

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

CENTRE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN
SCIENCES DE LA VIE, SANTE ET
ENVIRONNEMENT

UNITE DE RECHERCHE EN
SCIENCE DE LA VIE

FACULTE DES SCIENCES



UNIVERSITY OF YAOUNDE I

CENTRE FOR RESEARCH AND
TRAINING SCHOOL FOR LIFE,
SCIENCES, HEALTH AND
ENVIRONMENT

DOCTORATE TRAINING UNIT OF
LIFE SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE

DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY

LABORATOIRE DES SCIENCES ALIMENTAIRES ET METABOLISME

LABORATORY FOR FOOD SCIENCE AND METABOLISM

**Effet du digestat à base de *Tithonia diversifolia* et de bouse
de vache sur les paramètres de croissance et la qualité
nutritionnelle de la carotte (*Daucus carota*)**

Mémoire présenté comme requis partiel en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Biochimie

Option : Sciences des Aliments et Nutrition

Par :

MENGUE ONANA Marie Angèle

Licencié-ès Sciences

Matricule :15B2708



Sous la co-direction de :

DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane, PhD

Chargé de Cours

Université de Yaoundé 1

DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise, PhD

Chargé de Cours

Université de Yaoundé 1

Année académique : 2021-2022

DEDICACE

A

Mes parents

Feu ONANA EYALA Joseph Marie

Et

Mme NGA MBALA Anne

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **l'Eternel Dieu Tout Puissant**, de m'avoir donné la santé, la force, le courage, la patience, la persistance et m'a permis d'exploiter les moyens disponibles afin d'accomplir ce modeste travail.

Ce travail est le fruit d'un co-encadrement à l'issue duquel j'adresse mes sincères remerciements tout d'abord à mes encadreurs : les Drs **DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane** et **DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise** qui ont donné de leur précieux temps pour son aboutissement, pour m'avoir encadrée, guidée mes premiers pas dans le monde de la recherche. Pour le soutien moral, les conseils. Je suis reconnaissante pour votre rigueur et vos qualités scientifiques. Trouvez ici l'expression de toute ma profonde gratitude et de mon admiration.

Au Chef du Département de Biochimie, **le Pr MOUNDIPA FEWOU Paul** et à **tous les enseignants du Département de Biochimie** pour l'encadrement et les enseignements reçus tout au long de ma formation.

Au **Pr FOKOU Elie**, Coordonnateur du Laboratoire des Sciences Alimentaires et Métabolisme (LabSAM) pour m'avoir accepté dans son unité de recherche et pour m'avoir apporté des critiques constructives pour la réalisation de ce travail.

Au **Pr KANSCI Germain**, **Pr ACHU Mercy**, **Pr KOTUE Charles**, **Dr MANANGA Marlyne** et **Dr BEBBE Fadimatou** pour l'encadrement, les orientations, la disponibilité, le soutien, les conseils et encouragement pour la réalisation et l'amélioration de ce travail.

Au **Pr NGUEFACK Julienne** pour l'accueil chaleureux au sein de son équipe. Je vous remercie pour le partage de vos expériences, votre gentillesse et votre patience.

Au Laboratoire de chimie de l'Institut International pour l'Agriculture Tropicale (IITA) de Nkolbisson (Yaoundé) pour l'analyse des Minéraux.

À mes aînés du Laboratoire des Sciences Alimentaires et Métabolisme **Dr. DJOUHOU Michelle**, **Dr KUAGNY Blaise**, **Dr MAPTOUOM Laure**, **TATFO Fabrice De Paul**, **MVOGO Rolly**, **LEUMENI Diane**, **MAFOGANG Borelle**, **KIDJE Mathurin**, **MBASSI Gilbert**, **SANANG Suarès**, **CHOFOR Emmanuel**, **RAMATOU** et **PEVETMI Abdel** pour le soutien, les encouragements, les conseils et les aides chaque fois que j'étais dans le besoin.

A mes aînés du laboratoire de phytobiochimie et d'étude des plantes médicinales : **Dr NDONKEU Gislaine**, **Dr PETCHAYO Sandrine**, **Dr MEKAM Pascal**, **NGUEPSI Jean Claude**, **FANMOE Gustave** pour toute l'aide et les multiples conseils.

A mes camarades de laboratoire et de promotion : **MENIGUISSOUGOULE Félicite**, **TCHOKOUADJEU Gaëlle**, **SONTSA Elvire**, **Emmanuel SOUANA**, **FANGUENG Dallones** et **MANASSE** pour leur contribution à la réalisation de ce travail.

A **M.MEFIRE Clément** pour les remarques faites et ses multiples interventions.

A ma sœur **MBALA ONANA Marie laure** pour toute l'aide apportée et les encouragements.

A tous ceux qui de près ou de loin ont œuvré à la réalisation de ce travail et dont les noms ne figurent pas ici, j'exprime toute ma gratitude.

TABLE DES MATIÈRES

DEDICACE.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTES DES FIGURES	VIII
LISTE DES PHOTOS.....	VIII
ANNEXES.....	X
RESUME.....	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	3
I.1 GENERALITES SUR LA CAROTTE (<i>Daucus carota</i>)	3
I.1.1- Historique et classification botanique	3
I.1.1.1- Historique	3
I.1.1.2 Classification botanique de la carotte (<i>Daucus carota</i>).....	3
I.1.2- Description et composition de la carotte	4
I.1.2.1- Description.....	4
I.1.2.2- Composition.....	5
I.2- Utilisations de la carotte.....	5
I.2.1 Utilisation alimentaire	5
I.2.2- Utilisation médicinale	6
I.2.3- Importance économique (production)	6
I.3- Carence en provitamine A: Causes, conséquences et traitement	7
I.3.1- Causes et conséquences.....	7
I.3.2- Traitement	8
I.4- Culture de la carotte	8
I.4.1- Choix du sol	8
I.4.2- Préparation du sol.....	8
I.4.3- Semis et plantation	9
I.4.4- Irrigation.....	9
I.4.5- Entretien	9
I.4.6- Fertilisation.....	9

I.4.7- La récolte	10
I.4.8- Conservation.....	10
I.5- Les maladies et ravageurs de la carotte.....	11
I.5.1- Les maladies racinaires	11
I.5.1.1- Fontes de semis.....	11
I.5.1.2- Maladies liées à la conservation	11
I.5.2- Les maladies foliaires.....	12
I.5.2.1- Brûlures foliaires	12
I.5.2.2- Viroses	12
I.5.3- Les ravageurs.....	12
I.5.3.1- La mouche de la carotte	12
I.5.3.2- Pucerons de la carotte	12
I.5.3.3- Nématodes	12
I.6- GENERALITES SUR LES FERTILISANTS	13
I.6.1- LES BIOFERTILISANTS	13
I.6.1.1- <i>Tithonia diversifolia</i>	13
I.6.1.2- La bouse de vache.....	14
I.6.2- LES FERTILISANTS DE SYNTHESE	15
I.6.3- LES PESTICIDES DE SYNTHESE.....	15
I.6.3.1- Historique	16
I.6.3.2- Notion de résidu de pesticide.....	17
I.6.3.3- Effet sur la santé et l'environnement	18
I.7- LES METHODES D'OBTENTION DES FERTILISANTS	19
I.7.1- Le compostage.....	19
I.7.2- Le fumier et lisier	19
I.7.3- le vermicompostage.....	19
I.7.4- Le digestat	19
I.8- TRAVAUX ANTERIEURS	20
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	22
II.1 MATERIEL	22
II.1.1- Site expérimental	22
II.1.2- Le digestat à base de <i>Tithonia diversifolia</i> et de bouse de vache	22
II.1.3- Engrais chimique de synthèse NPK	22
II.1.4- Les semences de carotte.....	22
II.1.5 Les racines de carotte	22

II.2- METHODES	23
II.2.1- Préparation du sol	23
II.2.2- Préparation des intrants.....	24
II.2.3- Traitement des semences	25
II.2.4- Amendement en biofertilisant et NPK.....	26
II.2.5- Pulvérisation des plants.....	26
II.2.6- Entretien des cultures	26
II.2.7- Récolte et collecte des échantillons	26
II.2.8- Suivi des paramètres agronomiques.....	27
II.2.8.1- Evaluation du nombre de branches de feuilles.....	27
II.2.8.2- Evaluation de la taille des plants et des racines de carotte.....	27
II.2.8.3- Poids et diamètre des racines de carotte.....	27
II.2.8.4- Volume des racines de carotte.....	27
II.2.8.5- Poids des feuilles.....	27
II.2.8.6- Evaluation de la conservation post-récolte des racines de carotte.....	28
II.2.9- Analyse sensorielle	28
II.2.10- Traitement des échantillons	29
II.2.11- Caractérisation Nutritionnelle	29
II.2.12- Analyses statistiques	43
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	43
III.1- Effet du digestat sur quelques paramètres agronomiques de croissance.....	43
III.2- Effet du digestat sur la qualité sensorielle des racines de carottes.....	49
III.3- Caractérisation Nutritionnelle.....	51
CONCLUSION.....	62
RECOMMANDATION ET PERSPECTIVES	63
BIBLIOGRAPHIE	64
ANNEXES.....	a

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR :	Agence Française de Normalisation
ANOVA :	<i>Analysis Of Variance</i>
AOAC :	<i>Association of Official Analytical Chemistry</i>
CI 50 :	Concentration Inhibitrice 50
DCIP :	Dichlorophénol indophénol
DESA :	Direction des Enquêtes et Statistiques Agricoles
DNS :	Dinitrosalicylique
DO :	Densité optique
DPPH :	<i>2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical</i>
EAG :	Equivalent d'Acide Gallique
FAO :	Food and Agriculture Organisation
FRAP :	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power Assay</i>
Ha :	Hectare
INS :	Institut national de la Statistique
MINADER :	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
TPTZ :	Tripyridyltriazine
UI :	Unité Internationale
WHO :	<i>World Health Organisation</i>

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Classification botanique de la carotte	3
Tableau II: Composition en principaux nutriments pour 100g de carottes crues.	5
Tableau III: Besoins de la carotte en éléments minéraux principaux N, P, k	10
Tableau IV: Classification botanique de <i>Tithonia diversifolia</i>	13
Tableau V: Composition chimique des feuilles de <i>Tithonia diversifolia</i>	14
Tableau VI: Classification des pesticides en fonction de la cible, de la structure chimique, de leur forme et du mode d'action	17
Tableau VII: Effet des pesticides sur la santé humaine en fonction du délai d'exposition ...	18
Tableau VIII: Procédure de dosage de l'azote total	32
Tableau IX: Procédure de dosage des sucres totaux par la méthode au DNS	34
Tableau X: Procédure de dosage des composés phénoliques extraits des différents échantillons de carottes.	39
Tableau XI: Mode opératoire de l'évaluation de l'activité antioxydante globale.	41
Tableau XII: Mode opératoire de la détermination de l'activité anti-radicalaire des extraits phénoliques sur le radical DPPH•.	42
Tableau XIII : Effet du digestat sur les paramètres agronomiques de croissance des carottes.	44
Tableau XIV: Durée de conservation <i>post-récolte</i> à température ambiante et au réfrigérateur à 4°C des carottes en fonction des différents traitements.....	49
Tableau XV: Teneurs en eau et en matière sèche des carottes produites.....	52
Tableau XVI: Caractérisation en macronutriments des carottes produites.....	53
Tableau XVII : Teneurs en composés bioactifs (vitamine C, composés phénoliques et caroténoïdes) des carottes produites.....	55
Tableau XVIII: Teneurs en minéraux (Mg, P, Ca et Fe) des carottes produites.	57
Tableau XIX: Capacité antioxydante totale	59

LISTES DES FIGURES

Figure 1: Racines et feuilles de carottes	4
Figure 2: Evolution de la production mondiale de carotte	7
Figure 3: Diagramme de production du digestat	25
Figure 4: Schéma du traitement des échantillons avant analyse	29
Figure 5: Equation de la réaction de réduction du DNS lors du dosage des sucres	33
Figure 6: Evolution du coefficient de conservation <i>post-récolte</i> à température ambiante des carottes en fonction des différents traitements	48
Figure 7: Evolution du coefficient de conservation <i>post-récolte</i> au réfrigérateur à 4°C des carottes en fonction des différents traitements	48
Figure 8: Scores de la couleur, l'odeur, la texture, la sucrosité, l'acceptabilité générale et le classement des carottes produites.	50

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: semences de carotte	22
Photo 2: racines de carotte	23
Photo 3: traitement des semences	26

ANNEXES

Annexe 1: Fiche analyse sensorielle	a
Annexe 2: Liste des réactifs.....	b
Annexe 3: Courbes d'étalonnage	c
Annexe 4: Quelques photos de plants et racines de carottes	f

RESUME

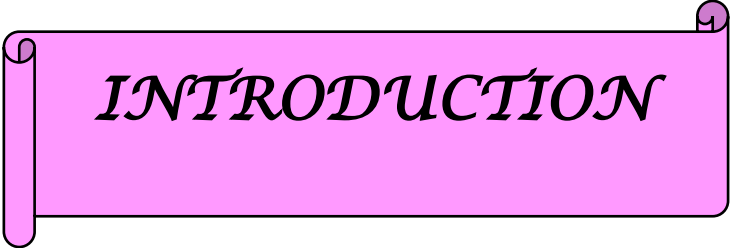
La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet du digestat à base de *Tithonia diversifolia* et de bouse de vache sur les paramètres agro-morphologiques et les qualités sensorielle et nutritionnelle de la carotte afin de contribuer à l'amélioration des rendements de production et la qualité nutritionnelle des denrées alimentaires. Pour atteindre cet objectif les semences de carottes ont été traitées à l'extrait de *Tithonia diversifolia* 2%. Une conception expérimentale en blocs complets randomisés avec trois blocs partionnés en parcelle sur lesquels ont été plantés les semis de carotte. Les 8 traitements appliqués étaient constitués de l'amendement unique du sol avec les digestats solides (T20, T50, T80, T100) et le compost de *T. diversifolia* et la pulvérisation toutes les deux semaines après amendements des plants avec les digestats liquides ou du jus de compost des mêmes fertilisants. Au bout des 120 jours de culture huit lots de plants (T0, TN, TC, TVC, T20, T50, T80, T100) ont été obtenus. Les paramètres agro-morphologiques, la conservation *post-récolte* ont été évalués par des méthodes classiques, les analyses chimiques (sucres, protéines, fibres) quant à elles ont été faites par des méthodes standard AOAC, AFNOR ; titrimétrie pour la vitamine C ; spectrophotométrie pour les caroténoïdes totaux et par spectrophotométrie d'absorption atomique pour les minéraux. Les composés phénoliques et le pouvoir antioxydant (test au DPPH) par les méthodes classiques. L'analyse sensorielle des carottes a été effectuée par un test hédonique à 9 paliers auprès de 61 panelistes non entraînés. Des résultats de l'acceptabilité générale, les carottes T100 ont été les plus appréciées par les panelistes. Ainsi la conservation *post-récolte* a varié à des intervalles de 3 à 5 et 24 à 26 jours (température ambiante) et 60 à 70 et 105-115 jours (4°C) pour les carottes issues des traitements témoins et biologiques respectivement. Les teneurs en protéines, sucres totaux et fibres brutes des carottes sont comprises respectivement entre 7,84±0,02 et 11,00±0,00 g/100g MS ; 21,56±0,84 et 154,95±0,70 g/100g MS ; 6,81±0,09 et 10,50±0,21 g/100g MS. S'agissant de la vitamine C les teneurs varient de 42,24±0,38 à 134,57±0,24 mg/100g MS. Les teneurs en caroténoïdes totaux oscillaient respectivement entre 7,92±0,02 et 16,50±0,02 mg/100g MS. Les résultats de la présente étude ont montré que l'utilisation des intrants biologiques a permis d'améliorer les paramètres agronomiques, la durée de conservation, la teneur en nutriments et le pouvoir antioxydant. De ce qui précède, les fertilisants à base de *T. diversifolia* sont promoteurs pour une culture biologique de carotte.

Mots clés : Digestat, *Tithonia divesifolia*, paramètres de croissance, qualité nutritionnelle, *Daucus carota*.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of digestate based on *Tithonia diversifolia* and cow dung on the agro-morphological parameters and the sensory and nutritional qualities of carrots in order to contribute to the improvement of production yields and the nutritional quality of foodstuffs. To achieve this objective, carrot seeds were treated with *Tithonia diversifolia* extract 2%. An experimental design in randomized complete blocks with three blocks partitioned into plots on which the carrot seedlings were planted. The 8 treatments applied consisted of a single soil amendment with solid digestates (T20, T50, T80, T100) and *T. diversifolia* compost and spraying every two weeks after amendments of the plants with liquid digestates or compost juice from the same fertilizers. After 120 days of culture eight batches of plants (T0, TN, TC, TVC, T20, T50, T80, T100) were obtained. Agro-morphological parameters, post-harvest conservation were evaluated by conventional methods, chemical analyzes (sugars, proteins, fibers) were carried out by standard AOAC, AFNOR methods; titrimetry for vitamin C; spectrophotometry for total carotenoids and by atomic absorption spectrophotometry for minerals. Phenolic compounds and antioxidant power (DPPH test) by conventional methods. The sensory analysis of carrots was carried out by a 9-level hedonic test with 61 untrained panelists. Of the results of general acceptability, the T100 carrots were the most appreciated by the panelists. Thus post-harvest storage varied at intervals of 3 to 5 and 24 to 26 days (room temperature) and 60 to 70 and 105-115 days (4°C) for carrots from control and biological treatments respectively. The protein, total sugar and crude fiber contents of carrots are respectively between 7.84 ± 0.02 and 11.00 ± 0.00 g/100g DM; 21.56 ± 0.84 and 154.95 ± 0.70 g/100g DM; 6.81 ± 0.09 and 10.50 ± 0.21 g/100g MS. With regard to vitamin C, the levels vary from 42.24 ± 0.38 to 134.57 ± 0.24 mg/100g DM. The total carotenoid contents oscillated respectively between 7.92 ± 0.02 and 16.50 ± 0.02 mg/100g DM. The results of this study showed that the use of organic inputs improved agronomic parameters, shelf life, nutrient content and antioxidant power. From the above, *T. diversifolia*-based fertilizers are good candidates for organic carrot cultivation.

