T., & Veldkamp, T. (2005).** La Fabrication et l'utilisation du compost. Série Agrodok No. 8. © Fondation Agromisa, Wageningen. 73 p.

- Kahane, R., Temple, L., Brat, P., & De Bon, H. (2005).** Les légumes feuilles des pays tropicaux : Diversité, richesse économique et valeur santé dans un contexte très fragile. 9.
- Koc, M., MacRae, R., Mougeot, L. J. A., & Welsh, J. (2000).** Armer les villes contre la faim :Systèmes alimentaires urbains durables. CRDI, Ottawa, ON, CA. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/29661>
- Lebedeva, J. (2008).** «Climate change adaptation and mitigation through urban agriculture: A Montréal cas study». Mémoire, Montréal, School of Urban Planning, McGill.
- Lemaire, F. (1996).** Valeur des sous-produits organiques en tant que substrat. PHM Rev. Hort., 373, 28–35.
- Lemaire, F., Dartigues, A., & Charpentier, S. (1990).** Cultures en pots et conteneurs principes agronomiques et applications. Coed. INRA -PHM Rev. Hortie.,.
- Letard, M., Erard, P., & Jeannequin, B. (1995).** Maitrise de l'irrigation fertilisante : Tomate sous serre et abris. Les éditions du Ctifl.
- Lozano-Gracia, N., & Lozano, M. G. (2017).** Haitian Cities: Actions for Today with an Eye on Tomorrow. Washington, DC: World Bank.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/709121516634280180/pdf/122880-V1-WP-P156561-OUO-9-FINAL-ENGLISH>
- MAAO. (2014).** Guide des plantes de pépinière et d'ornement, culture et lutte intégrée. Pub 841F. Toronto, Canada.
- MADRPM. (2005).** Les cultures alternatives : Quinoa, amarante, épeautre. Transfert de technologie en agriculture. 4 p.
- Maher, M., Prasad, M., & Raviv, M. (2008).** Organic Soilless Media Components. Soilless culture: Theory and practice, pp: 459-504.
- MARNDR. (2010).** Plan d'investissement pour la croissance du secteur Agricole. Production et développement des filières/ MARNDR 2010
https://agriculture.gouv.ht/view/01/IMG/pdf/annexe_7.pdf
- Maughan, P. J., Smith, S. M., Fairbanks, D. J., & Jellen, E. N. (2011).** Développement, caractérisation et cartographie de liaison des polymorphismes nucléotidiques simples dans les grains d'amarante (*Amarantus spp.*). Le génome végétal. Vol. 4(1), 92–101.
- Mazuela, P., Salas, M. C., & Urrestarazu, M. (2005).** Vegetable waste compost as substrate for melon. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 36(11-12) : 1557–1572.
- McLaren, D., & Frigg, M. (2002).** Voir et vivre, guide pratique sur la vitamine A dans la santé et la maladie. 39.
- Meyer, F., Paarmann, D., D'Souza, M., Olson, R., Glass, E. M., Kubal, M., Paczian, T., Rodriguez, A., Stevens, R., Wilke, A., Wilkening, J., & Edwards, R. A. (2008).** The metagenomics RAST server—A public resource for the automatic phylogenetic and functional analysis of metagenomes.