Key words: Digestate, *Tithonia divesifolia*, growth parameters, nutritional quality, *Daucus carota*.



INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'agriculture est reconnue comme un instrument efficace de développement et de réduction de la pauvreté dans les pays en développement (**Banque mondiale, 2008**). Les produits issus de cette agriculture comprennent les céréales, les oléagineuses, les légumineuses et légumes. De ceux-ci les légumes constituent une composante importante pour une alimentation saine. En effet, les légumes aident à la prévention des affections majeures comme le stress oxydatif, les maladies cardiovasculaires, le diabète, le cancer etc) (**OMS/FAO, 2014**).

Parmi ces légumes, la carotte (*Daucus Carota*) est d'une importance capitale à cause de sa richesse en glucides, en fibres et en minéraux **Ahmad et al., (2004)**. Elle est une source importante de bêta-carotène qui est un précurseur de la vitamine A (**APRIFEL, 2017**). Elle contient de nombreux autres composés comme les composés phénoliques, des caroténoïdes, des polyacétylènes. Certains de ces composés (composés phytochimiques) participent à la prévention du cancer et des maladies cardiovasculaires du fait de leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-tumorales (**Ahmad, 2019**). La carotte est une culture de saison fraîche dont la production mondiale était estimée à 40,4 millions de tonnes en 2017, la chine étant le plus grand producteur (**FAOSTAT, 2017**) ; sa production au Cameroun est estimée à plus de 100.000 tonnes (**DESA / INS / MINADER, 2017**). Cependant cette culture rencontre de nombreuses contraintes liées à l'appauvrissement des sols et la sensibilité aux ravageurs (mouche de la carotte, puceron et nématode) et aux maladies (maladie racinaire et maladie foliaire) (**Lecomte, 2013**). Pour lutter contre ces problèmes les producteurs font recours à l'utilisation d'engrais et de pesticides de synthèse de manière abusive afin d'augmenter les rendements de production (**Dauda et al ., 2008**) et satisfaire la demande sans cesse croissante. Malheureusement ces engrais chimiques et pesticides pourraient être à l'origine des résidus dans les carottes qui influencent négativement sur leur goût sucré et leur valeur nutritionnelle; des problèmes de santé comme les insuffisances rénales, les maladies cardiovasculaires etc (**Djoufack et al., 2020**).

Toutefois le développement de produits plus respectueux de l'environnement comme les biofertilisants restent l'alternative la plus sûre car garantissant moins de risque aux consommateurs. C'est le cas de nombreux produits biofertilisants tels que les extraits et des déchets de plantes comme *Moringa oleifera* pour les cultures du niébé et du sorgho (**Djouhou et al., 2019**) ; des champignons mycorhiziens arbusculaires pour la culture du manioc, de la tomate, du poivron... (**Nwaga et al., 2013 ; Djouhou et al., 2018 ; 2019 ; Mbassi et al., 2019 ; Nguefack et al., 2021**).

Les études ont montré que les digestats faisaient partie également des solutions efficaces pour l'augmentation des rendements de cultures et de leur qualité nutritionnelle. Le digestat est un produit résidu de la méthanisation des matières organiques qui permet le stockage du carbone (C) dans le sol en rendant l'azote (N) disponible pour les plantes (**Askri, 2015**). De plus les feuilles de *Tithonia diversifolia* et la bouse de vache sont utilisées séparément comme fertilisant. Or leur association pourrait être bénéfique pour l'amélioration de la croissance et du potentiel nutritionnelle des légumes comme la carotte. Les feuilles de *Tithonia diversifolia* ont été utilisées comme fertilisant dans la culture du riz, du maïs et des légumes (**Jama et al., 2000 ; Nziguheba et al., 2002 ; Olabode et al., 2007**). La bouse de vache a été utilisée comme fertilisant dans la culture du manioc (**Ognalaga et al., 2017**). A notre connaissance aucune étude n'a été menée sur l'effet du digestat de *Tithonia diversifolia* combiné à la bouse de vache sur la croissance et la qualité nutritionnelle de la carotte.

HYPOTHESE DE RECHERCHE

Le digestat à base de *Tithonia diversifolia* et de bouse de vache améliore les paramètres de croissance et la qualité nutritionnelle de la carotte.

OBJECTIF GENERAL

Evaluer l'effet du digestat à base de *Tithonia diversifolia* et de bouse de vache sur les paramètres agro-morphologiques et les qualités organoleptique et nutritionnelle de la carotte.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Evaluer les paramètres agro-morphologiques de la carotte (taille, diamètre, masse, volume, rendement) après fertilisation;
- Déterminer les propriétés organoleptiques (couleur, odeur, texture et goût) des carottes obtenue après fertilisation ;
- Effectuer une analyse chimique (eau, sucres totaux, protéines brutes, fibres brutes) vitamine C, minéraux (Ca, Mg, P, Fe), caroténoïdes totaux et antioxydants des carottes.

A horizontal pink banner with a black outline, designed to look like a rolled-up scroll. It has small circular details at the top and bottom edges to represent the binding of the scroll.

CHAPITRE I : REVUE DE LITTÉRATURE

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

I.1 GENERALITES SUR LA CAROTTE (*Daucus carota*)

La carotte (*Daucus carota*) est une plante bisannuelle de la famille des Apiacées largement cultivée pour sa racine pivotante charnue, comestible, de couleur généralement orangée consommée comme légume.

I.1.1- Historique et classification botanique

I.1.1.1- Historique

La carotte (*Daucus carota*) est un légume-racine qui a une large distribution mondiale. Les carottes ont d'abord été utilisées à des fins médicales et progressivement utilisées comme nourriture. Leur culture remonte le X^{ème} siècle et les couleurs de la chair de leurs racines peuvent être blanches, jaunes, oranges, rouges, violettes ou violet très foncé. Les premières carottes cultivées étaient des cultivars à chair jaune et violette. Les carottes orange, aujourd'hui plus consommées, ont été développées en Europe centrale entre le XV^{ème} et le XVI^{ème} siècle et cela grâce à la reconnaissance de sa forte teneur en provitamine A (Silvias Dias, 2014).

I.1.1.2 Classification botanique de la carotte (*Daucus carota*)

Tableau I: Classification botanique de la carotte

Nom Commun	Carotte
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous (classe)	Rosidae
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae
Genre	<i>Daucus</i>
Espèce	<i>Carota</i>

Source : Cronquist, 1981

I.1.2- Description et composition de la carotte

I.1.2.1- Description

Plante : la carotte est une plante de taille moyenne. Elle est connue pour sa racine pivotante développée en organe de réserve, charnue, cassante, pigmentée, agréable au goût et non ramifiée (Reduron, 2007).

Les feuilles : sont minces souvent mates avec un pourtour triangulaire. Elles sont très divisées pennées, à divisions écartées très allongées, étroites, linéaires ou lancéolées-linéaires (Reduron, 2007).

Fruit : (communément appelée graine de façon abusive) est un diakène albuminé de forme elliptique (Tirilly et Bourgeois, 1999) avec deux rangées de soies acérées.

La racine : est épaisse, charnue habituellement ovale, conique ou cylindrique jusqu'à 30 cm de long et jusqu'à 5 cm de diamètre.



Figure 1: Racines et feuilles de carottes (Reduron, 2007)

I.1.2.2- Composition

➤ Composition nutritionnelle

La carotte est une importante source d'éléments nutritifs (glucides, fibres, protéines et lipides), de vitamines (B9, Bêta-carotène), de minéraux (potassium, magnésium, iode, sélénium, calcium, phosphore et fer) (**Legba et al., 2018**). Sa composition en principaux éléments nutritifs est donnée dans le tableau 2 par exemple (**Aprifel, 2017**)

Tableau II: composition en principaux nutriments pour 100g de carottes crues.

Composants	Quantités moyennes (g)	Min-Max
Eau	89,6	85,7-92,5
Protéines	0,77	0,5-1,3
Glucides	6,45	6,3-6,6
Lipides	0,26	0,1-0,4
Fibres	2,7	2,1-3,6
Bêta-carotène (mg)	8,29	2-8,5

Source : **Aprifel, 2017**

- Composition phytochimique

Les phytonutriments sont des métabolites secondaires présents dans les plantes ayant un potentiel antioxydant qui a un impact positif sur la santé humaine.

Les carottes contiennent des composés phénoliques, des caroténoïdes, des polyacétylènes et de la vitamine C. Ces composés phytochimiques participent à la prévention du cancer et des maladies cardiovasculaires en raison de leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-tumorales (**Ahmad, 2019**).

I.2- Utilisations de la carotte

I.2.1 Utilisation alimentaire

L'utilisation la plus connue de la carotte est l'utilisation alimentaire à travers la consommation de sa racine (**Lecomte, 2013**). Les carottes sont plus nutritives quand elles sont consommées nature ou en salade. Les carottes peuvent également être consommées cuites à l'eau ou à la vapeur, sautées à la poêle ou ajoutées à des soupes, ragouts ou currys. Les carottes sont aussi consommées sous formes braisée, rôties au four et sous formes de jus et glace (**Legba et al., 2018**). On peut aussi noter que l'huile essentielle de carotte par distillation des semences

est employée en parfumerie et aromathérapie. Les carottes sont également utilisées comme plante tinctoriale pour colorer certains produits alimentaires comme le beurre ou certains fromages et pour la production de pigments alimentaires (**Kouini, 2018**).

I.2.2- Utilisation médicinale

Les carottes renferment de nombreux antioxydants. Les caroténoïdes, les polyphénols et les vitamines agissent comme antioxydants, anti cancérigènes et immunostimulants. Les caroténoïdes largement répandus dans les carottes orange sont de puissants antioxydants qui peuvent neutraliser l'effet des radicaux libres (**Silvias Dias, 2014**).

Ces antioxydants de la carotte font d'elle un légume recommandé par les spécialistes dans la prévention de certains cancers et dans la prévention des maladies cardiovasculaires. De plus, la carotte est vivement recommandée durant la grossesse pour sa richesse en caroténoïdes dont la demande est importante, et a des vertus sur la vision nocturne. Elle permet une amélioration du fonctionnement du foie et a une action sur le transit intestinal grâce à ses fibres qui possèdent un fort pouvoir de rétention d'eau, ce qui permet de combattre la constipation ou la diarrhée. On lui prête une action sur le taux de cholestérol sanguin. Elle aide à éliminer l'acide urique de l'organisme et est recommandée contre les rhumatismes, l'arthrite, la goutte. (**Aubry et Gaüzère, 2019**).

I.2.3- Utilisation cosmétique

En cosmétique la carotte est généralement utilisée sous forme d'huile, obtenue par macération des racines dans une huile végétale neutre comme l'huile de tournesol. Elle est très riche en provitamine A (beta-carotène) et renferme également des triglycérides, phospholipides, acides linoléiques et oléiques qui lui confère des propriétés antioxydantes, assouplissantes, régénérantes, protectrices et effet bonne mine (**Foulet, 2021**).

I.2.3- Importance économique (production)

La carotte est le principal légume racine cultivé dans le monde après la pomme de terre (**Villeneuve et al, 1992**).

➤ Production mondiale

La production de carotte entre 2009 et 2013 a connu une croissance continue et de nos jours elle est au-delà des 40 millions de tonnes par an avec plus de 17 millions pour la chine lui donnant ainsi le 1^{er} rang en tant que producteur.

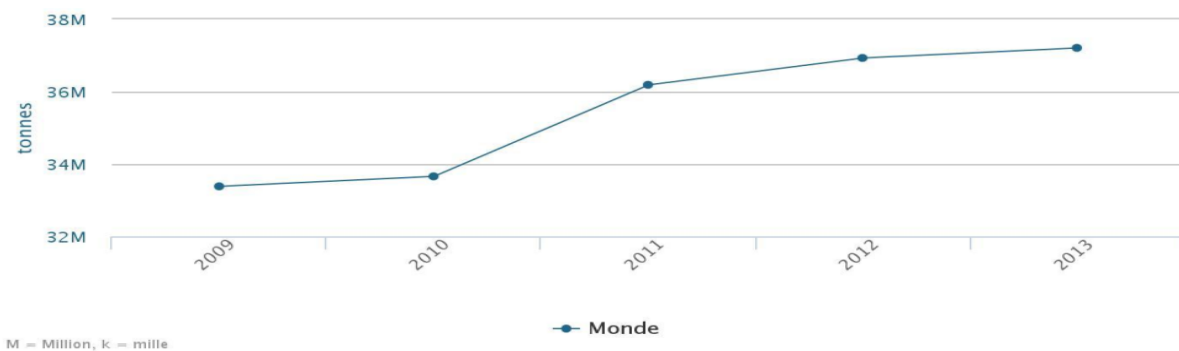


Figure 2: Evolution de la production mondiale de carotte (FAO, 2013)

➤ Production nationale

La production en fruit et légume a connu une croissance entre 2015-2017 et celle-ci ne cesse d'augmenter. De nos jours, la production avoisine plus de 100.000 tonnes pour ce qui est des carottes (DESA/INS/MINADER, 2017). Ce taux est donc reparti comme suit :

- Au Nord-ouest et Sud-ouest à plus de 80.000 tonnes;
- A l'Ouest 10.000 tonnes;
- Au Grand nord plus de 15.000 tonnes;

Le reste des régions plus de 5.000 tonnes.

I.3- Carence en provitamine A: Causes, conséquences et traitement

I.3.1- Causes et conséquences

On appelle avitaminose A, la carence en provitamine A dont la principale cause est l'apport insuffisant en alimentation qui peut entraîner à:

- la cécité;
- la fragilisation du système immunitaire;
- la baisse de croissance;
- l'accroissement du taux de morbidité et à la mortalité infantile et maternelle (Donald et Martin, 2002).

Cliniquement l'avitaminose A entraîne une atteinte ophtalmologique. Forme initiale: héméralopie (baisse de la vision crépusculaire et nocturne), puis lésions conjonctivales ou cornéennes, accompagnées de taches de Bitot, pathognomoniques et réversibles, réalisant la xérophtalmie, précédant les lésions cornéennes irréversibles conduisant à la cécité. La conjonction d'une rougeole ou d'une malnutrition protéinoénergétique avec une avitaminose A entraîne une nécrose aigue cornéenne (Aubry et Gaüzère, 2019).

I.3.2- Traitement

Le traitement curatif de l'avitaminose A selon l'OMS consiste en l'administration de palmitate de rétinol à tous les enfants atteints de xérophtalmie: 50000 UI chez l'enfant de moins de 6mois, 100000 UI entre 6 et 12mois, 200000 UI au-dessus de 12mois. Cette prise est renouvelée le lendemain et 2 à 4 semaines plus tard. Sur le plan préventif, il faut lutter contre les conséquences du déficit vitaminique chez les enfants d'âge préscolaire: infections (fièvre éruptive, infection respiratoire). (**Aubry et Gaüzère, 2019**). De nos jours le traitement nutritionnel est le plus recommandé (consommation des carottes orange)

I.4- Culture de la carotte

Il existe trois types de culture à savoir les cultures en planches, en buttes (surélevées), et les cultures en plein champ (**Cécile, 2011**)

La culture de la carotte (*Daucus carota*) de manière générale se déroule comme suit :

I.4.1- Choix du sol

Le sol est un facteur essentiel de réussite d'une culture. Il intervient par ses qualités chimiques et physiques, qui sont très importantes concernant la carotte (**direction de l'agriculture, 2018**).

La carotte nécessite, pour former des racines longues, droites et de belle qualité, des sols profonds et meubles, fertiles, doués d'une bonne capacité de rétention en eau et exempts de pierres ou de mottes pouvant entraîner la déformation de la racine. Les sols légers, frais, sableux à sablo-limoneux, profonds, non battants et bien drainants sont les plus favorables à une production de carotte de qualité. Le pH optimal se situe à 6,5 (**Péron, 2006**).

Il faut éviter les sols argileux qui sont peu drainant, les sols lourds et asphyxiants, qui en plus de posséder un risque de pourriture, entraînent un développement faible de la racine principale de carotte et à l'inverse favorise la multiplication de petites racines secondaires (**Kouini, 2018**).

I.4.2- Préparation du sol

Elle doit être soignée afin d'obtenir une structure homogène et légère sur une profondeur convenable et un lit de semence très fin. Il faut faire des déchaumages à la fin de l'été pour détruire les résidus de la récolte précédente et détruire les adventices ; un décompactage en présence de zones compactées pouvant gêner la formation du pivot, un labour pour améliorer

la structure du sol (profondeur 30-50 cm). Il faut faire une préparation du lit de semence le jour du semis : profonde, homogène et ré appuyée pour éviter les sorties de collet (Collin et al., 2005)

I.4.3- Semis et plantation

Afin d'obtenir le meilleur rendement possible, il faut assurer les conditions d'une bonne germination et de levée des plants. Concernant la carotte, il faut veiller à la bonne qualité des semences (taux de germination, conditions de conservation...), à la nature du sol, à la bonne préparation des lits de semence, aux conditions climatiques (t° optimale de la levée 25° C) et à la profondeur du semis (Le Page et Meudec, 2002 ; Direction de l'agriculture, 2018).