- Modisane, P. C., Beletse, Y., & Du Plooy, C. P. (2009).** Yield response of Amaranthus and Cleome to fertiliser application. African Crop Science Conference Proceedings. Uganda, 9, pp 2013-2016.
- Morel, P., Rivière, L.-M., & Poncet, L. (2000).** Les supports de culture horticoles. Editions Quae.
- Mougeot, L. J. A. (2006a).** Cultiver de meilleures Villes : Agriculture urbaine et développement durable. Ottawa : Centre de recherches pour le développement international. 115 p.
- Mougeot, L. J. A. (2006b).** Growing Better Cities. Ottawa: International Development Research Centre.
- Mustin, M. (1987).** Le compost : Gestion de la matière organique. Editeur : Paris: François Dubusc. ISBN: 2-864-72008-6. 954 p.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015023178>
- ODAPSA. (2018).** Sécurité Alimentaire pour Haïti. <https://odapsa.org/maraichage.html>
- ONU. (2007).** World urbanization prospects: The 2007 revision population database. In Organisation des Nations Unies (ONU). New-York, Etats Unis, 244p.
- Ozores-Hampton, M., Vavrina, C. S., & Obreza, T. A. (1999).** Yard Trimmings-biosolids Compost: Possible Alternative to Sphagnum Peat Moss in Tomato Transplant Production. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 7: 42-49.
- Papadopoulos, A. P., Bar-Tal, A., Silber, A., Saha, U. K., & Raviv, M. (2008).** Inorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixes. Soilless Culture Theory and Practice. Elsevier, Burlington, MA.
- Penningsfeld, P., & Kruzmand, P. (1969).** Cultures Sans Sol Ou Hydroponiques et Sur Tourbe. Editions La Maison Rustique—Paris. <https://www.abebooks.com/Cultures-Sol-Hydroponiques-Tourbe-PENNINGSFELD-KURZMANN/1028736636/bd>
- Pison, G. (2019).** Atlas de la population mondiale (Autrement).
- PNAS. (2017).** L'expansion urbaine et ses conséquences sur les terres cultivées et la production agricole: Veille Prospective & Evaluation.
<http://veilleagri.hautetfort.com/archive/2017/02/15/l-expansion-urbaine-et-ses-consequences-sur-les-terres-culti-5911246.html>
- Poulot, M. (2014).** Agriculture et ville : des relations spatiales et fonctionnelles en réaménagement. Une approche diachronique. Pour, 224(4), 51–66.
<https://doi.org/10.3917/pour.224.0051>
- Prémont, V. (2015).** Irrigation, substrats et fertilisation dans la culture hors-sol du fraisier, des enjeux pour une production optimisée. Université Laval, Québec, Canada, 87p.
- Pronk, A. A. (1995).** Composted vegetable, fruit and garden waste as a substitute for peat in container-grown nursery stock. Acta Hortic., 401, 473–480.

- Raviv, M., & Lieth, J. H. (2008).** Soiless Culture Theory and Practice. Amsterdam: Elsevier Science.
- Reyburn, S. (2006).** « Evaluation de la contribution de l'agriculture urbaine communautaire montréalaise à l'amélioration du cadre de vie ». Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor en Etudes urbaines, Montréal, Urbanisation, culture et société Université du Québec à Montréal.
- Saint-louis, P.-H. (2015).** Effet de la hauteur des étages et de 3 types de substrat sur la performance du Niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en agriculture verticale à Damien. 58 p.
- Small, R. (2007).** «Urban agriculture: Organic gardens bring hope to poor urban communities». *Appropriate Technology*. 34, no 1, 18–24.
- SNHF. (2021).** Le compost : Mode d'emploi - Jardiner Autrement. <https://www.jardinerautrement.fr/le-compostage-mode-demploi/>
- Sonneveld, C. (1993).** “Rockwool as a substrate for greenhouse crops,” in *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Ed. Y. P. S. Bajaj (Berlin: Springer), 285–312.
- Souleymane, N., Legba, C. E., Aglinglo, A. L., Francisco, R. A., Sogbohossou, E. O. D., Fassinou Hotegni, V. N., & Achigan-Dako, G. E. (2018).** Fiche technique synthétique pour la production des Amarantes (*Amaranthus spp.*). Pdf. Laboratory of Genetics, Horticulture and Seed Science (GBioS), Université d'Abomey- Calavi (UAC), Abomey-Calavi, 6 p.
- Spiers, T. M., & Fietje, G. (2000).** Green Waste Compost as a Component in Soiless Growing Media. *Compost Sci. Util.*, 8 (1), 19-23.
- Sullivan, D., Bary, A. I., Miller, R. O., & Brewer, L. J. (2018).** Interpreting compost analyses. Oregon State University Extension Service. EM 9217. 10 p.
- Tardieu, F. (1984).** Étude au champ de l'enracinement du maïs. Influence de l'état structural sur la répartition des racines, conséquences sur l'alimentation hydrique. Thèse, INAPG, Paris.
- Terra, G. J. A. (1967).** Horticulture's contribution to human nutrition in the tropics. Place and function of horticulture. *Proc. Int. Hort. Cong.* (17th) 4.
- Tittarelli, F., Petruzzelli, G., Pezzarossa, B., Civilini, M., Benedetti, A., & Sequi, P. (2007).** Quality and agronomic use of compost. *Compost science and technology*. vol 8, 119-152.
- United Nations. (2018).** World Urbanization Prospects: The 2018 Revision [Online Edition.]. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. <https://population.un.org/wup/>
- Urrestarazu, M., Salas, M. C., & Mazuela, P. (2003).** Methods of correction of vegetable waste compost used as substrate by soiless culture. *Act. Hort.* 609: 229-233.