On peut planter manuellement ou mécaniquement ; les graines sont déposées une à une en fond de sillon pour un semis homogène, on peut également mélanger les graines avec du sable ou des cendres ; Le recouvrement se fait soit par un cordon de bonne terre rapportée ou des mélanges terre + sable + terreau, soit en refermant le sillon avec le doigt quand la terre de la planche est suffisamment légère, soit en faisant un léger plombage avec des râtaux ; l'enfouissement est de 1 cm (Le Page et Meudec, 2002).

I.4.4- Irrigation

L'irrigation de la carotte permet d'obtenir de meilleurs résultats tant au niveau quantitatif que qualitatif. Celle-ci a des besoins en moyenne de 350 mm d'eau pour un cycle de culture (soit 350 litre d'eau par m²). La carotte nécessite un arrosage régulier afin de préserver l'humidité du sol notamment lors de la phase de tubérisation (Direction de l'agriculture, 2018).

I.4.5- Entretien

Eclaircissage : cette opération se fait 3 ou 4 semaines après le semis, elle consiste à éliminer les plantes les plus faibles, afin de ne conserver qu'une carotte tous les 5 à 10cm environ (Le Page et Meudec, 2002).

Désherbage : la carotte exige un ensemble d'opérations de désherbage qui consiste à enlever les mauvaises herbes (Cecile, 2011).

Binage : c'est une étape qui consiste à soumettre une terre à un second labour.

I.4.6- Fertilisation

Une analyse chimique du sol permettrait d'adapter au mieux la fertilisation et d'apporter les éléments nutritifs. L'azote est l'élément essentiel de la croissance des végétaux mais à trop

forte dose il pénalise le rendement de la carotte en favorisant son système foliaire au détriment de la racine. De plus, un excès en azote peut engendrer une baisse de la qualité gustative et de conservation de la racine et sensibiliser la plante à certains problèmes phytosanitaires (Villeneuve et Leteinturier, 1992)

Tableau III: besoins de la carotte en éléments minéraux principaux N, P, k.

Besoins moyens pour un rendement de 30 tonnes/ha			
Eléments minéraux	Azote (N)	Phosphore (P)	Potassium (K)
Besoins moyens	80 kg/ha	65 kg/ha	180/ha

Source : **Direction de l'agriculture, 2018.**

I.4.7- La récolte

Elle intervient lorsque les carottes sont bien formées soit environ 3-4 mois après le semis, entre les mois de juillet et de novembre (à partir de juin pour les carottes primeurs semées en mars). Dépasser cette période, le rendement brut sera plus important mais les carottes seront de mauvaises qualités. La récolte se fait sur sol humide en tirant sur le feuillage et en utilisant éventuellement un outil (fourche bêche) qui aiderait à passer sous les racines (**Direction de l'agriculture, 2018**)

I.4.8- Conservation

Les carottes peuvent être conservées à l'air libre (dans une caisse en bois à l'abri de la lumière ou dans du sable sec), au froid à 3-4° C, elles peuvent ainsi se conserver plusieurs semaines. On peut également les mettre en conserve, la congeler ou la sécher (**Anne-Sophie, 2021**).

Le cycle de vie de la carotte est le suivant :

Semis : il se fait au jour 0.

Levée des graines : du 6^{ème} au 10^{ème} jour, c'est la phase correspondant à la sortie des cotylédons et des deux premières feuilles, ainsi qu'à la plongée dans le sol d'une fine racine primaire.

Sortie des premières feuilles : elle se fait 15 jours après le semis.

Développement des racines et des feuilles : du jour 15 au jour 40 les feuilles sont disposées en rosette, assurent la migration des réserves vers la racine.

Tubérisation (grossissement de la racine principale ou transformation en tubercule) : du jour 40 au jour 100, la croissance de la plante ne concerne pratiquement plus que la racine qui s'épaissit.

Récolte : elle est faite du jour 100 au jour 120.

I.5- Les maladies et ravageurs de la carotte

I.5.1- Les maladies racinaires

I.5.1.1- Fontes de semis

Les fontes de semis se traduisent par des manques à la levée. Elles peuvent être dues à des champignons transmis par la semence (*Alternaria dauci*, *Alternaria radicina*) ou présents dans le sol (*Pythium spp.*, *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani*). Le traitement des semences demeure le seul moyen de lutte (**Villeneuve et Leteinturier, 1992**).

I.5.1.2- Maladies liées à la conservation

Les maladies liées à la conservation de la carotte sont les résultats de la contamination en champ dont certaines peuvent attaquer les racines saines au moment de l'entreposage ou stockage.

- **Cavity spot** : ou maladie de la tache dégrade l'épiderme des racines et conduit à la formation de taches en dépression. La maladie de la tâche est due aux attaques de *Pythium spp.* ; *P. violae* est le principal agent incriminé, (**Villeneuve et Leteinturier, 1992 ; Péron, 2006**).

- **Maladie de la bague** : elle est due au champignon *Phytophthora megasperma*, s'observe essentiellement sur les grosses carottes et les 'Nantaises' récoltées tardivement, à l'automne ou au début de l'hiver. (**Péron, 2006**).

- **Rhizoctone violet** : elle concerne essentiellement les grosses carottes, en fin de saison. Un feutrage velouté, pourpre ou bleuâtre, forme un manchon sur une partie de la racine. Le champignon responsable est *Rhizoctonia violacea* qui colonise le sol sur une grande profondeur et sa persistance est très longue (20 ans) (**Mcdonald et Parry, 2016**).

- **Sclérotiniose** : la sclérotiniose ou pourriture blanche débute son infection au niveau du collet et de la base des pétioles, et s'étend aux feuilles. Un abondant mycélium blanc et cotonneux se développe, sur lequel se forment des sclérotés blancs puis noirs. Le champignon responsable est *Sclerotinia sclerotiorum*.

- **Alternaria radicina** : ce champignon provoque des symptômes présents au champ mais peu marqués, qui évoluent en cours de stockage et dégradent la qualité des racines. Ce

champignon provoque également des symptômes au niveau du collet et parfois au niveau du feuillage. On peut également citer *Mycocentrospora acerina.*; *Botrytis cinerea*. Les attaques se manifestent par une pourriture molle et brune, recouverte d'un mycélium gris.

I.5.2- Les maladies foliaires

I.5.2.1- Brûlures foliaires

Les producteurs de carottes de consommation font régulièrement face à des épidémies de brûlures foliaires qui peuvent décimer partiellement voire totalement leurs cultures. Ces brûlures foliaires sont imputées à plusieurs parasites dont les symptômes sont difficilement différenciables. Le terme brûlures foliaires regroupe deux champignons (*Alternaria dauci* et *Cercospora carotae*) et une bactérie (*Xanthomonas hortorum pv. carotae*). Le principal agent pathogène responsable des brûlures foliaires est le champignon nécrotrophe *Alternaria dauci* (Chaux et Foury, 1994).

I.5.2.2- Viroses

Plusieurs virus peuvent s'attaquer à la carotte mais les dégâts sont rares sur les cultures d'industrie. Les virus les plus fréquents sont le *Carrot Red Leaf Virus* et le *Motley Dwarf Virus*, transmis par le puceron de la carotte et responsable du nanisme bigarré.

I.5.3- Les ravageurs

I.5.3.1- La mouche de la carotte

Psila rosae est le principal ravageur des cultures de carottes d'industrie. Elle est présente dans tous les bassins de production, mais le nombre de vols diffère suivant les zones.

I.5.3.2- Pucerons de la carotte

Plusieurs espèces de pucerons (*Cavariella aegopodii*, *Semiaphis dauci*, *Aphis lambersi*, *Myzus persicae*) peuvent se rencontrer sur la carotte (Hullé, 1999). Le puceron de la carotte, *C. aegopodii*, est cependant le plus courant. Il est spécifique de cette culture.

I.5.3.3- Nématodes

Parmi les espèces de nématodes à galles capables de provoquer des dégâts sur les racines de carottes, on retrouve des espèces du genre *Meloidogyne* (*Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne hapla*

I.6- GENERALITES SUR LES FERTILISANTS

I.6.1- LES BIOFERTILISANTS

Un biofertilisant est un produit contenant des microorganismes vivants qui contribue à améliorer la croissance des plantes. Il optimise les fonctions du sol et sa fertilité grâce à l'action des micro-organismes qu'il contient (Vessey, 2003).

I.6.1.1- *Tithonia diversifolia*

I.6.1.1.1. Origine et classification botanique

a) Origine

Tithonia diversifolia communément appelée (fleur jalousie) au Cameroun est une espèce végétale de la famille des asteraceae originaire d'Amerique centrale, elle est devenue pantropicale (qui se localise dans toute la zone tropicale). On la trouve par conséquent dans une grande partie des pays d'Afrique, sur la zone tropicale (Lavaud, 2021).

b) Classification botanique de *Tithonia diversifolia*

Tableau IV: classification botanique de *Tithonia diversifolia*

Nom commun	Fleur jalousie
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Tribu	Heliantheae
Genre	<i>Tithonia</i>
Espèce	<i>Diversifolia</i>

Source : Lavaud, 2021

I.6.1.1.2- Description et composition

a) Description

Feuilles : elles sont alternées, mesurant dix à quinze centimètres de long. Ses limbes comportent trois à cinq lobes (Lavaud, 2021)

Fleur : de couleur jaune à jaune orangée, le nombre de pétales varie de huit à quatorze avec un diamètre pouvant atteindre quinze centimètres

Graines : ce sont des akènes à quatre angles, de cinq millimètres de long.

b) Composition

La composition chimique des feuilles de *Tithonia diversifolia* est donnée dans le tableau 5 suivant :

Tableau V: composition chimique des feuilles de *Tithonia diversifolia*

Composants	Quantités (%)
Azote	3,53
Phosphore	0,42
Potassium	4,7
Calcium	3,52
Magnésium	0,45

Source : **Kaho et al., 2011**

I.6.1.1.3- Utilisation de *Tithonia diversifolia*

Tithonia diversifolia est utilisé comme : insecticide, engrais, fongicide, aliment pour élevage, bois de chauffage.

- **Insecticide** : il a une efficacité sur le long terme qui permet qu'il soit utilisé pour des cultures dont le cycle de développement est supérieur à trois mois tels que le riz et le maïs. Son utilisation en arrosage régulier dans les plantations permet de réduire l'attaque des termites (**Lavaud, 2021**)
- **Engrais** : son purin est utilisé pour favoriser la germination des semis, de par son apport en NPK il favorise la croissance des jeunes plants.

I.6.1.2- La bouse de vache

C'est le produit de la digestion des végétaux ingérés par les bovidés. Les différents remaniements de ces végétaux dans le tube digestif de ces animaux permettent une assimilation et une intégration d'une partie seulement des matières ingérées, le reste étant éliminé dans les bouses. Ces dernières sont donc riches en matière organique et éléments minéraux. C'est pour cette raison que la bouse représente un engrais de qualité notamment pour sa forte teneur en azote, élément primordial pour le développement des végétaux. Probablement depuis que le bœuf a été domestiqué pour aider au travail des champs, la bouse a été utilisée comme engrais améliorant considérablement le rendement des cultures. (**Christophe, 2016**). De nos jours la pratique de l'épandage de la bouse de vache est très répandue dans le milieu de l'élevage. Il entraîne un enrichissement du sol sous-jacent en différents bioéléments nécessaires au

développement végétal. Les fumiers augmentent directement les apports en N, et influent moins sur le stock en carbone organique du sol (**Girard et al., 2005**).

I.6.2- LES FERTILISANTS DE SYNTHESE

Les engrais inorganiques ou chimiques sont des produits provenant essentiellement de sources non vivantes au travers de processus artificiels. Ils sont fabriqués avec des quantités prédéterminées ou déclarées de nutriments d'azote, de phosphore, et de potassium. On distingue :

I.6.2.1- Les engrais simples

Ils ont une teneur en l'un des trois nutriments primaires N ou P ou K. Le sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, le nitrate d'ammonium $(\text{NH}_4)\text{NO}_2$ et le nitrate de calcium $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ sont des engrais simples.

I.6.2.2- Les engrais composés

Les engrais composés contiennent 2 ou 3 nutriments primaires (NP, NK, PK et NPK)

Exemple : phosphate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4^-$

I.6.2.3- Les engrais Ca , Mg , Na , S

Ce ne sont pas des NPK. Ils sont juste utilisés comme nutrition des plantes.

I.6.2.4- Les conditionneurs de sols inorganiques

Ce sont des matériels de chaulage. Ils contiennent 1 ou 2 éléments Ca et Mg . Le sulfate de calcium déshydraté ou gypse est un exemple (**Africa Fertilizer, 2012**).

I.6.3- LES PESTICIDES DE SYNTHESE

Le terme pesticide dérivé de l'anglais *Pest* (« ravageurs ») et du latin *cida* (« tuer ») est défini par le *codex* alimentaire comme toute substance destinée à prévenir, détruire, repousser ou lutter contre tout élément nuisible, plante ou insecte, pendant la production, l'entreposage, le transport, la distribution et la transformation des denrées alimentaires, de produits agricoles ou d'aliments pour animaux (**FAO/OMS, 1994**).

D'un point de vue réglementaire européen on distingue deux grandes catégories de pesticides :

- Les produits phytopharmaceutiques destinés à la protection des végétaux. Il en existe trois types : les herbicides, les fongicides et les insecticides.
- Les biocides destinés à la protection des éléments de construction (charpente) ou des animaux domestiques. En outre, il existe de nombreuses appellations telles que produits phytosanitaires, produits antiparasitaires, ou produits de protection des végétaux (**Debbab, 2014**).

I.6.3.1- Historique

Les pesticides de synthèse sont des substances ou des mélanges chimiques utilisés pour contrôler les nuisibles tels que les insectes, les champignons, les bactéries et les moisissures. Leur utilisation dans la gestion des nuisibles datent de très longtemps. En effet le soufre était utilisé en Grèce antique 1000 ans avant J.C ; La première utilisation intentionnelle de pesticide remonte à l'an 2500 avant J.C lorsque les sumériens dans le but de contrôler les insectes et les mites, s'embaume le corps avec des composés sulfurés.

Au XIX^{ème} siècle, on observe une utilisation plus généralisée des pesticides suite aux progrès de la chimie minérale, mais c'est surtout après la seconde guerre mondiale que les pesticides profitent du développement de la chimie organique ainsi que l'apparition d'un grand nombre de composés organiques de synthèse pour se développer d'avantage (**Taylor et al., 2007**).

Les pesticides peuvent être classés en fonction : de leur cible, de leur structure chimique et de leur mode d'action comme le montre le tableau ci-après.

Tableau VI: Classification des pesticides en fonction de la cible, de la structure chimique, de leur forme et du mode d'action.

Eléments de classification	Pesticides	Exemples
Cible	- Herbicides : destinés à lutter contre les mauvaises herbes ou les plantes adventices	Diuron, simazine
	- Insecticides: luttent contre les insectes et autres arthropodes en les tuant ou en empêchant leur reproduction	Chlordane, aldrine, pyréthrine
	- Fongicides: éliminent les moisissures et les parasites	Thiram, Phénylmercureacetate
	- Acarides: luttent contre les acarides	Tetradifone, chlorbenzilate
	- Nématocères : luttent contre les nématodes	Dibromochloropropane (DBCP)
Structure chimique	Organochlorés, organophosphorés, carbamates, benzimidazoles, triazoles, pyréthrinoides de synthèse	Organophosphorés: DDT, tetrachlorure de carbone Organophosphorés: parathion, diazinone, chlorpyrifos Carbamates: carbaryl, l'aldicarbe
Mode d'action	Répulsif, fumigeant, contact direct, dessicant, systémique	Ethylène dibromide, paraquat-diméthylsulfate, menazone.

Source : Fkib, 2007 ; Nollet et Hamir, 2010

I.6.3.2- Notion de résidu de pesticide

Un résidu pesticide est toute substance ou mélange de substances dans une denrée résultant de l'utilisation des pesticides ou dérivés (Amuoh, 2011). L'accumulation de résidus de pesticides se fait en fonction de cinq facteurs : l'espèce cultivée, l'organe récolté, la toxicité et

la dose d'utilisation du produit, la fréquence des traitements et les conditions climatiques (Errami, 2012)

I.6.3.3- Effet sur la santé et l'environnement

Du fait de leur nature non biodégradable, les métaux lourds s'accumulent dans la nature entraînant des effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement.

Le risque sanitaire varie en fonction du type de pesticide et également avec la durée de l'exposition : on parle ainsi de toxicité aigüe (délai d'exposition de quelques heures à quelques jours) et chronique (quelques jours à plusieurs années). Ainsi, en fonction de la dose ingérée les symptômes seront plus ou moins graves.

Le tableau ci-dessous regroupe quelques symptômes en fonction du temps d'exposition aux pesticides.