- Urrestarazu, M., Salas, M. C., Padilla, M. I., Moreno, J., Elorrieta, M. A., & Carrasco, G. (2001).** Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping. *Acta Hort.* 549: 147-152.
- Urrestarazu, M., Salas, M. C., Rodríguez, R., Elorrieta, M. A., & Moreno, J. (2000).** Evaluación agronómica del uso del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivo sin suelo en tomate. *Actas de Horticultura*, 32 : 327-332.
- Van Der Veken, H. V. (1969).** La culture rationnelle des principaux légumes tropicaux en Afrique Equatoriale. FAO, Rome.
- Van Dijk Flora, & Royal Lemkes. (2019).** Livre blanc pots de culture. Pdf. 8 p.
- Van Veenhuizen, R. (2006).** Cities Farming for the Future: Urban Agriculture) or Green and Productive Cities, Philippines: RUAF Foundation et ETC Urban Agriculture.
- Vance, C. P. (2001).** Symbiotic Nitrogen Fixation and Phosphorus Acquisition. *Plant Nutrition in a World of Declining Renewable Resources | Plant Physiology | Oxford Academic*. <https://academic.oup.com/plphys/article/127/2/390/6103258?login=true>
- Wegmuller, F., & Duchemin, E. (2010).** Multifonctionnalité de l'agriculture urbaine à Montréal: Étude des discours au sein du programme des jardins communautaires. [VertigO] *La Revue Électronique En Sciences de l'environnement*, 10(2), 0–0.
- World Bank. (2017).** Haïti : Un nouveau rapport de la Banque mondiale plaide pour le renforcement de la résilience urbaine [Text/HTML]. World Bank. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2018/01/23/haiti-new-wb-report-calls-for-strengthening-urban-resilience>
- World Bank. (2019).** Population in urban agglomerations of more than 1 million (% of total population) | Data. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.URB.MCTY.TL.ZS?end=2021&start=1960&view=chart>
- Wu, H., Sun, M., Yue, S., Sun, H., Cai, Y., Huang, R., Brenner, D., & Corke, H. (2000).** Évaluation sur le terrain d'un Collection de ressources génétiques d'Amaranthus en Chine. *Genet Resour Crop Ed.* vol, 47(1), 43–53.

ANNEXE

Annexe 1. Calcul de la dose d'engrais à appliquer

Calcul de la dose d'engrais à appliquer pour l'amarante en fonction de ses besoins.

- **Besoin de l'amarante : (100 kg/ha N, 20 kg/ha P₂O₅, 150 kg/ha K₂O)**

On sait que pour une surface de sol de 1 ha et une profondeur de 30 cm

- Densité du sol : 1 350 kg/m³
- Surface : 1 ha = 10 000 m²
- Profondeur sol : 30 cm = 0.3 m

Une surface de 1 ha équivaut à 4 000 tonnes de tonnes de terre

$$1 \text{ ha} = 400 \text{ kg/m}^2$$

❖ Besoin en azote de l'amarante par pot

Un pot rempli pèse 4 kg

$$\begin{array}{lll} 4\,000 \text{ tonnes de terre} & \longrightarrow & 1 \text{ ha} \longrightarrow 100 \text{ kg N} \\ 4\,000\,000\,000 \text{ g terre} & \longrightarrow & 100\,000 \text{ g N} \\ 4\,000 \text{ g terre} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = (4\,000 \text{ g terre} * 100\,000 \text{ g N}) / (4\,000\,000\,000 \text{ g terre})$$