Tableau VII: Effet des pesticides sur la santé humaine en fonction du délai d'exposition

Délai d'exposition (toxicité)	Effets	Exemples
Toxicité aigüe	Irritations cutanées, troubles digestifs, maux de tête, vomissement, diarrhée, vertige, grande fatigue, convulsions, perte de conscience, nausée, crampes abdominales, paralysie musculaire générale, mort	Dérivés organochloré, dérivés organophosphorés, carbamates
Toxicité chronique	Troubles hallucinatoires, diminution du taux de globules rouges et de globules blancs, avec risque de leucémie, tératogénèse, maladies neurodégénératives, cancer, bronchites, rhinites	Les organophosphorés, organochlorés

Source : Cherin et al., 2012

Malgré sa faible contribution dans le marché mondial des pesticides, l'Afrique est le continent où l'on rencontre de nombreux problèmes causés par l'utilisation des pesticides. En effet la moitié des empoisonnements y ont été répertoriés ainsi que des cas mortels (plus de 75%) (Diop, 2013)

L'impact des métaux lourds sur l'environnement peut se faire soit par contamination du sol, de l'air ou de l'eau.

I.7- LES METHODES D'OBTENTION DES FERTILISANTS

I.7.1- Le compostage

Le compost est le résultat de la décomposition des matières organiques contenant du carbone et de l'azote à travers un processus naturel dû à l'action des microorganismes de l'air et de l'eau, ce qui permet de les utiliser aisément pour les cultures. En passant par ce processus, on peut valoriser des déchets tels que les résidus de culture, les déjections animales, les déchets ménagers. (Tichadou, 2014)

Les matières utilisées pour la fabrication du compost se divisent en deux grandes catégories, celles des matières organiques à forte teneur en carbone et celle des matières organiques à forte teneur en azote. (Tahirou Tangara et al., 2012).

I.7.2- Le fumier et lisier

Le fumier est constitué du mélange des excréments des animaux de ferme (urine et fèces) avec d'autres rejets : litière (matière absorbante), pertes minimales d'aliments, eau de lavage et précipitations. Les spécialistes classent le fumier selon deux types : solide et liquide. C'est la teneur en eau qui sert à distinguer l'un et l'autre. À 85 % d'eau, on parle de lisier.

I.7.3- Le vermicompostage

Le vermicompostage est une méthode très efficace de conversion des déchets organiques solides en une ressource précieuse, utile et respectueuse de l'environnement. C'est un processus accéléré qui implique la bio-oxydation et la stabilisation des déchets à la suite des interactions entre certaines espèces de vers de terre et de microorganismes (Lores et al., 2006 ; Dominguez, et al., 2010).

I.7.4- Le digestat

Le digestat est un produit résidu de la méthanisation des matières organiques qui permet le stockage du carbone (C) dans le sol et rend disponible l'azote (N) pour les plantes (Askri, 2015)

Il est constitué de deux fractions : une fraction liquide (contenant de l'azote et peu de matière organique) et une fraction solide (riche en matière organique et élément phosphaté) (Dahunsi et al., 2016).

I.8- TRAVAUX ANTERIEURS

De nombreux travaux scientifiques ont été réalisés avec les extraits de plantes et les biofertilisants.

- Le fumier de *T. diversifolia* améliore le rendement et la qualité de la carotte (**Jeptoo et al., 2013**)
- **Fahrurrozi et al., 2017** ont évalué l'engrais organique liquide enrichi en *T. diversifolia* dans la production des carottes biologiques.
- **Biaou et al., 2017** ont montré l'effet de l'apport de différents types d'engrais organiques (fientes de poules et déjections de bovins) sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota L.*) sur sol ferralitique au sud Bénin.
- **Megueni et al. , 2017** ont montré l'effet du fumier de poulet et de la poudre de vivianite sur la productivité sur le terrain de la carotte (*Daucus carota L.*) dans l'Adamaoua Cameroun et les propriétés chimiques des racines.
- **Djoufack et al. , 2020** ont montré l'effet des types d'engrais (compost, fumier de poulet et engrais NPK) sur les paramètres de rendement, la douceur et la qualité nutritionnelle des génotypes de carotte (*Daucus carota L.*) au Cameroun.

A horizontal pink banner with a black border, styled to look like a rolled-up scroll. It has decorative curls at both the left and right ends.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1 MATERIEL

II.1.1- Site expérimental

L'essai s'est déroulé de mars à juillet 2021 dans la localité de Messassi situé dans la région du centre, Yaoundé /Cameroun dont les coordonnées géographiques sont les suivantes à la latitude 3°50'29,04 Nord et la longitude 11°29'31,56 Est. La distribution annuelle des précipitations dans cette zone est bimodale avec des pics en Mai et Août, avec une température annuelle de 25,6 °C.

II.1.2- Le digestat à base de *Tithonia diversifolia* et de bouse de vache

La biomasse verte des feuilles de *Tithonia* a été récoltée dans la ville de Yaoundé et la bouse de vache a été achetée auprès des bergers de l'abbatoir-Etoudi de la ville de Yaoundé.

II.1.3- Engrais chimique de synthèse NPK

Un engrais synthétique N-P-K (20-10-10) acheté sur le marché a été utilisé comme fertilisant chimique de synthèse.

II.1.4- Les semences de carotte

Les semences ont été achetées dans un agro-shop dans la ville de Yaoundé.



Photo 1: semences de carotte (Mengue dans cette étude).

II.1.5 Les racines de carotte

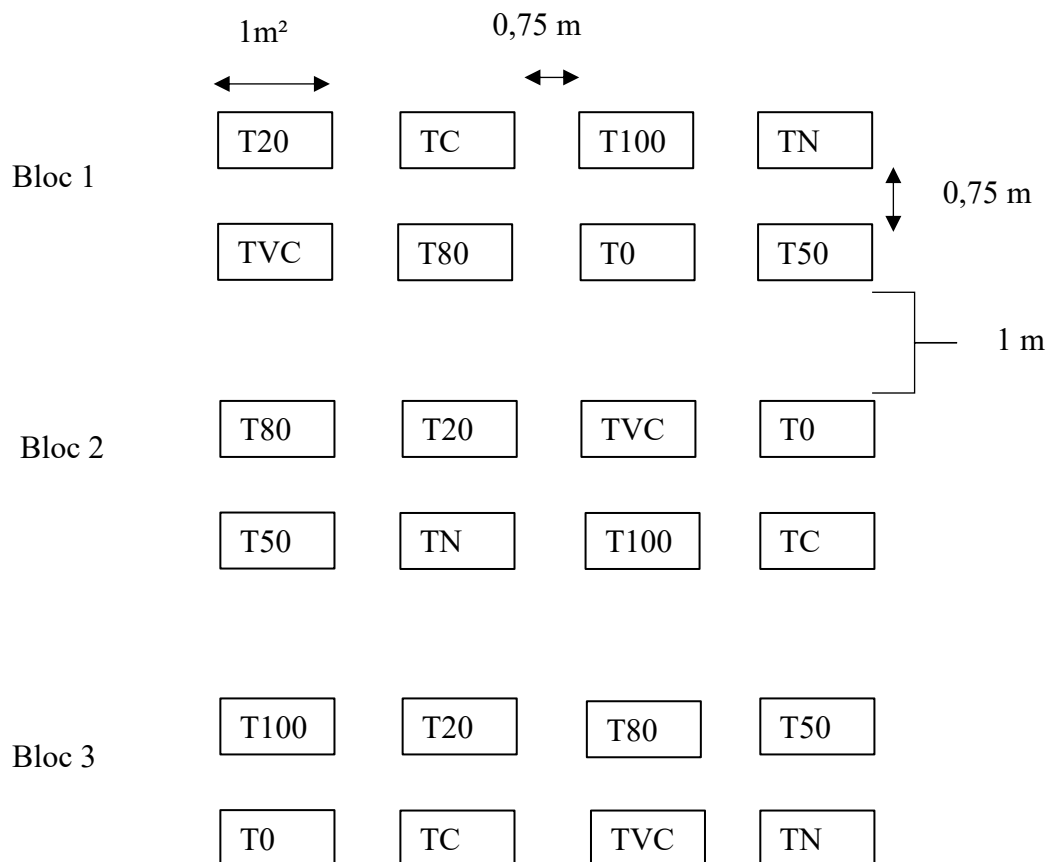


Photo 2: racines de carotte (Mengue dans cette étude).

II.2- METHODES

II.2.1- Préparation du terrain et dispositif expérimental

Le sol utilisé a été défriché, labouré en profondeur puis délimité et repartis en trois (03) blocs de huit (08) parcelles. La distance entre deux parcelles a été de 0,75 m, celle entre deux blocs de 1 m et la dimension d'une parcelle 1 m². La longueur du sol a eu 6 parcelles et la largeur 4 parcelles sur une superficie d'environ 10 m².



Chaque parcelle de 1m² a comporté cinq (05) lignes à raison de 25 cm entre les lignes. Deux semaines après l'émergence, un démariage permet d'avoir des plants de carotte à raison de 5 cm entre les plants de carotte sur la même parcelle. Cela a fait un total de 105 carottes/m².

II.2.2- Préparation des intrants

- Préparation du digestat

Principe : les déchets organiques sont stockés dans une cuve cylindrique et hermétique appelée digesteur ou méthaniseur dans laquelle ils sont soumis à l'action des micro-organismes en l'absence d'oxygène. Les réactions biologiques mises en jeu sont : Hydrolyse, acidogénèse, acétogénèse et méthanogénèse.

Les quantités de biomasse verte des feuilles de *Tithonia* (15 ; 37,5 ; 60 et 75 kg) et de bouse de vache (15 ; 37,5 et 60 kg) ont été pesées à des proportions différentes puis introduites dans un bio digesteur de 200L complété avec de l'eau au $\frac{3}{4}$ du bio digesteur. Après bio digestion (pendant 2 mois) le digestat brut obtenu a été séparé par filtration et deux fractions ont été obtenues : une fraction solide et une fraction liquide.

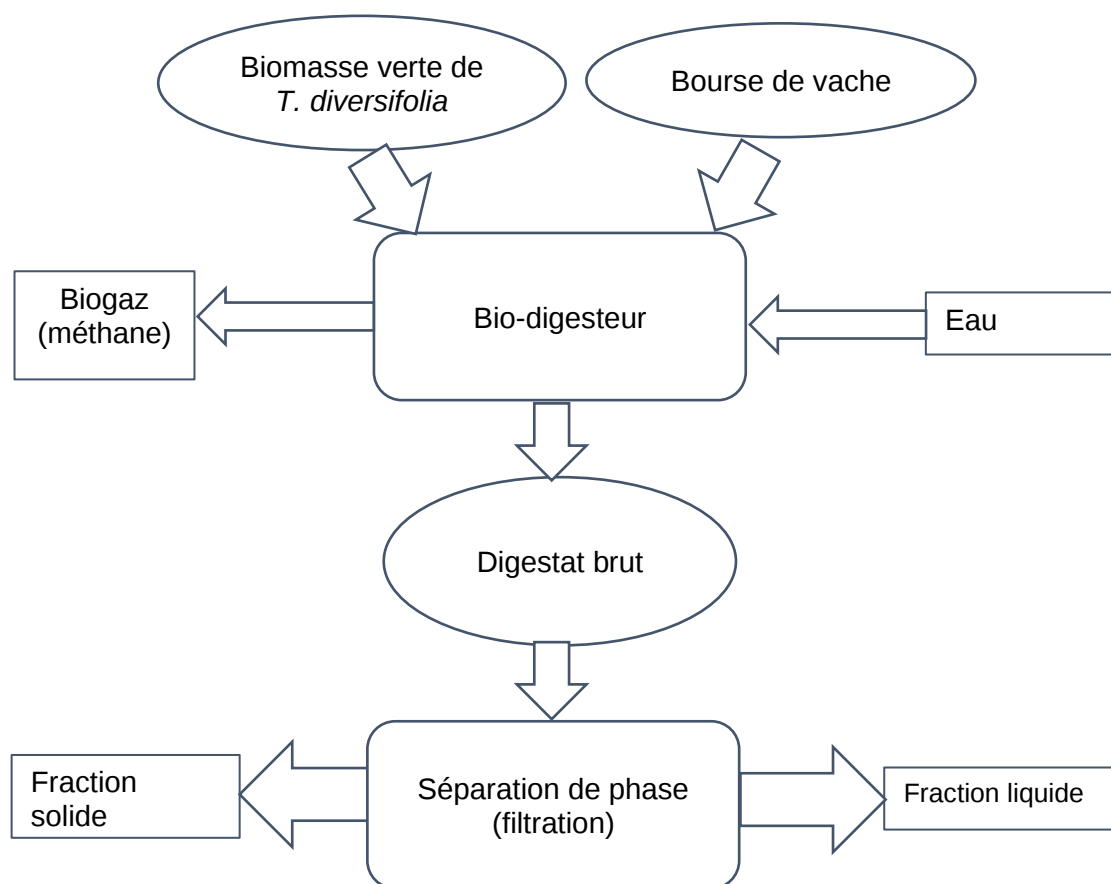


Figure 3: diagramme modifié de production du digestat **Dahunsi et al. (2016)**

- Préparation du digestat liquide, l'extrait de poudre de *T. diversifolia* et de la solution NPK pour la pulvérisation

La pulvérisation devait alimenter en permanence les feuilles des plants en nutriments. Le digestat liquide a été préparé en faisant des dilutions (3L de fraction liquide du digestat dans 12 L d'eau), les deux autres ont été obtenus en pesant 20g de poudre de *T. diversifolia* et 1 g de NPK (20-10-10) respectivement, chaque élément a été macérer dans 1l d'eau pendant 24h, puis filtré ensuite trempé de nouveau pendant 24h, puis filtré à travers un tissu fin. Les extraits obtenus ont été utilisé pour la pulvérisation.

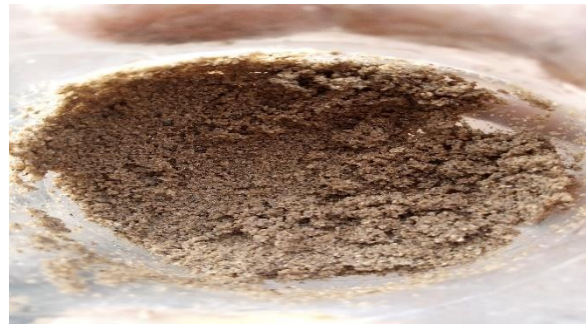
- Préparation du compost

Principe : sous l'action des microorganismes la matière organique se dégrade lentement au fil des mois et se transforme en un produit comparable à l'humus appelé compost.

La méthode modifiée décrite par **Akanbi et al. (2002)** a été utilisée pour la préparation du compost. Brièvement, les feuilles fraîches de *T. diversifolia* récoltées et séchées pendant 72h ont été broyées et mélangées avec la sciure de bois à la proportion de 1/3 (M/M) dans un tambour. Puis suffisamment d'eau a été ajoutée pour humidifier le mélange. Le tambour a ensuite été couvert et le mélange laissé à incubation pendant une période de deux mois à température ambiante. Le mélange a été macéré toutes les deux semaines pour augmenter l'aération. Au bout de six mois, le compost mûr a été obtenu comme biofertilisant.

II.2.3- Traitement des semences

Environ cent (100g) de semences a été trempé dans 100 ml de l'extrait aqueux de *Tithonia* 2% pendant 2h pour améliorer la germination, puis ces dernières ont été séchées pendant 24 h à température ambiante et ensuite ont été mélangées avec du sable.



**3a : semences avec l'extrait aqueux
de *T. diversifolia***

3b : semences avec du sable

Photo 3: traitement des semences (Mengue dans cette étude).

II.2.4- Amendement en biofertilisant et NPK

Deux cent cinquante (250 g/m²) de chaque biofertilisant (TVC, TC, T20, T50, T80, T100) et cinquante (50 g/m²) de NPK ont été pesé puis ont été enfouis dans les différentes parcelles respectivement : ici c'est la fraction solide du digestat qui a été utilisée comme fertilisant pour l'amendement de nos différentes parcelles.

II.2.5- Pulvérisation des plants

La fraction liquide du digestat de chaque traitement a été utilisée pour pulvériser les plants tout en respectant le schéma de la randomisation chaque samedi après chaque deux semaine à raison de 250 mL/m².

II.2.6- Entretien des cultures

Les plants ont été arrosés continuellement et désherbés par tirage manuel.

II.2.7- Récolte et collecte des échantillons

Au bout des 120 jours de culture, les carottes ont été récoltées puis acheminées au Laboratoire de Sciences Alimentaires et Métabolisme pour analyse.

Nous disposons de 08 lots

Lot T0 : racines provenant du sol non amendé et pulvérisé à l'eau

Lot TC : racines provenant du sol amendé avec du compost de *T. diversifolia* et pulvérisation avec l'extrait aqueux de *T. diversifolia*.

Lot TVC : racines provenant du sol amendé avec du vermicompost et pulvérisation avec l'eau

Lot TN : racines provenant du sol amendé et pulvérisation avec l'extrait de NPK à 0,1%

Lot T20 : racines provenant du sol amendé et pulvérisation avec le digestat de *Tithonia* 20% et bouse de vache 80%

Lot T50 : racines provenant du sol amendé et pulvérisation avec le digestat de *Tithonia* 50% et bouse de vache 50%

Lot T80 : racines provenant du sol amendé et pulvérisation avec le digestat de *Tithonia* 80% et bouse de vache 20%

Lot T100 : racines provenant du sol amendé et pulvérisation avec le digestat de *Tithonia* 100%

II.2.8- Prise des paramètres agronomiques.

Lors de la récolte, les paramètres tels que la masse, la hauteur du plant et le nombre de branches de feuilles, le diamètre, la masse, le volume et la longueur de la carotte ont été relevés sur 5 plants par traitement de chaque bloc choisis au milieu de chaque parcelle.