$$X = 4 \text{ g N} / 40$$

$$X = 0.1 \text{ g N} = 100 \text{ mg N par pot}$$

Satisfaisons le besoin avec de l'urée (46-0-0)

$$100 \text{ kg urée} \longrightarrow 46 \text{ kg N}$$

$$100\,000 \text{ g urée} \longrightarrow 46\,000 \text{ g N}$$

$$X \longrightarrow 0.1 \text{ g N}$$

$$X = (100\,000 \text{ g urée} * 0.1 \text{ g N}) / (46\,000 \text{ g N})$$

$$X = 10 / 46$$

$$X = 0.2 \text{ g} = 200 \text{ mg urée}$$

Besoin en P₂O₅ de l'amarante par pot

$$4\,000\,000\,000 \text{ g terre} \longrightarrow 20\,000 \text{ g P}_{205}$$

$$4\,000 \text{ g terre} \longrightarrow X$$

$$X = (4\,000 \text{ g terre} * 20\,000 \text{ g P}_{205}) / (4\,000\,000\,000 \text{ g terre})$$

$$X = 8 / 400 \text{ g P}_{205}$$

X = 0.02 g P₂O₅ = 20 mg P₂O₅ par pot

Besoin en K₂O de l'amarante par pot

4 000 000 000 g terre \longrightarrow 150 000 g K₂O

4 000 g terre \longrightarrow X

$$X = (4\,000\text{ g terre} * 150\,000\text{ g K}_2\text{O}) / (4\,000\,000\,000\text{ g terre})$$

$$X = (4 * 15\text{ g K}_2\text{O}) / 400$$

X = 0.15 g K₂O = 150 mg K₂O par pot

Satisfaisons le besoin en P₂O₅ avec le Fertigreen THOM-KA [PK 8-15 (+6 MgO)]

25 000 g Fertigreen THOM-KA \longrightarrow 8 000 g P₂O₅

X \longrightarrow 0.02 g P₂O₅

$$X = (25\,000\text{ g Fertigreen THOM-KA} * 0.02\text{ g P}_2\text{O}_5) / (8\,000\text{ g P}_2\text{O}_5)$$

$$X = 0.5\text{ g Fertigreen THOM-KA} / 8$$

X = 0.06 g = 60 mg Fertigreen THOM-KA

Solde de K₂O

25 000 g Fertigreen THOM-KA \longrightarrow 15 000 g K₂O

0.06 g Fertigreen THOM-KA \longrightarrow X

$$X = (0.06\text{ g Fertigreen THOM-KA} * 15\,000\text{ g K}_2\text{O}) / (25\,000\text{ g Fertigreen THOM-KA})$$

$$X = (0.06 * 15\text{ g K}_2\text{O}) / 25$$

X = 0.036 g K₂O

$$\text{Solde K}_2\text{O} = 0.15\text{ g K}_2\text{O} - 0.036\text{ g K}_2\text{O}$$

$$\text{Solde K}_2\text{O} = 0.114\text{ g K}_2\text{O}$$

Satisfaisons le besoin en K₂O avec le Solabiol (38 % K₂O + 47,9 % SO₃)

100 % Solabiol \longrightarrow 1.5 kg

38 % Solabiol \longrightarrow X

$$X = (38 * 1.5\text{ kg}) / 100$$

$$\mathbf{X = 0.57 \text{ Kg K}_2\text{O}}$$

1500 g Solabiol  570 g K₂O

X  0.114 g K₂O

$$X = (1500 \text{ g Solabiol} * 0.114 \text{ g K}_2\text{O}) / (570 \text{ g K}_2\text{O})$$

$$X = 171 \text{ g Solabiol} / 570$$

$$\mathbf{X = 0.3 \text{ g Solabiol} = 300 \text{ mg Solabiol}}$$

Annexe 2. Les photos de la parcelle expérimentale et des prises de mesure



Photo 1. Les plantes avant la première récolte



Photo 2. Première récolte réalisée 4 semaines après la transplantation



Photo 3. Une plante après la première récolte



Photo 4. Les plantes avant la deuxième récolte

Annexe 3. Matrice des données collectées 4 semaines après la transplantation

OBS	BLOC	T	HP	NF	DC	MF	RMFR1
1	Bloc1	T0	19	31	7.3	90	22.50
2	Bloc2	T0	24	30	6.7	87	21.75
3	Bloc3	T0	18	29	7.2	89	22.25
4	Bloc4	T0	15	35	6.9	88	22.00
5	Bloc1	T1	37	72	18.8	130	32.50
6	Bloc2	T1	32	67	18.9	136	34.00
7	Bloc3	T1	39	79	18.8	132	33.00
8	Bloc4	T1	35	66	17.2	138	34.50
9	Bloc1	T2	19	31	9.4	91	22.75
10	Bloc2	T2	22	29	8.5	90	22.50
11	Bloc3	T2	20	32	6.9	93	23.25
12	Bloc4	T2	23	37	7.9	94	23.50
13	Bloc1	T3	15	27	6.9	84	21.00
14	Bloc2	T3	19	28	6.6	88	22.00
15	Bloc3	T3	14	26	6.4	85	21.25
16	Bloc4	T3	15	27	7.5	87	21.75
17	Bloc1	T4	30	36	9.4	94	23.50
18	Bloc2	T4	25	34	9.3	92	23.00
19	Bloc3	T4	26	35	9.9	100	25.00
20	Bloc4	T4	27	37	10.3	93	23.25
21	Bloc1	T5	36	80	19.5	142	35.50
22	Bloc2	T5	39	70	19.8	134	33.50
23	Bloc3	T5	40	76	20.2	134	33.50
24	Bloc4	T5	39	74	19.1	140	35.00
25	Bloc1	T6	27	45	8.9	96	24.00
26	Bloc2	T6	30	39	10.3	95	23.75
27	Bloc3	T6	32	40	9.8	97	24.25
28	Bloc4	T6	27	44	9.8	97	24.25
29	Bloc1	T7	20	34	7.2	84	21.00
30	Bloc2	T7	19	35	8.5	92	23.00
31	Bloc3	T7	20	31	6.8	94	23.50
32	Bloc4	T7	25	32	7.7	93	23.25

OBS : Observation ; **T** : Traitement ; **NJR** : Nombre de jours à la récolte après transplantation ; **HP** : Hauteur plante ; **NF** : Nombre de feuilles ; **DC** : Diamètre au collet ; **MF** : Matière Fraiche ; **MFT** : Matière fraîche totale ; **RMFR1** : Rendement matière fraîche à la première récolte

Annexe 4. Matrice des données collectées 8 semaines après la transplantation

OBS	BLOC	T	HP	NF	DC	MF	RMFR2	MFT	RMFT
1	Bloc1	T0	32	53	12.8	120	30.00	210	52.50
2	Bloc2	T0	23	53	12.3	124	31.00	211	52.75
3	Bloc3	T0	24	51	11.2	126	31.50	215	53.75
4	Bloc4	T0	30	50	12.5	119	29.75	207	51.75
5	Bloc1	T1	44	94	25.3	185	46.25	315	78.75
6	Bloc2	T1	45	93	23.3	187	46.75	323	80.75
7	Bloc3	T1	43	93	23.7	185	46.25	317	79.25
8	Bloc4	T1	40	94	20.1	188	47.00	326	81.50
9	Bloc1	T2	28	53	13.9	128	32.00	219	54.75
10	Bloc2	T2	30	54	13.6	129	32.25	219	54.75
11	Bloc3	T2	27	51	15.9	127	31.75	220	55.00
12	Bloc4	T2	30	53	14.6	128	32.00	222	55.50
13	Bloc1	T3	24	45	10.5	119	29.75	203	50.75
14	Bloc2	T3	24	45	12.2	120	30.00	208	52.00
15	Bloc3	T3	25	45	12.2	118	29.50	203	50.75
16	Bloc4	T3	20	48	10.1	119	29.75	206	51.50
17	Bloc1	T4	38	58	15.8	134	33.50	228	57.00
18	Bloc2	T4	35	55	14.8	136	34.00	228	57.00
19	Bloc3	T4	30	54	15.7	132	33.00	232	58.00
20	Bloc4	T4	37	57	15.6	133	33.25	226	56.50
21	Bloc1	T5	43	94	24.9	191	47.75	333	83.25
22	Bloc2	T5	42	94	25.9	189	47.25	323	80.75
23	Bloc3	T5	49	98	25.4	187	46.75	321	80.25
24	Bloc4	T5	48	95	25.1	190	47.50	330	82.50
25	Bloc1	T6	36	64	16.5	136	34.00	232	58.00
26	Bloc2	T6	39	61	17.1	134	33.50	229	57.25
27	Bloc3	T6	36	63	16.6	137	34.25	234	58.50
28	Bloc4	T6	38	62	16.8	139	34.75	236	59.00
29	Bloc1	T7	30	54	13.6	124	31.00	208	52.00
30	Bloc2	T7	29	55	14.5	126	31.50	218	54.50
31	Bloc3	T7	29	56	14.2	123	30.75	217	54.25
32	Bloc4	T7	30	54	14.4	125	31.25	218	54.50