II.2.8.1- Evaluation du nombre de branches de feuilles.

Les branches de feuilles des 5 plantes choisies par traitement de chaque bloc ont été comptées visuellement.

II.2.8.2- Evaluation de la hauteur des plants et des racines de carotte.

Après la récolte, la hauteur des plants et des racines a été mesurée à l'aide d'une règle graduée.

II.2.8.3- Masse et diamètre des racines de carotte.

Les racines de carottes de 5 plants de chaque traitement de chaque bloc ont été pesées à l'aide d'une balance électronique. Le diamètre de l'épau (apical) et du cœur (distal) a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

II.2.8.4- Volume des racines de carotte.

Les racines de 5 plants de chaque traitement de chaque bloc ont été mises délicatement dans un volumètre de 1000 ml contenant 750 ml (volume d'eau). Le volume de la racine a été obtenu en soustrayant le volume d'eau initial du volume d'eau obtenu après avoir mis la racine dans le récipient.

II.2.8.5- Masse des feuilles.

Les feuilles de 5 plants de chaque traitement de chaque bloc ont été pesées à l'aide d'une balance électronique.

II.2.8.6- Evaluation de la conservation post-récolte des racines de carotte.

Les lots de carottes (soit 5 carottes par traitement) ont été collectés et entreposés à température ambiante et au réfrigérateur à 4°C dans du nylon en polystyrène. Les caractéristiques telles que la fraîcheur (couleur, dureté et odeur) et le poids ont été utilisés tout au long de l'entreposage pour estimer la durée de vie. La Fraicheur était donnée en pourcentage de conservation de la couleur, la dureté et l'odeur sur une échelle de 0 à 1. Le poids était donné en pourcentage de conservation de poids initial. Ces paramètres étaient déterminés tous les 3 jours pendant 30 jours et tous les 15 jours pendant 120 jours chez les carottes entreposés à température ambiante et au réfrigérateur à 4°C respectivement.

Le coefficient de conservation (CC) a été défini ainsi : $CC = \frac{F}{P}$ ou F est la fraîcheur (%) et P le poids (%).

Les intervalles suivants ont été définis : Pour $CC = [1 ; 0,81]$ la carotte est consommable et pour $CC = [0,80 ; 0]$, la carotte n'est plus consommable.

II.2.9- Analyse sensorielle

Dans le cadre de ce travail, 61 panélistes (AFNOR, 2010) ont été choisis au sein du campus. L'analyse sensorielle a permis d'évaluer les caractéristiques sensorielles perçues (couleur, odeur, sucrosité, texture et acceptabilité générale) sur les différents échantillons de carotte afin d'en déduire les plus appréciés. Les huit échantillons ont été présentés simultanément aux panélistes de manière codée, chaque échantillon est accompagné d'un verre d'eau et d'un mouchoir. Les juges devaient, pour chaque descripteur, placer les échantillons de carotte sur une échelle graduée de un à neuf en fonction de l'intensité croissante de la perception. La fiche conçue à cet effet est présentée en annexe (Annexe 2). Des échelles métriques et des rangs ont été utilisés afin de quantifier les différents niveaux d'appréciations :

- **L'échelle métrique** : Les échelles de notes métriques avaient des divisions de 1 à 9 allant d'extrêmement déplaisant à extrêmement plaisant (Jones et al., 1955).

- **Le rang** : Les échelles de rang ont permis d'ordonner des échantillons à analyser. Le chiffre de cette échelle correspond non pas au niveau de qualité, mais au numéro que l'échantillon occupe dans la série mise en ordre ; les points sont par conséquent transformés en rangs en leur attribuant des numéros d'ordre. Par contre ce sont les résultats du test de préférence qui ont permis d'avoir une idée sur l'acceptabilité générale et ainsi le rang de chaque échantillon de carotte.

II.2.10- Traitement des échantillons

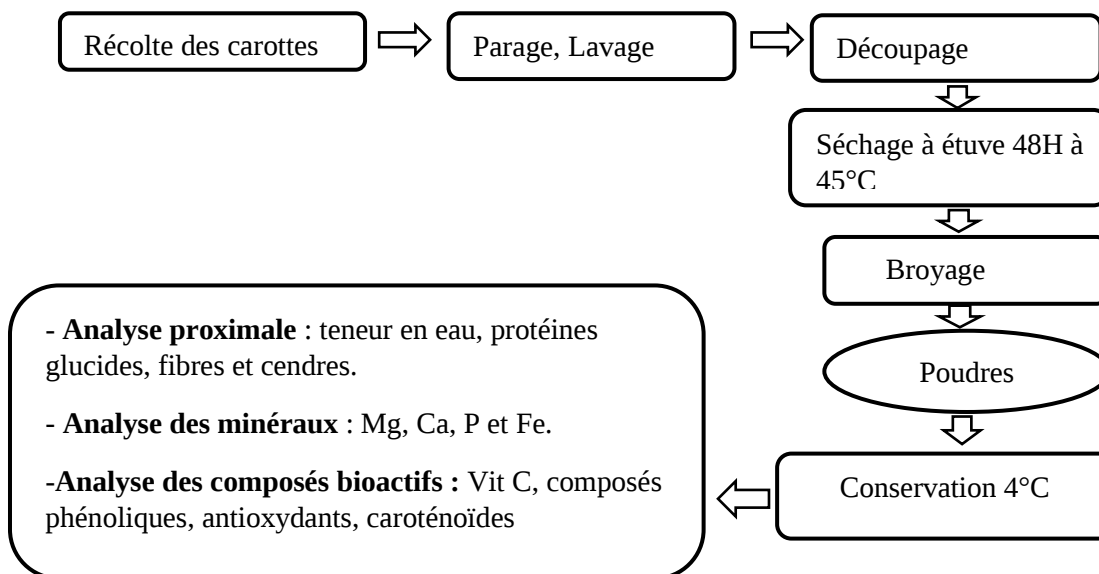


Figure 4: Schéma du traitement des échantillons avant analyse.

II.2.11- Caractérisation Nutritionnelle

1- Teneurs en eau et en matière sèche

La teneur en eau a été déterminée par la méthode décrite par **A.O.A.C. (1980)**.

➤ Principe

Elle est basée sur la perte en masse des échantillons après étuvage à 105°C, jusqu'à élimination complète d'eau libre et de la matière volatile et obtention d'une masse constante.

➤ Mode opératoire

Environ 5g de carotte fraîche a été pesée (P1) à l'aide d'une balance de précision de marque «Sartorius» (sensibilité 1/1000). Elle a été mise à sécher dans une étuve de marque «Memmert» à une température de 105°C pendant 24h. Les pesées ont régulièrement été faites (après chaque 2h) jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Le résidu sec a été refroidi dans l'atmosphère d'un dessiccateur contenant le P₂O₅ comme desséchant pendant 1h et pesé (P2). Les résultats ont été exprimés en % (g/100g MF). La teneur en eau a été obtenue à partir de la formule suivante:

$$\text{Teneur en eau (\%)} = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100$$

P1 : poids de l'échantillon frais

P2 : poids de l'échantillon sec

La teneur en matière sèche (%) a été obtenue en faisant $100 - \text{Teneur en eau}$

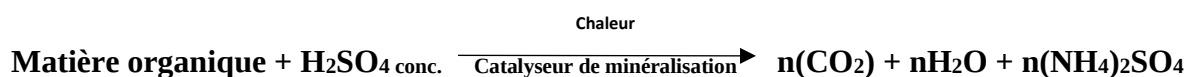
2- Détermination des teneurs en azote total et en protéines brutes

La teneur en protéine totale a été évaluée après détermination de la teneur en azote total et multiplication de cette teneur par 6,25. L'azote total a été déterminé après minéralisation des échantillons selon la méthode de Kjeldahl (**AFNOR, 1984**), suivi du dosage par la méthode de **Devani et al. (1989)**.

❖ Minéralisation

➤ Principe

La minéralisation selon Kjeldahl consiste à détruire toute la substance organique azotée contenue dans la denrée alimentaire et sa conversion en azote minérale par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur de minéralisation selon l'équation :



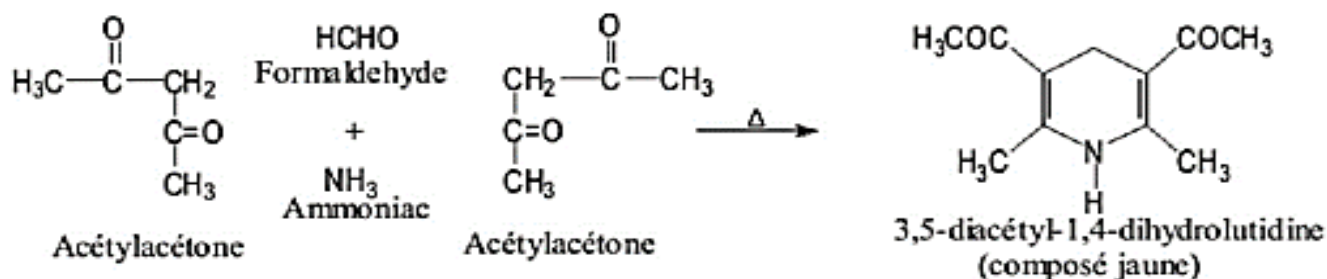
➤ Mode opératoire

Une masse de 0,5 g de résidu de carotte sec a été introduite dans un matras de minéralisation, 5 ml H_2SO_4 concentré et une pincée de catalyseur de minéralisation y ont été successivement ajoutés. L'ensemble a été porté à chaud sur une rampe de minéralisation avec un système collecteur de fumées. L'appareil a été mis en marche et le matras a été chauffé pendant 3 heures environ jusqu'à obtention d'une solution limpide. Après refroidissement, le minéralisât a été récupéré dans une fiole jaugée et son volume complété à 50 ml avec de l'eau distillée.

❖ Dosage de l'azote

➤ Principe

Il est basé sur la réaction en milieu aqueux, de l'ammoniac avec l'acétylacétone et le formaldéhyde pour former le 3,5-diacétyl-1,4-dihydrolutidine de couleur jaune qui présente un maximum d'absorption à 412 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en azote. L'équation de la réaction est la suivante :



➤ Mode opératoire

Dans un tube à essai, ont été introduit successivement 0,2 ml de minéralisât, 1,2 ml de solution d'acétate de sodium et 1,6 ml de solution réactive (15 ml de formaldéhyde + 8 ml d'acétylacétone dans 77 ml d'eau distillée). Le mélange a été incubé au bain-marie (97,5 °C) pendant 15 minutes. Une fois refroidi dans un courant d'eau froide, le volume du tube a été complété à 10 ml en ajoutant 7 ml d'eau distillée. L'absorbance a été lue à 412 nm contre un blanc constitué des solutions d'acétate de sodium, solution réactive et de l'eau distillée. La gamme d'étalonnage de la solution d'azote a été établie à partir d'une solution de sulfate d'ammonium 0,4 g d'azote / ml. Les solutions ont été introduites en série comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau VIII: Procédure de dosage de l'azote total

	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6	Tube 7	Echantillon
Echantillon (mL)	/	/	/	/	/	/	/	0,2
(NH ₄) ₂ SO ₄ 0.004 d'N/ml(ml)	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	/
Acetate de sodium (ml)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Solution réactive (ml)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Plonger les tubes dans l'eau bouillante (97,5°C) pendant 15 minutes et puis refroidir dans un courant d'eau froide pour baisser la température à 30°C.							
H ₂ O distillée (ml)	7,2	6,35	6,7	6,45	6,2	5,95	5,7	7
Absorbance à 412 nm								

La quantité d'azote a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage du sulfate d'ammonium. L'équation de droite d'étalonnage $Y = 0,0024X$ a permis de calculer la quantité d'azote à partir de la formule :

$$X = Y \times \frac{V_t \times 100}{V_p \times m \times a}$$

Y= Densité optique, V_t(ml)= Volume total de minéralisât, V_p(ml)= Volume de minéralisât dosé, m (g)= Masse d'échantillon minéralisé, a= Coefficient d'étalonnage (0,0024), X= Quantité d'azote (µg).

La formule suivante a été utilisée pour déterminer la teneur en protéines totales dans nos échantillons exprimés en g/100g MS. Avec Le coefficient conventionnel de conversion de l'azote en protéines utilisé est de 6,25:

$$\text{Teneur en protéines} = 6,25 \times X \text{ (g/100 g)}$$

3- Teneur en sucres totaux

➤ extraction des sucres

Dans un tube à essai bouchant de 50ml contenant 5ml d'acide sulfurique 1,5N, introduire 0,2g d'échantillon. Le mélange est porté au bain-marie à 100 °C pendant 45 minutes, puis refroidi à température ambiante. 10ml d'éthanol à 70%, 1 ml d'acétate de zinc (2g/100ml) et 1 ml de ferrocyanure de potassium (10,6g/100ml) y sont ajoutés pour la digestion. Le mélange sera filtré dans une fiole de 50ml et le volume du filtrat sera complété à 50ml avec de l'eau distillée.

➤ Dosage des sucres extraits : selon la méthode au DNS

Les sucres solubles et les sucres totaux seront extraits et dosés selon la méthode décrite par **Fischer et Stein (1961)**. Le blanc sera préparé en faisant un mélange du substrat et du borate de sodium avant l'ajout du DNS.

➤ Principe

En milieu alcalin et à chaud, le DNS réagit avec les sucres réducteurs solubles et passe de sa forme oxydée jaune à sa forme réduite oranger présentant un maximum d'absorption à 530 nm. La coloration est proportionnelle à la longueur d'onde et permet de quantifier les sucres réducteurs en solution (Figure 5)

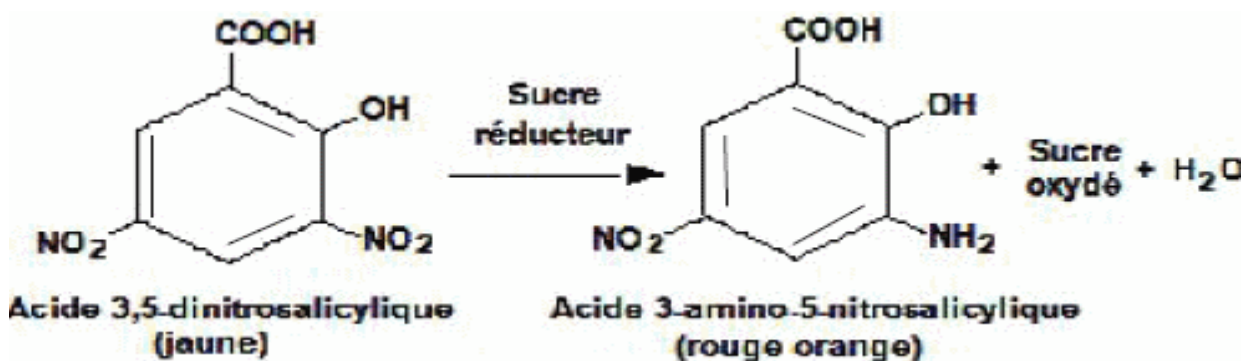


Figure 5: Equation de la réaction de réduction du DNS lors du dosage des sucres

➤ Mode opératoire

A l'aide des solutions étalon S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ du maltose, la gamme d'étalonnage a été préparée et le dosage des échantillons a été effectué comme indiquée dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX: Procédure de dosage des sucres totaux par la méthode au DNS

N° de tubes	1	2	3	4	5	6	Inconnu
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	
Standard maltose (ml)	0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	
Solution à doser (ml)	/	/	/	/	/	/	0,25
Eau distillé (ml)	1,25	1	0,75	0,5	0,25	0	1
DNS (ml)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Incuber les tubes dans un bain marie bouillant pendant 5 min, refroidir immédiatement dans l'eau glacée							
Eau distillée (ml)	4	4	4	4	4	4	4
DO à 540 nm							

➤ Expression des résultats

La quantité de sucres réducteurs de chaque prise d'essai est déterminée en se reportant sur la courbe d'étalonnage d'équation de régression : $DO = aQ + b$

Avec, DO : Densité Optique et Q : quantité de sucres totaux; a, b : Constantes à déterminer

4- Teneur en cendres totales

➤ Principe

La détermination des teneurs en cendres consiste à l'incinération complète d'un échantillon dans un four à moufle réglé à 550°C jusqu'à obtention des cendres blanches **AFNOR (1981)**.

➤ Mode opératoire

Un (1) g d'échantillon a été incinéré complètement jusqu'à obtention des cendres blanches dans un four à moufle réglé à 550°C. Pour cela, les creusets en porcelaine contenant les échantillons issus de l'étuvage à 105±2°C (M₂) ont été placés dans le four. Après incinération pendant 24 heures, les creusets ont été retirés du four à l'aide des pinces, puis ont été refroidis dans l'atmosphère d'un dessiccateur et pesés (M₃). La teneur en cendres par 100g de MS a été calculée par la formule:

$$Tc(\%) = \frac{M_3 - M_1}{M_2} \times 100$$

Avec **M₁** : masse de la capsule vide, **M₂** : masse du creuset après étuvage,

M₃ : masse du creuset après incinération.

5- Teneur en fibres brutes

Les fibres brutes ont été déterminées par la méthode décrite par **A.O.A.C. (1980)**.

➤ Principe

Cette méthode repose sur une succession de digestion par les acides forts et les bases fortes.