OBS : Observation ; **T** : Traitement ; **NJR** : Nombre de jours à la récolte après transplantation ; **HP** : Hauteur plante ; **NF** : Nombre de feuilles ; **DC** : Diamètre au collet ; **MF** : Matière Fraiche ; **MFT** : Matière fraîche totale ; **RMFR2** : Rendement matière fraîche à la deuxième récolte ; ; **RMFT** : Rendement matière fraîche totale

Annexe 5. Analyse de variance des données de la 4^{ème} semaine après la transplantation

Analysis of variance

HP

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
HP	32	0.92	0.89	10.42

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1864.75	10	186.48	25.64	<0.0001
BLOC	3.75	3	1.25	0.17	0.9142
T	1861.00	7	265.86	36.55	<0.0001
Error	152.75	21	7.27		
Total	2017.50	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 7.2738 df: 21

BLOC	Means	n	S.E.
Bloc2	26.25	8	0.95 A
Bloc3	26.13	8	0.95 A
Bloc4	25.75	8	0.95 A
Bloc1	25.38	8	0.95 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 7.2738 df: 21

T	Means	n	S.E.
T5	38.50	4	1.35 A
T1	35.75	4	1.35 A
T6	29.00	4	1.35 B
T4	27.00	4	1.35 B
T2	21.00	4	1.35 C
T7	21.00	4	1.35 C
T0	19.00	4	1.35 C D
T3	15.75	4	1.35 D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

NF

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
NF	32	0.98	0.97	7.38

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	9936.50	10	993.65	97.05	<0.0001
BLOC	41.50	3	13.83	1.35	0.2849
T	9895.00	7	1413.57	138.07	<0.0001
Error	215.00	21	10.24		
Total	10151.50	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 10.2381 df: 21

BLOC	Means	n	S.E.
Bloc1	44.50	8	1.13 A
Bloc4	44.00	8	1.13 A
Bloc3	43.50	8	1.13 A
Bloc2	41.50	8	1.13 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 10.2381 df: 21

T	Means	n	S.E.	
T5	75.00	4	1.60	A
T1	71.00	4	1.60	A
T6	42.00	4	1.60	B
T4	35.50	4	1.60	C
T7	33.00	4	1.60	C
T2	32.25	4	1.60	C
T0	31.25	4	1.60	C D
T3	27.00	4	1.60	D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

DC

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
DC	32	0.99	0.98	6.23

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	744.80	10	74.48	162.00	<0.0001
BLOC	0.50	3	0.17	0.37	0.7782
T	744.30	7	106.33	231.27	<0.0001
Error	9.65	21	0.46		
Total	754.46	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 0.4598 df: 21

BLOC	Means	n	S.E.	
Bloc2	11.08	8	0.24	A
Bloc1	10.93	8	0.24	A
Bloc4	10.80	8	0.24	A
Bloc3	10.75	8	0.24	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 0.4598 df: 21

T	Means	n	S.E.	
T5	19.65	4	0.34	A
T1	18.43	4	0.34	B
T4	9.73	4	0.34	C
T6	9.70	4	0.34	C
T2	8.18	4	0.34	D
T7	7.55	4	0.34	D E
T0	7.03	4	0.34	E
T3	6.85	4	0.34	E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

MF

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
MF	32	0.98	0.98	2.94

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	12160.81	10	1216.08	133.60	<0.0001
BLOC	29.09	3	9.70	1.07	0.3849
T	12131.72	7	1733.10	190.39	<0.0001
Error	191.16	21	9.10		
Total	12351.97	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 9.1027 df: 21

BLOC Means n S.E.