➤ Mode opératoire

Un (1) g d'échantillon délipidé (M_1) a été introduit dans un bécher de 250ml et 100 ml d'acide sulfurique (0,26N) ont été ajoutés. Le mélange a été chauffé pendant 30 minutes à 100°C et refroidi. Après filtration à l'aide d'un filtre en verre fritté, le résidu a été rincé trois fois avec de l'eau distillée, récupéré à l'aide d'une spatule et introduit dans un bécher de 250 ml où 100 ml de soude (NaOH : 0,23N) ont été introduits. Le mélange a encore été chauffé à 100°C pendant 30 minutes. Il a ensuite été refroidi et filtré. Le résidu obtenu a été lavé 2 fois à l'acétone, et séché à l'étuve à 100°C pendant 8 heures. Après refroidissement, le résidu a été pesé (M_2) puis calciné à 550 °C pendant 3 heures. Il a été en fin refroidi dans un dessiccateur et pesé (M_3).

La teneur en fibres (Fb) en g/100g MS a été déterminée en utilisant la formule ci-dessous :

$$\text{Fb (g/100g MS)} = \frac{M_2 - M_3}{M_1} \times 100$$

avec M_1 = masse de l'échantillon délipidé

M_2 = masse du résidu

M_3 = masse du résidu après calcination

6- Teneur en minéraux

La détermination des teneurs en minéraux des carottes a été effectuée suivant la méthode élaborée par **Benton et Vernon (1990)**.

➤ Principe

Il consiste à vaporiser l'échantillon liquide en le chauffant avec des flammes. La flamme est dirigée vers une source lumineuse émise par une lampe appropriée qui émet des longueurs d'ondes caractéristiques du composé d'intérêt. En traversant la flamme, les ondes lumineuses de longueur d'onde correspondante au composé d'intérêt sont absorbées par les ions émis présents dans les flammes. L'absorbance mesurée est directement proportionnelle à la concentration de l'élément d'intérêt.

➤ **Méthode pour le Calcium, Magnésium, Fer**

- Préparation des solutions de travail

Calcium, Magnésium et fer : Dans 3 tubes de 25 ml numérotés de 1 à 3 ont été introduits : 0,5 ml de solution d'aqua regia et 19,5 ml de solution de chlorure de strontium puis homogénéisés. De ces tubes ont été prélevés et introduits dans d'autres tubes respectivement 0,25 ; 0,50 et 0,75 ml de solutions. Dans ces mêmes tubes les mêmes quantités de la solution mère ont ensuite été ajoutées et les mélanges ont été vigoureusement homogénéisés.

- Préparation des échantillons

Pour le dosage des éléments (Ca, Mg, Fe), 0,5 ml du surnageant ont été dilués dans 19,5 ml de solution de chlorure de strontium. Pour chaque série de dosage, 2 tubes ont été préparés selon le même protocole que précédemment à la différence que le surnageant a été remplacé par de l'eau déionisée.

Les échantillons et les blancs ont ensuite été passés dans un spectrophotomètre d'absorption atomique. Les absorbances ont été lues à 422,7 nm ; 285,2 nm ; 248,3 nm respectivement pour le calcium, le magnésium et le fer. La courbe d'étalonnage de chaque étalon nous a permis de déterminer la concentration (mg/100g MS) de chaque minéral.

Teneur en phosphore

Les teneurs en phosphore ont été déterminées par spectrophotométrie colorimétrique comme décrite par **Murphy et Riley (1962)**.

➤ **Principe**

En milieu réducteur et acide, les ions phosphate, en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phospho-molybdate d'ammonium de coloration bleue dont l'absorbance à 690 nm est proportionnelle à la concentration en phosphore présenté dans l'échantillon.

➤ **Méthode**

Préparation des solutions de travail

Solution d'étalonnage : la solution mère de Murphy-Riley a été préparée en introduisant lentement 140 ml de H₂SO₄ concentré dans environ 1 L d'eau déminéralisée dans une fiole jaugée de 2 L. Dans un bécher, une solution de 12 g de molybdate d'ammonium tel que préparé dans 250 ml d'eau déminéralisée. Les solutions ont été mélangées avec le H₂SO₄ et le volume complété jusqu'au trait.

Solution de travail : obtenue en mélangeant 1,056g d'acide ascorbique dissout dans de l'eau déminéralisée avec 200 ml de solution mère de Murphy-Riley. Cette solution doit avoir une légère coloration jaune.

Préparation du standard :

L'étalon de phosphore (1000 ppm) utilisé pour l'étalonnage a été préparé en dissolvant 4,393g de KH_2PO_4 dans 1 L d'eau déminéralisée. A l'aide d'un dilueur, on introduit dans 5 tubes de propylène de 50 ml numérotés 1, 2, 3, 4 et 5 respectivement 0,00 ; 1,25 ; 2,50 ; 3,75 ; et 5,00 ml de solution de KH_2PO_4 . Le volume a été complété à 50 ml en utilisant une solution d'eau régale.

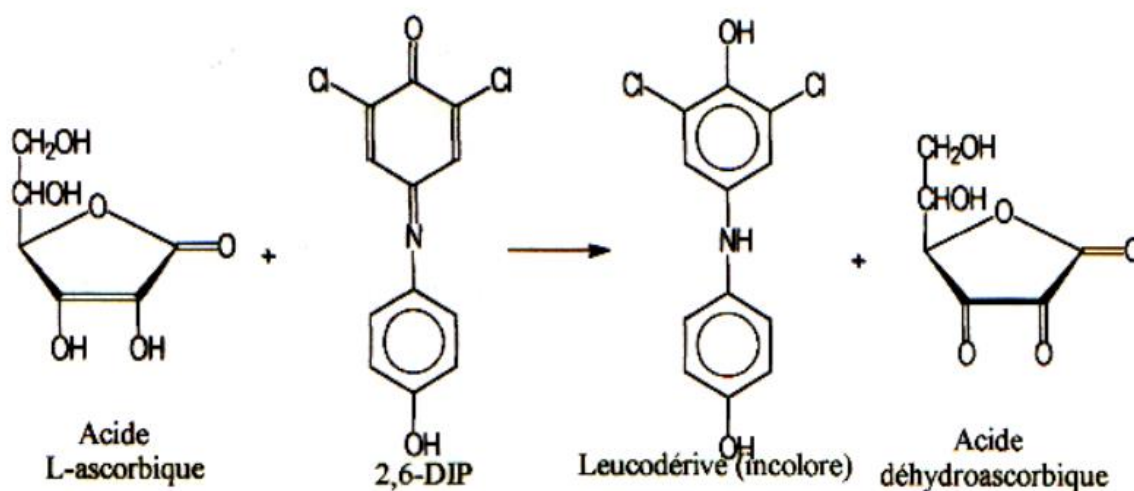
Dans des tubes de 25 ml ont été dilués 0,25 ml de chaque échantillon et 19,75 ml de la solution de travail. Les tubes ont été laissés au repos pendant 30 minutes afin que leurs couleurs puissent se développer et l'absorbance a été lue à 690 nm contre un blanc en utilisant un spectrophotomètre colorimétrique. Les analyses ont été faites en triple. La courbe d'étalonnage de chaque étalon nous a permis de déterminer la concentration (mg/100g MS) de chaque minéral.

7- Teneur en vitamine C

Le dosage de la vitamine C a été fait par la méthode titrimétrique de **Harris et Ray (1935)**.

➤ Principe

Elle repose sur la réduction du 2,6 dichlorophénol indophénol en leucodérivé par passage avec changement de coloration du bleu au rose suivant l'équation :



Equation de la réaction de l'acide ascorbique avec le 2,6-DCIP

➤ Mode opératoire

Environ 0,5 g d'échantillon a été pesé et introduit dans un bécher contenant 10 ml d'acide acétique 90 %, puis mélanger et filtré. Le filtrat obtenu a été introduit dans l'éprouvette de 50 ml et compléter à 20 ml avec l'acide acétique 90%. Dans le filtrat obtenu, 5 ml sont prélevés puis y ajouter 1 ml d'acide acétique glacial et titré avec une solution de DCIP jusqu'à virement au rose. La teneur en vit C a été déterminée en utilisant la formule ci-dessous :

$$\text{Vit. C(mg)} = \frac{T - B1}{St - B1}$$

Avec **Vit. C** (mg/ 100ml) : teneur en Vitamine C, **T** : Volume de l'extrait, **B1**=Volume du blanc, **St**= Volume du standard, le DCIP utilisé pour titrer

8- Teneur en composés phénoliques

L'analyse des composés phénoliques totaux a été faite par la méthode décrite par **Dhar et al. (2012)**.

➤ Préparation des extraits

Le dosage a été effectué sur les extraits préparés comme suit : environ 1 g d'échantillon a été placé dans un bécher dans lequel on a ajouté 10 mL de méthanol 80 % (v/v). Après 30 min d'agitation, l'ensemble a été filtré sur le papier Whatman N°1. Une extraction a été refaite de la même manière sur le résidu et le volume de l'extrait a été complété à 25 mL avec du méthanol 80%.

➤ Principe

Le dosage des composés phénoliques repose sur la réduction du mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) par les phénols en milieu alcalin en oxyde bleu de tungstène et de molybdène absorbant à 765 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel.

➤ Mode opératoire

A 50 ul de chaque extrait, des quantités croissantes d'acide gallique et décroissantes de solvant (EtOH/H₂O) et 2 ml du réactif de Folin-Ciocalteux 2N ont été ajoutés. Après 5 minutes d'incubation à l'obscurité à température ambiante, 2 ml de la solution saturée de carbonate de sodium (Na₂CO₃) 10% (m/v) ont été ajoutés. L'ensemble des tubes a été mélangé à l'aide du

vortex puis incubé à température ambiante à l'obscurité pendant 15 minutes et l'absorbance a été lue au spectrophotomètre à 765 nm contre le blanc. Le dosage a été réalisé en triple et l'acide gallique a été utilisé comme étalon. Les teneurs en composés phénoliques totaux ont été exprimées en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g d'extrait) en utilisant la droite d'étalonnage ($y = ax+b$) obtenue en remplissant les tubes par des réactifs dans l'ordre comme décrit dans le tableau ci-dessous.

Tableau X: Procédure de dosage des composés phénoliques extraits des différents échantillons de carottes.

Elements	Blanc	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Echantillon
Acide gallique (1mg/mL) (µL)	/	10	20	30	40	50	/
Solvant (µL)	50	40	30	20	10	0	/
Echantillons (mL)	/	/	/	/	/	/	2
Réactif de folin (mL)	2	2	2	2	2	2	2
Agiter et incuber pendant 5 minutes à l'obscurité et à température ambiante							
Na ₂ CO ₃ 10% (mL)	2	2	2	2	2	2	2
Agiter et incuber à température ambiante à l'obscurité pendant 15 minutes puis lecture de l'absorbance à 765 nm.							

Le tube échantillon est celui contenant les résidus de composés phénoliques de chaque échantillon.

➤ Expressions des résultats

Les teneurs en composés phénoliques ont été calculées à l'aide d'une courbe d'étalonnage ($DO=f(C_p)$) en utilisant l'équation de droite de régression linéaire suivante $Y=ax+b$ (annexe 5)

Où (Y) représente les densités optiques (DO) des solutions ;

(X) représente les concentrations pondérales (C_p) en composés phénoliques ;

(a) la pente de la courbe ;

(b) est l'ordonnée à l'origine.

9- Teneur en caroténoïdes totaux

Elles ont été déterminées par la méthode décrite par **Kimura et Amaya (2004)**.

➤ Principe

Les caroténoïdes sont des pigments dont la couleur résulte de la présence dans leur structure d'une séquence multiple de doubles liaisons qui absorbent la lumière entre 440 et 490 nm.

➤ Extraction à l'acétone

Environ 0,5 g d'échantillon a été homogénéisé à 3 ml d'acétone froide pendant 1 min et filtré, l'opération a été répétée jusqu'à ce que l'acétone ne soit plus colorée.

➤ Partition à l'éther de pétrole

10 ml d'éther de pétrole ont été introduits dans l'ampoule à décanter de 500 ml avec un robinet en téflon ensuite les extraits acétoniques y ont été ajoutés. Puis 75 ml d'eau distillée ont été ajoutés lentement en laissant couler le long des parois de l'entonnoir (pour éviter la formation d'une émulsion, si une émulsion se forme, ajouter une solution saturée de chlorure de sodium). Les deux phases ont été séparées et la phase aqueuse inférieure a été jetée. Le surnageant a été lavé 3 fois avec de l'eau distillée (50 ml à chaque fois) pour éliminer l'acétone. La phase éther de pétrole (surnageant) a été recueillie dans une fiole jaugée de 25 ml en faisant passer la solution dans un petit entonnoir contenant du sulfate de sodium anhydre (3 g) pour éliminer l'eau résiduelle. Le volume a été ajusté jusqu'au trait de jauge avec de l'éther de pétrole.

➤ Lecture spectrophotométrique et calcul

L'absorbance a été lue à 450 nm. Les valeurs de D.O doivent être comprises entre 0,2 et 0,8. La teneur en caroténoïdes totaux est donnée par la formule suivante :

$$\text{Caroténoïdes totaux } (\mu\text{g/g}) = \frac{A_{450} \times V \times 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times M}$$

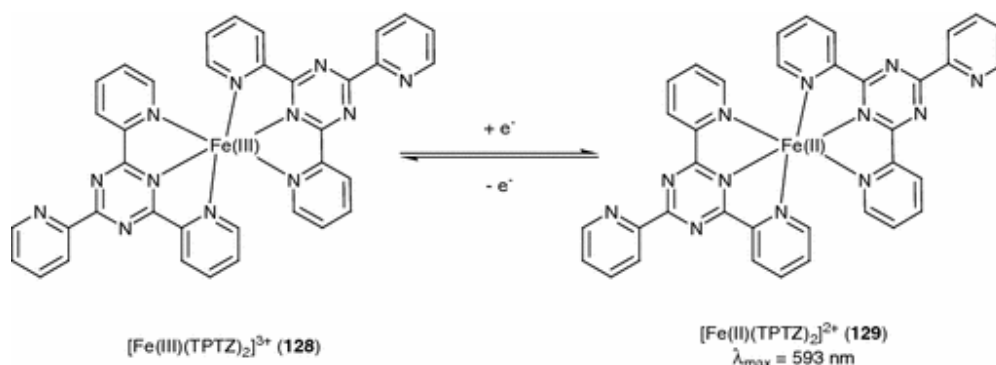
Avec A_{450} = Absorbance à 450 nm ; V = volume de l'extrait en ml ; $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ = coefficient d'absorption des caroténoïdes totaux dans l'éther de pétrole (2500).

10- Evaluation du potentiel antioxydant in vitro

10-1. Evaluation du pouvoir réducteur des ions ferriques

➤ Principe

L'évaluation FRAP est basée sur la mesure de la capacité des extraits à réduire le fer à faible pH (3,6). Une intense coloration bleue est formée lorsque le complexe tripyridyltriazine (TPTZ) ferrique se réduit en tripyridyltriazine ferreux en milieu acide. Cette coloration est mesurée à 593nm. Ce principe se résume par l'équation suivante :



➤ Mode opératoire

Il a été fait selon la méthode décrite par **Benzié et Strain (1996)**.

A 0,1 ml d'extrait, 3 ml de réactif de FRAP fraîchement préparé ont été ajoutés. Après 5min d'incubation, l'absorbance du milieu réactionnel a été lue à 593nm contre le blanc. Pour obtenir la courbe d'étalonnage (annexe 5) à partir du sulfate de fer, le tableau 9 suivant a été réalisé.

Tableau XI: Mode opératoire de l'évaluation de l'activité antioxydante globale.

	Blanc	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5
FeSO ₄ (μL)	/	500	600	700	800	900
Eau/MeOH (μL)	900	800	700	600	500	0
FRAP(mL)	3	3	3	3	3	3
Homogénéiser et incuber pendant 5min à température ambiante						
Lire les absorbances à 593nm						

➤ Expression des résultats

Les teneurs en ions ferreux ont été déterminées à partir de la droite d'étalonnage (annexe 5) en utilisant l'équation de régression de cette droite. Le pouvoir réducteur a été exprimé en mg de Fe (II)/100g de l'extrait sec des carottes.

10-2. Test de piégeage du radical 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl

➤ Principe

La détermination de l'activité antioxydante basée sur la méthode de DPPH antiradicalaire a pour principe la décroissance de l'absorbance mesurée à 517nm résultant du changement de couleur variant du violet au jaune au fur et à mesure que le radical est piégé par

Il a été fait selon la méthode décrite par **Lopes-Lutz et al., (2008)**.

Tableau XII: Mode opératoire de la détermination de l'activité anti-radicalaire des extraits phénoliques sur le radical DPPH•.

[illegible]

➤ Expression des résultats

Mémoire de Master Rédigé par : MENGUE ONANA Marie Angèle

$$\text{Pourcentage d'inhibition}(I\%) = \frac{\text{DO du contrôle} - \text{DO de l'essai}}{\text{DO du contrôle}} \times 100$$

La concentration inhibitrice 50 (CI₅₀) qui est la concentration en antioxydant permettant de piéger 50% de radicaux libres a été obtenue à partir du graphe représentant le pourcentage de piégeage en fonction des concentrations des extraits en utilisant une régression non linéaire.

II.2.12- Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Statistical Package for Social Science (SPSS) version 20.0 pour Windows. Le logiciel Microsoft Excel 2016 pour Windows a été utilisé pour les représentations graphiques. Les résultats des analyses nutritionnelles ont été présentés sous forme de moyenne ± écart type ; les essais effectués en triple. Le seuil de significativité a été fixé à 5 % sur la base d'une Analyse de Variance (ANOVA) couplée à un test Post Hoc (Turkey).

A horizontal pink banner with a black border, designed to look like a rolled-up scroll. It has decorative curls at both the left and right ends. The text is centered within the banner.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1- Effet du digestat sur quelques paramètres agronomiques de croissance.

Le tableau XIII présente l'effet du digestat sur la hauteur des plants, nombre de branche par plant, poids frais des tiges, volume, longueur, diamètres (apical et distal), poids frais des carottes et le rendement.

Tableau XIII : Effet du digestat sur les paramètres agronomiques de croissance des carottes.

Éléments	T0	TN	TC	TVC	T20	T50	T80	T100
Hauteur du plant (cm)	62,20±0,80 ^a	65,00±2,40 ^a	75,60±1,80 ^b	72,50±1,90 ^b	74,00±1,00 ^b	74,00±2,00 ^b	72,06±1,92 ^b	73,20±2,51 ^b
Nombre de branche / plant	8,53±0,92 ^a	10,43±0,60 ^{ab}	11,87±0,42 ^{abc}	11,17±0,85 ^{abc}	12,50±0,50 ^{bc}	11,33±0,90 ^{abc}	11,53±1,89 ^{abc}	14,43±3,01 ^c
Masse tige fraiche (g)	59,33±1,15 ^a	81,50±6,50 ^b	101,00±1,00 ^c	101,00±1,00 ^c	115,50±2,50 ^d	127,33±5,69 ^e	106,67±3,06 ^c	84,67±10,60 ^b
Volume carotte (cm³)	59,00±15,00 ^a	54,00±12,77 ^a	101,33±1,15 ^b	102,00±2,00 ^b	125,00±17,00 ^{bc}	140,00±10,00 ^c	110,67±13,50 ^b	114,67±4,51 ^b
Longueur carotte (cm)	14,75±0,08 ^a	16,86±1,76 ^b	17,02±0,02 ^b	17,11±0,41 ^b	18,04±0,56 ^{bc}	19,61±1,20 ^c	17,94±0,36 ^{bc}	19,69±0,93 ^c
Diamètre apical (cm)	3,64±0,21 ^a	3,94±0,06 ^b	4,26±0,26 ^b	4,22±0,04 ^b	4,31±0,11 ^b	4,35±0,07 ^b	4,07±0,15 ^b	4,33±0,25 ^b
Diamètre distal (cm)	2,78±0,02 ^a	2,67±0,17 ^a	3,24±0,16 ^b	3,39±0,27 ^b	3,48±0,09 ^b	3,42±0,22 ^b	3,25±0,06 ^b	3,27±0,09 ^b
Masse carotte fraiche (g)	74,67±3,51 ^a	95,33±12,50 ^{ab}	131,67±2,52 ^{cd}	115,00±13,00 ^{bc}	140,00±18,00 ^{cd}	154,00±16,00 ^d	116,00±15,00 ^{bc}	126,00±18,00 ^{bcd}
Rdt(t/ha)	78,40±3,69 ^a	100,10±13,13 ^{ab}	138,25±2,64 ^{cd}	120,75±13,65 ^{bc}	147,00±18,90 ^{cd}	161,70±16,80 ^d	121,80±15,7 ^{bc}	132,30±18,90 ^{bcd}

T0 : traitement sans fertilisant, TN : traitement avec l'engrais chimique, TC : traitement avec le compost de Tithonia, TVC : traitement avec le vermicompost, T20 : traitement avec Tithonia 20% et bouse de vache 80%, T50 : traitement avec Tithonia 50% et bouse de vache 50%, T80 : traitement avec Tithonia 80% et bouse de vache 20%, T100 : traitement avec Tithonia 100%. Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart type sur la moyenne (pourcentage de variation de la moyenne). Les valeurs affectées des lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

III.1.1- Evaluation de la hauteur des plants

La hauteur de la plante est un paramètre important pour le rendement. Les résultats montrent que quelque soit le traitement les plantes croissent jusqu'à atteindre une taille maximale de 62,20 à 75,60 cm. L'allure de croissance des plants témoins (T0) est largement inférieure à celle des plants bio fertilisés soit une augmentation de 18,97%. La différence de croissance des plants de carotte observée avec les traitements bio fertilisés peut être liée à la richesse chimique des amendements organiques utilisés et à la saison de culture.

Ces résultats sont supérieurs à ceux de **Bachirou et al. (2022)** qui ont obtenus des valeurs de 19,25 et 23,22 cm pour les plants 100% inorganiques et 33,46 - 34,65 cm pour les plants 100% organiques pour les cultures de racines de carotte produites avec des amendements de litière de volaille dérivée du compost et de poudre de vivianite (rocher retrouvé dans la région de l'Adamaoua Cameroun).

III.1.2- Evaluation du nombre de branche par plants, de la masse des tiges fraîches.

Les feuilles sont les organes responsables de la photosynthèse. Les résultats montrent des valeurs comprises entre 8,53 et 14,43 branches. Le traitement T100 a amélioré significativement ($p < 0,05$) le nombre de branches par plant de carotte par rapport aux autres traitements. TC, TVC, T50 et T80 ne sont pas significativement différents et sont différents de TN, T20 et T100. Pour la masse des tiges les valeurs varient de 59,33 g pour le témoin négatif à 127,33 g pour le traitement T50. Le traitement T50 ayant la valeur la plus élevée.

Ces résultats corroborent avec ceux de **Bachirou et al. (2022)** à Ngaoundéré sur l'étude de la combinaison de litière de volaille dérivée du compost et de poudre de vivianite : engrais biologique approprié pour améliorer la croissance et le rendement des racines de *Daucus carota* L et ceux de **Coulibaly et al. (2018)** en Côte d'Ivoire sur l'étude de l'influence du compost et de l'engrais chimique de synthèse sur la croissance de quatre variétés de carottes. Ces auteurs rapportent que les plants de carottes amendés avec du compost avaient un nombre moyen de feuilles par plant de 10,00. L'étude de plusieurs auteurs a révélé qu'il existe une corrélation positive et significative entre la hauteur de la plante et la production de feuilles, augmenter le nombre de feuilles de carottes entraînerait une augmentation de l'activité photosynthétique et par conséquent une augmentation de la production de carottes.

III.1.3- Evaluation de la longueur et du volume de la carotte.

La racine est un élément important pour la plante car elle permet de puiser dans le sol l'eau et les minéraux dissous dont l'appareil végétatif a besoin pour alimenter la photosynthèse. Les résultats montrent un volume de racine qui varie de 59,00 cm³ pour le témoin négatif à

140,00 cm³ pour le traitement T50. Le traitement T50 ayant la valeur la plus élevée et une longueur de la racine qui varie de 14,75 (T0) à 19,69 cm pour le (T100). Ils montrent une différence à un seuil de 5% entre le témoin négatif (T0), les témoins positifs (TN, TC, TVC) et les autres traitements (T20, T50, T80, T100).

Ceci pourrait être lié au nombre important de feuilles par plant. Car selon **Péron (2006)** et **Lebas (2012)**, au cours du deuxième mois de végétation, les plants de carotte développent un feuillage dont l'importance est primordiale pour l'alimentation de la racine. En effet, une surface foliaire abondante est le plus souvent à l'origine d'une activité photosynthétique importante marquée par un rendement élevé subséquent à l'accumulation des éléments nutritifs dans la racine.

Ces résultats corroborent avec ceux de **Habimana et al. (2014)**. En effet, ces auteurs avaient observé que la longueur de la racine varie de 15,77 à 19,50 cm. De plus, des études de **Moniruzzaman et al., (2013)** ont rapporté que la longueur des racines varie de 15,39 à 17,19 cm, qui va dans le même sens avec ceux de **Megueni et al. (2017)** réalisées dans l'Adamaoua Cameroun.

III.1.4- Evaluation du diamètre apical et distal

Le diamètre apical représente le diamètre au collet de la racine et le diamètre distal celui au milieu de la racine. Les diamètres apicaux varient de 3,64 à 4,35 cm. Les résultats montrent une différence de significativité de 5 % entre le témoin négatif (T0) qui a le plus petit diamètre et les autres traitements ayant reçus les fertilisants.

Le diamètre distal varie de 2,78 à 3,48 cm, il y'a une différence significative entre le témoin négatif (T0), TN et les autres traitements.

On constate ici que les traitements avec de la bouse de vache ont de meilleur valeur ceci peut être justifié par le fait que la bouse de vache apporterait une amélioration des propriétés physico-chimiques du sol en éléments majeurs tel que décrit par **Ognalaga et al. (2017)** sur la culture du Manioc. Selon **Ognalaga et al. (2015)**, le phosphore et l'azote sont des éléments fertilisants majeurs qui assurent des bonnes performances pour la croissance et le rendement des végétaux.

Ces résultats corroborent avec ceux obtenues par **Djoufack et al. 2020** qui ont montré l'effet des types d'engrais sur les paramètres de rendement, la douceur et la qualité nutritionnelle des génotypes de carotte.

III.1.5- Evaluation de la masse des carottes fraîches et du rendement

Les résultats de la masse varient de 74,67 à 154 g. Les masses moyennes des traitements (T20, T50, T80 et T100) sont significativement plus élevées que ceux des lots témoins (négatif T0 et positifs TN, TC, TVC). Une différence de 40 g qui peut être attribuée d'après **Dauda et al. (2008)** à la capacité des nutriments à promouvoir la croissance, à augmenter les activités myristématique et physiologique dans la plante due à l'approvisionnement en nutriments et à améliorer les propriétés du sol.

Ces résultats sont supérieurs à ceux trouvés par **Megueni et al. (2017)** lors d'une étude sur la productivité sur le terrain de la carotte (*Daucus carota L.*) dans l'Adamaoua Cameroun et propriétés chimiques des racines selon les prétraitements du fumier de poulet et de la poudre de vivianite qui avaient des valeurs qui oscillaient entre 18,60 g pour le témoin à 76,58 g pour le fumier.

Les différents types de traitements ont des effets très significatifs sur le rendement de la carotte, la plus forte production de carotte est observée avec le traitement T50 de 161,70 t/ha (Tithonia 50 % et bouse de vache 50%). Ceci pourrait être lié au nombre de feuilles par plant également important.

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **Coulibaly et al. (2018)** lors d'une étude sur la caractérisation agronomique, physico-chimique et nutritionnelle de quatre variétés hybrides de carotte (*Daucus carota*) au nord de la Côte d'Ivoire qui avaient des valeurs comprises entre 15 et 25 t/ha et ceux de **Biaou et al. (2017)** ayant des valeurs de 19,09 à 29,40 t/ha lors de l'étude portant sur l'effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota L.*) sur sol ferrallitique au sud du Bénin.

III.1.6-Effet des traitements sur la durée de la conservation *post-récolte* des carottes

Les figures 6 et 7 montrent l'évolution du coefficient de conservation *post-récolte* à température ambiante et au réfrigérateur à 4°C des carottes en fonction des traitements appliqués.

Le coefficient de conservation est un paramètre qui renseigne sur l'état de consommation d'une carotte.

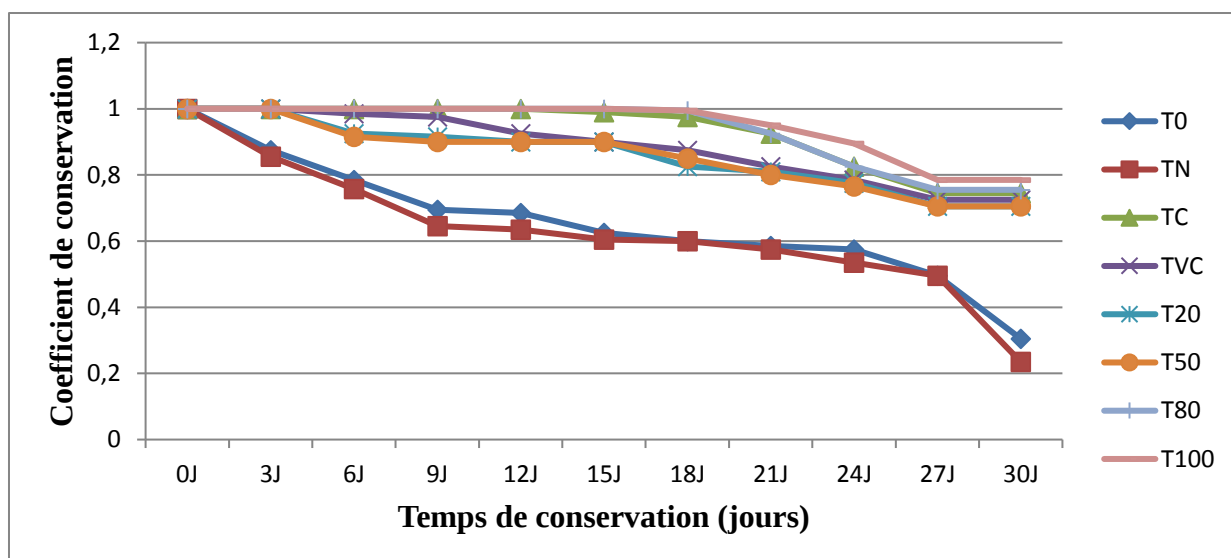


Figure 6: Evolution du coefficient de conservation post-récolte à température ambiante des carottes en fonction des différents traitements

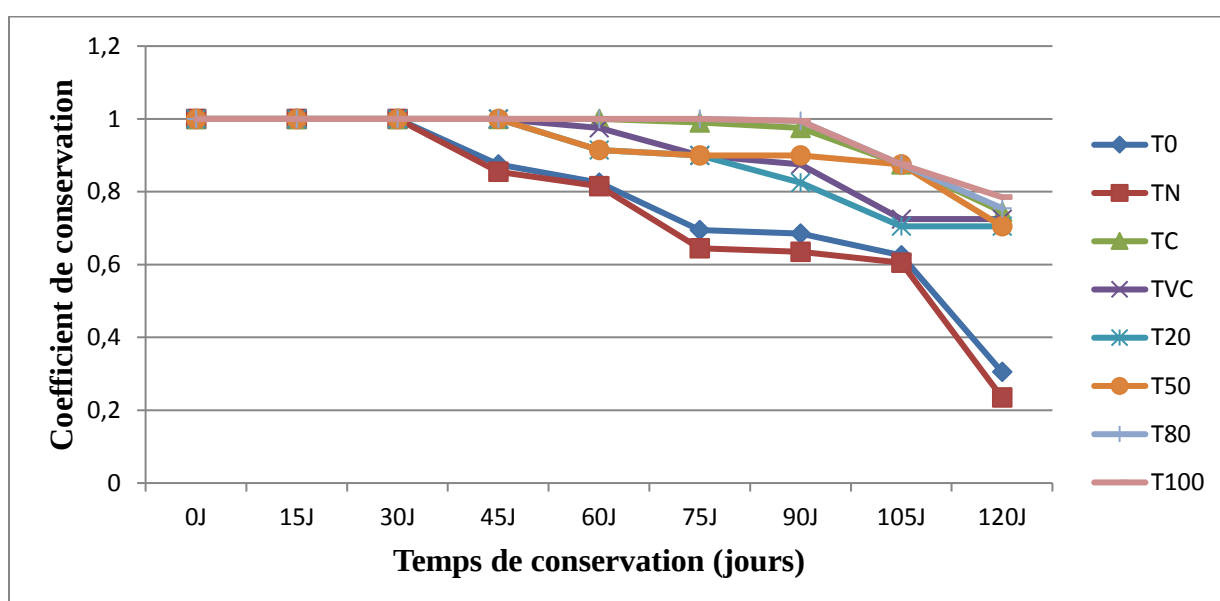


Figure 7: Evolution du coefficient de conservation post-récolte au réfrigérateur à 4°C des carottes en fonction des différents traitements

Il ressort de ces figures que le coefficient de conservation post-récolte a varié en fonction du type de traitement et d'entreposage. Ils ont permis de déterminer la durée de conservation des carottes qui est représenté dans le tableau suivant :

Tableau XIV: Durée de conservation post-récolte à température ambiante et au réfrigérateur à 4°C des carottes en fonction des différents traitements

Traitement	Durée de conservation à température ambiante (intervalle de jours)	Durée de conservation au réfrigérateur à 4°C (intervalle de jours)
T0	[3 - 5]	[60 - 70]
TN	[3 - 5]	[60 - 70]
TC	[24 - 26]	[105 - 115]
TVC	[21 - 23]	[90 - 100]
T20	[21 - 23]	[90 - 100]
T50	[21 - 23]	[105 - 115]
T80	[24 - 26]	[105 - 115]
T100	[24 - 26]	[105 - 115]

Il est à noter qu'à partir du tableau XIV, les carottes ayant reçu les traitements T100, T80, T50 et TC ont montré les durées de conservation les plus grandes, suivies de celles traitées avec TVC et T20. Les traitements T0 et TN ont entraînés les plus courtes durées de conservation *post-récolte* des carottes. Ceci serait dû au contenu élevé en antioxydants et en molécules bioactives des racines des lots T100, T80, T50 et TC, qui d'après **Debbab (2014)** retardent l'apparition des infections *post-récolte* pendant leur entreposage et ralentissent leur propagation et à leur teneur en eau. Nos résultats sont supérieurs à ceux de **Keambou (2017)** sur les fruits de poivron produits avec un mélange de *T.diversifolia* et *Cymbopogon citratus*.

III.2- Effet du digestat sur la qualité sensorielle des racines de carottes

La figure 8 présente les scores obtenus après analyse sensorielle.