Bloc4 103.75 8 1.07 A

Bloc3 103.00 8 1.07 A

Bloc2 101.75 8 1.07 A

Bloc1 101.38 8 1.07 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 9.1027 df: 21

T Means n S.E.

T5 137.50 4 1.51 A

T1 134.00 4 1.51 A

T6 96.25 4 1.51 B

T4 94.75 4 1.51 B C

T2 92.00 4 1.51 B C D

T7 90.75 4 1.51 C D

T0 88.50 4 1.51 D E

T3 86.00 4 1.51 E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

RMFR1

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
RMFR1	32	0.98	0.98	2.94

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	760.05	10	76.01	133.60	<0.0001
BLOC	1.82	3	0.61	1.07	0.3849
T	758.23	7	108.32	190.39	<0.0001
Error	11.95	21	0.57		
Total	772.00	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 0.5689 df: 21

BLOC Means n S.E.

Bloc4 25.94 8 0.27 A

Bloc3 25.75 8 0.27 A

Bloc2 25.44 8 0.27 A

Bloc1 25.34 8 0.27 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 0.5689 df: 21

T Means n S.E.

T5 34.38 4 0.38 A

T1 33.50 4 0.38 A

T6 24.06 4 0.38 B

T4 23.69 4 0.38 B C

T2 23.00 4 0.38 B C D

T7 22.69 4 0.38 C D

T0 22.13 4 0.38 D E

T3 21.50 4 0.38 E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Annexe 6. Analyse de variance des données de la 8^{ème} semaine après la transplantation

Analysis of variance

HP

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
HP	32	0.91	0.87	8.34

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1743.25	10	174.33	22.10	<0.0001
BLOC	11.38	3	3.79	0.48	0.6992
T	1731.88	7	247.41	31.37	<0.0001
Error	165.63	21	7.89		
Total	1908.88	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 7.8869 df: 21

BLOC	Means	n	S.E.	
Bloc1	34.38	8	0.99	A
Bloc4	34.13	8	0.99	A
Bloc2	33.38	8	0.99	A
Bloc3	32.88	8	0.99	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 7.8869 df: 21

T	Means	n	S.E.	
T5	45.50	4	1.40	A
T1	43.00	4	1.40	A
T6	37.25	4	1.40	B
T4	35.00	4	1.40	B
T7	29.50	4	1.40	C
T2	28.75	4	1.40	C
T0	27.25	4	1.40	C D
T3	23.25	4	1.40	D

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

NF

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
NF	32	1.00	0.99	2.31

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	10435.06	10	1043.51	477.36	<0.0001
BLOC	1.84	3	0.61	0.28	0.8384
T	10433.22	7	1490.46	681.82	<0.0001
Error	45.91	21	2.19		
Total	10480.97	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 2.1860 df: 21

BLOC	Means	n	S.E.	
Bloc1	64.38	8	0.52	A
Bloc4	64.13	8	0.52	A
Bloc3	63.88	8	0.52	A
Bloc2	63.75	8	0.52	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 2.1860 df: 21

T Means n S.E.

T5	95.25	4	0.74	A	
T1	93.50	4	0.74	A	
T6	62.50	4	0.74		B
T4	56.00	4	0.74		C
T7	54.75	4	0.74		C D
T2	52.75	4	0.74		D E
T0	51.75	4	0.74		E
T3	45.75	4	0.74		F

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

DC

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
DC	32	0.97	0.96	6.18

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	714.05	10	71.41	67.79	<0.0001
BLOC	2.30	3	0.77	0.73	0.5462
T	711.75	7	101.68	96.53	<0.0001
Error	22.12	21	1.05		
Total	736.17	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 1.0533 df: 21

BLOC Means n S.E.

Bloc3	16.86	8	0.36	A
Bloc2	16.71	8	0.36	A
Bloc1	16.66	8	0.36	A
Bloc4	16.15	8	0.36	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 1.0533 df: 21

T Means n S.E.

T5	25.33	4	0.51	A
T1	23.10	4	0.51	B
T6	16.75	4	0.51	C
T4	15.48	4	0.51	C D
T2	14.50	4	0.51	D
T7	14.18	4	0.51	D
T0	12.20	4	0.51	E
T3	11.25	4	0.51	E

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

MF2

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
MF2	32	1.00	1.00	1.30

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	22842.25	10	2284.23	669.72	<0.0001
BLOC	7.38	3	2.46	0.72	0.5508
T	22834.88	7	3262.13	956.43	<0.0001
Error	71.62	21	3.41		
Total	22913.88	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05*Error: 3.4107 df: 21*

BLOC	Means	n	S.E.	
Bloc2	143.13	8	0.65	A
Bloc4	142.63	8	0.65	A
Bloc1	142.13	8	0.65	A
Bloc3	141.88	8	0.65	A

*Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)***Test:Duncan Alpha:=0.05***Error: 3.4107 df: 21*

T	Means	n	S.E.	
T5	189.25	4	0.92	A
T1	186.25	4	0.92	B
T6	136.50	4	0.92	C
T4	133.75	4	0.92	D
T2	128.00	4	0.92	E
T7	124.50	4	0.92	F
T0	122.25	4	0.92	F
T3	119.00	4	0.92	G

*Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)***RMFR2**

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
RMFR2	32	1.00	1.00	1.30

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1427.64	10	142.76	669.72	<0.0001
BLOC	0.46	3	0.15	0.72	0.5508
T	1427.18	7	203.88	956.43	<0.0001
Error	4.48	21	0.21		
Total	1432.12	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05*Error: 0.2132 df: 21*

BLOC	Means	n	S.E.	
Bloc2	35.78	8	0.16	A
Bloc4	35.66	8	0.16	A
Bloc1	35.53	8	0.16	A
Bloc3	35.47	8	0.16	A

*Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)***Test:Duncan Alpha:=0.05***Error: 0.2132 df: 21*

T	Means	n	S.E.	
T5	47.31	4	0.23	A
T1	46.56	4	0.23	B
T6	34.13	4	0.23	C
T4	33.44	4	0.23	D
T2	32.00	4	0.23	E
T7	31.13	4	0.23	F
T0	30.56	4	0.23	F
T3	29.75	4	0.23	G

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

MFT

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
MFT	32	1.00	0.99	1.58

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	68237.06	10	6823.71	453.97	<0.0001
BLOC	33.09	3	11.03	0.73	0.5434
T	68203.97	7	9743.42	648.21	<0.0001
Error	315.66	21	15.03		
Total	68552.72	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 15.0313 df: 21

BLOC	Means	n	S.E.	
Bloc4	246.38	8	1.37	A
Bloc3	244.88	8	1.37	A
Bloc2	244.88	8	1.37	A
Bloc1	243.50	8	1.37	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 15.0313 df: 21

T	Means	n	S.E.	
T5	326.75	4	1.94	A
T1	320.25	4	1.94	B
T6	232.75	4	1.94	C
T4	228.50	4	1.94	C
T2	220.00	4	1.94	D
T7	215.25	4	1.94	D E
T0	210.75	4	1.94	E
T3	205.00	4	1.94	F

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

RMFT

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
RMFT	32	1.00	0.99	1.58

Analysis of variance table (Sequential SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	4264.82	10	426.48	453.97	<0.0001
BLOC	2.07	3	0.69	0.73	0.5434
T	4262.75	7	608.96	648.21	<0.0001
Error	19.73	21	0.94		
Total	4284.54	31			

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 0.9395 df: 21

BLOC	Means	n	S.E.	
Bloc4	61.59	8	0.34	A
Bloc3	61.22	8	0.34	A
Bloc2	61.22	8	0.34	A
Bloc1	60.88	8	0.34	A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alpha:=0.05

Error: 0.9395 df: 21

T Means n S.E.

T5	81.69	4	0.48	A				
T1	80.06	4	0.48		B			
T6	58.19	4	0.48			C		
T4	57.13	4	0.48			C		
T2	55.00	4	0.48				D	
T7	53.81	4	0.48				D	E
T0	52.69	4	0.48					E
T3	51.25	4	0.48					F

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)