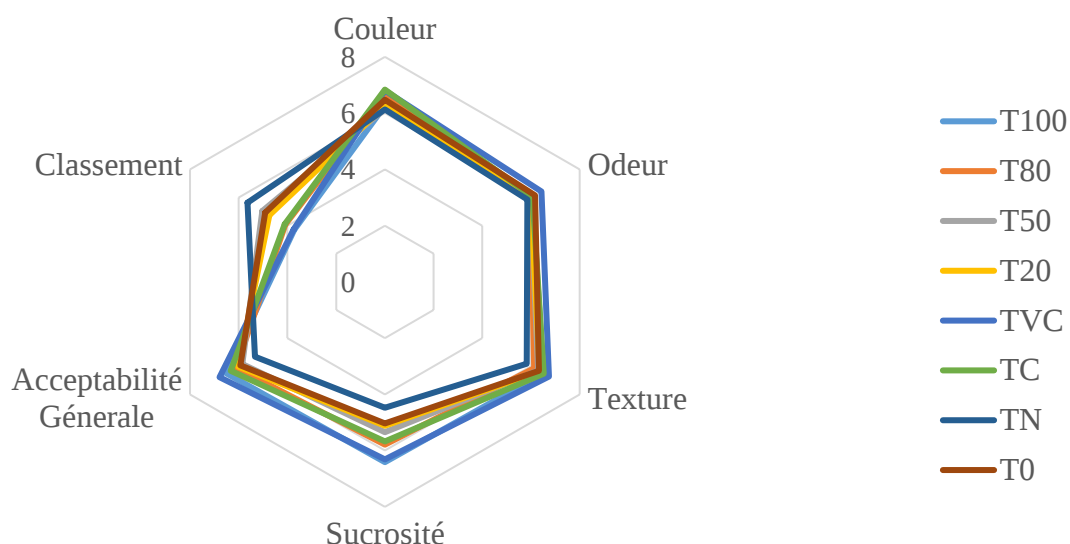


Figure 8: Scores de la couleur, l'odeur, la texture, la sucrosité, l'acceptabilité générale et le classement des carottes produites.

★ La couleur

La figure 8 présente le score pour le descripteur couleur. Il n'y a pas de différence significative ($p < 0,05$) entre tous les échantillons. Les scores obtenus sont de $6,48 \pm 1,09$ pour le traitement T0 ; $6,25 \pm 1,54$ pour TN ; $6,90 \pm 1,13$ pour TC ; $6,80 \pm 1,35$ pour TVC ; $6,26 \pm 1,59$ pour T20 ; $6,15 \pm 1,72$ pour T50 ; $6,67 \pm 1,76$ pour T80 et $6,26 \pm 1,75$ pour T100.

★ L'odeur

Il ressort de la figure 8 qu'il n'existe pas de différence significative ($p < 0,05$) entre tous les échantillons pour le descripteur odeur. Les scores obtenus sont de $6,16 \pm 1,22$ pour le traitement T0 ; $5,93 \pm 1,35$ pour TN ; $6,13 \pm 1,32$ pour TC ; $6,43 \pm 1,16$ pour TVC ; $5,98 \pm 1,43$ pour T20 ; $5,98 \pm 1,43$ pour T50 ; $5,98 \pm 1,60$ pour T80 et $6,05 \pm 1,31$ pour T100.

★ La texture

D'après l'analyse sensorielle des différents échantillons, les résultats obtenus présentent une différence significative ($p < 0,05$) entre TN et TVC. Ces résultats sont $6,33 \pm 1,52$ pour le traitement T0 ; $5,88 \pm 1,64$ pour TN ; $6,54 \pm 1,28$ pour TC ; $6,74 \pm 1,20$ pour TVC ; $6,36 \pm 1,34$ pour T20 ; $6,30 \pm 1,41$ pour T50 ; $5,13 \pm 1,61$ pour T80 et $6,51 \pm 1,42$ pour T100.

★ La sucrosité

Le descripteur sucrosité est présenté dans la figure 8. Les échantillons ont obtenu les scores de $5,03 \pm 1,58$ pour le traitement T0 ; $4,60 \pm 1,77$ pour TN ; $5,79 \pm 1,71$ pour TC ; $6,31 \pm 1,39$ pour TVC ; $5,11 \pm 1,92$ pour T20 ; $5,34 \pm 1,76$ pour T50 ; $5,79 \pm 2,02$ pour T80 et $6,41 \pm 1,53$ pour

T100. L'analyse statistique montre qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre tous les échantillons. La fertilisation fait partie des facteurs qui affectent la qualité sensorielle de la carotte en contribuant à l'absorption par la plante des constituants présents dans le sol.

★ L'acceptabilité générale

L'acceptabilité générale des échantillons présentée dans la figure 8 montre des différences significatives. Les scores obtenus sont de $5,93 \pm 1,25$ pour le traitement T0 ; $5,47 \pm 1,62$ pour TN ; $6,40 \pm 1,24$ pour TC ; $6,79 \pm 1,28$ pour TVC ; $6,02 \pm 1,59$ pour T20 ; $5,85 \pm 1,60$ pour T50 ; $6,11 \pm 1,94$ pour T80 et $6,51 \pm 1,51$ pour T100.

★ Le classement

La figure 8 présente le résultat de l'analyse sensorielle pour le descripteur classement. L'analyse statistique montre une différence significative ($p < 0,05$) entre les échantillons. Les scores obtenus sont de $4,92 \pm 2,16$ pour le traitement T0 ; $5,66 \pm 2,12$ pour TN ; $4,14 \pm 1,84$ pour TC ; $3,74 \pm 2,36$ pour TVC ; $4,74 \pm 2,07$ pour T20 ; $5,03 \pm 2,12$ pour T50 ; $4,08 \pm 2,62$ pour T80 et $3,72 \pm 2,32$ pour T100. L'échantillon T100 a donc été le plus apprécié et le TN et T50 les moins appréciés.

Ceci pourrait s'expliquer par sa teneur en sucres totaux ; en effet la qualité des racines de carotte est en partie déterminée par la teneur en sucre qui contribue à un goût agréable.

III.3- Caractérisation Nutritionnelle.

III.3.1- Macronutriments

Les tableaux 15 et 16 résument respectivement les teneurs en eau et matière sèche et en macronutriments (protéines totales, sucres totaux et fibres brutes) des carottes produites.

Tableau XV: Teneurs en eau et en matière sèche des carottes produites

Echantillons	Teneur en eau (%)	Matière sèche (%)
T0	73,77±0,00 ^b	26,23±0,00 ^b
TN	72,83±0,85 ^{ab}	27,17±0,85 ^{bc}
TC	75,80±0,39 ^c	24,20±0,39 ^a
TVC	71,51±0,59 ^a	28,49±0,59 ^c
T20	73,37±0,69 ^b	26,63±0,69 ^b
T50	73,75±0,72 ^b	26,25±0,72 ^b
T80	74,16±0,72 ^{bc}	25,84±0,72 ^{ab}
T100	74,16±0,40 ^{bc}	25,84±0,40 ^{ab}

T0 : traitement sans fertilisant, TN : traitement avec l'engrais chimique, TC : traitement avec le compost de Tithonia, TVC : traitement avec le vermicompost, T20 : traitement avec Tithonia 20% et bouse de vache 80%, T50 : traitement avec Tithonia 50% et bouse de vache 50%, T80 : traitement avec Tithonia 80% et bouse de vache 20%, T100 : traitement avec Tithonia 100%. Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart type sur la moyenne (pourcentage de variation de la moyenne). Les valeurs affectées des lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

La teneur en eau d'un aliment est un paramètre important car, elle permet entre autre d'estimer sa durée de vie et son mode de conservation. Plus elle est faible, plus la durée de conservation est longue. Ce qui explique la longue durée de vie de nos produits.

Les résultats montrent des teneurs en eau comprises entre 71,51 et 75,80%. L'analyse statistique des teneurs en eau révèle qu'il n'y a pas de différence significative à un seuil de 5 % entre les traitements fait à base du digestat. Il y'a une différence significative au seuil de 5% entre les traitements faits à base du digestat et les témoins positifs (TN, TC et TVC) et négatif (T0). Ceci peut être due au fait que les plants de carotte ne répondaient pas à la même manière d'absorption de l'eau du sol après l'application d'engrais. En effet la fumure organique en augmentant la richesse du sol, améliore la disponibilité en eau du sol et la capacité de rétention des nutriments par la plante **Agbede et al. (2017)**.

Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par **Coulibaly et al. (2018)** qui ont trouvé des teneurs en eau variant de 86,21 à 87,2 % lors de l'étude portant sur la caractérisation agronomique, physico-chimique et nutritionnelle de quatre variétés hybrides de carotte (*Daucus carota*) au nord de la Cote d'Ivoire.

Tableau XVI: Caractérisation en macronutriments des carottes produites

Echantillons	Protéines totales (g/100g MS)	Sucres totaux (g/100g MS)	Fibres brutes (g/100g MS)	Cendres (g/100g MS)
T0	7,84±0,02 ^a	21,56±0,84 ^a	7,59±0,07 ^c	8,58±0,13 ^d
TN	8,81±0,03 ^b	32,24±0,82 ^b	10,50±0,21 ^g	7,96±0,08 ^c
TC	9,63±0,03 ^c	52,99±0,87 ^c	8,74±0,13 ^e	9,91±0,13 ^e
TVC	11,00±0,00 ^g	118,57±0,75 ^e	7,98±0,07 ^d	6,44±0,19 ^a
T20	9,85±0,03 ^d	110,30±0,37 ^d	6,81±0,09 ^a	6,18±0,07 ^a
T50	10,40±0,04 ^f	154,95±0,70 ^g	12,15±0,21 ^h	14,29±0,37 ^f
T80	9,87±0,11 ^d	130,70±0,17 ^f	9,41±0,65 ^f	7,14±0,08 ^b
T100	10,08±0,03 ^e	118,75±0,82 ^e	7,16±0,45 ^b	8,68±0,23 ^d

T0 : traitement sans fertilisant, TN : traitement avec l'engrais chimique, TC : traitement avec le compost de Tithonia, TVC : traitement avec le vermicompost, T20 : traitement avec Tithonia 20% et bouse de vache 80%, T50 : traitement avec Tithonia 50% et bouse de vache 50%, T80 : traitement avec Tithonia 80% et bouse de vache 20%, T100 : traitement avec Tithonia 100%. Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne $\pm$ écart type sur la moyenne (pourcentage de variation de la moyenne). Les valeurs affectées des lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

★ Protéines totales

De ce tableau il ressort que les teneurs en protéines des échantillons traitées avec le digestat varient de 9,85 pour le traitement T20 à 10,40 g/100g MS pour le traitement T50 ; pour les témoins les valeurs varient de 7,84g pour le T0 à 11,00g/100g MS pour le traitement TVC. On constate que le traitement T50 a la teneur en protéines la plus élevée après celle du témoin positif TVC soit une augmentation de 32,65% ceci pourrait être dû à une libération rapide d'azote et à une assimilation immédiate de ce dernier par la plante.

Ces valeurs corroborent avec celle trouvées par **Olaleke et al. (2022)** lors de l'étude comparative sur la composition nutritionnelle et anti nutritionnelle de la carotte et du concombre qui ont trouvé une valeur de 9,39 g/100g et sont supérieures à celles trouvées par **Coulibaly et al. (2018)** lors de leurs travaux portant sur la caractérisation agronomique, physico-chimique et nutritionnelle de quatre variétés hybrides de carotte (*Daucus carota*) au nord de la Côte d'Ivoire.

★ Sucres totaux

Les teneurs en sucres totaux (tableau 14) varient de $21,56 \pm 0,87$ g/100 g MS (T0) à $154,95 \pm 0,70$ g/100 g MS (T50). Le test ANOVA révèle qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents traitements. Le traitement T50 ayant la valeur la plus élevée ceci pourrait s'expliquer par la libération en quantité suffisante d'azote et de potassium dans le sol et donc l'absorption par les racines. Selon **Eman et Samch (2013)** les engrais azotés et potassiques appropriés sont essentiels pour un rendement en sucre mais un excès de ces nutriments diminue la teneur en sucre ; de plus le potassium participe à la synthèse des glucides par le transport des sucres des feuilles à la racine.

Ces valeurs sont supérieures à celles obtenus par **Olaleke et al. (2022)** lors de leur étude comparative sur la composition nutritionnelle et anti nutritionnelle de la carotte et du concombre et à celle de **Djoufack et al. (2020)** lors de leur étude sur l'effet des types d'engrais sur les paramètres de rendement, la douceur et la qualité nutritionnelle des génotypes de carotte qui ont trouvés des valeurs comprises entre 60 à 70g.

★ Fibres brutes

Les valeurs des fibres brutes varient entre 6,18 g/100g pour T20 (Tithonia 20 % et bouse de vache 80%) à 12,15 g/100g pour T50 (Tithonia 50 % et bouse de vache 50%). L'analyse statistique révèle une différence significative entre tous les traitements.

Ces valeurs corroborent avec celles trouvées par **Olaleke et al. (2022)** qui ont trouvé 13,04 g/100 MS lors de leur étude comparative sur la composition nutritionnelle et anti nutritionnelle de la carotte et du concombre.

★ Cendres

De ces résultats, il ressort que les valeurs varient de 6,18g/100g à 14,29/100g. Elles présentent des différences significatives au seuil de 5 % entre tous les traitements. Le traitement T50 (Tithonia 50 % et bouse de vache 50%) présente la valeur la plus élevée, cette valeur est significativement supérieure à celles des autres traitements.

Ces résultats sont largement supérieurs à ceux trouvés de 0,89 à 1,3 % par **Coulibaly et al., (2018)** lors de leurs travaux portant sur la caractérisation agronomique, physico-chimique et nutritionnelle de quatre variétés hybrides de carotte (*Daucus carota*) au nord de la cote d'ivoire.

La teneur en cendre représente le pourcentage de la fraction minérale dans l'aliment, plus elle est élevée plus le contenu en minéraux est important. Ainsi les carottes du lot de T50 seraient plus riches en cendre.

III.3.2- Composition en composés bioactifs

Le Tableau XVII résume les teneurs en composés bioactifs (vitamine C, composés phénoliques et caroténoïdes) des carottes produites.

Tableau XVII : teneurs en composés bioactifs des carottes produites.

Echantillons	Vitamine C (mg/100g MS)	Composés phénoliques (mg EAG/100g MS)	Caroténoïdes (mg/100g MS)
T0	81,43±0,00 ^d	2946,30±0,10 ^h	7,92±0,02 ^a
TN	42,24±0,38 ^a	1202,09±0,17 ^c	21,18±0,02 ^h
TC	88,95±0,72 ^e	1917,63±0,18 ^f	14,60±0,02 ^e
TVC	57,61±0,70 ^c	991,00±0,71 ^a	18,61±0,02 ^g
T20	81,59±0,27 ^d	1997,48±0,17 ^g	8,62±0,01 ^b
T50	134,57±0,24 ^e	1079,57±0,58 ^b	16,50±0,02 ^f
T80	102,84±0,47 ^{bc}	1841,06±0,61 ^e	11,95±0,02 ^d
T100	45,10±0,71 ^b	1467,23±0,93 ^d	10,90±0,02 ^c

T0 : traitement sans fertilisant, TN : traitement avec l'engrais chimique, TC : traitement avec le compost de *Tithonia*, TVC : traitement avec le vermicompost, T20 : traitement avec *Tithonia* 20% et bouse de vache 80%, T50 : traitement avec *Tithonia* 50% et bouse de vache 50%, T80 : traitement avec *Tithonia* 80% et bouse de vache 20%, T100 : traitement avec *Tithonia* 100%. Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart type sur la moyenne (pourcentage de variation de la moyenne). Les valeurs affectées des lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

★ Vitamine C

Du tableau XVII, on note que les valeurs des témoins (T0, TN, TC et TVC) oscillent respectivement entre 42,24 à 88,95 mg/100g et des biofertilisants de 45,10 à 134,57 mg/100g. Elles présentent une différence significative à $p < 0,05$ entre tous les traitements ; les racines de carottes issues du traitement T50 (*Tithonia* 50% et bouse de vache 50) sont plus riches en vitamine C que celles récoltées des autres traitements. Ces différences peuvent être dues aux micronutriments et matières organiques contenus dans les biofertilisants qui pourraient améliorer la fertilité du sol et faciliter l'absorption des éléments nutritifs donc la plante a besoin pour synthétiser cette vitamine.

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **Megueni et al. (2017)** lors de la productivité sur le terrain de la carotte (*Daucus carota L.*) dans l'Adamaoua Cameroun et propriétés chimiques des racines selon les prétraitements du fumier de poulet et de la poudre de vivianite qui avait des valeurs comprises entre 3,97 pour le témoin à 9,60 mg/100g pour le biofertilisant.

★ Composés phénoliques

Chacun des extraits testés contient des composés phénoliques, les valeurs varient de 991,00 à 2946,30 mg équivalent acide gallique pour 100 g de matière sèche. Ces teneurs présentent une différence significative entre elles à $p < 0,05$. On observe ici que plus on augmente la quantité de *Tithonia diversifolia* plus les teneurs en composés phénoliques de nos traitements diminuent soit un taux de réduction de $- 32,20\%$; le témoin négatif T0 ayant la valeur la plus élevée. Ceci peut être dû à la quantité importante d'azote et au système de culture. En effet l'azote est un élément important pour la croissance de la plante, mais si ce dernier est en quantité élevée il influe sur les teneurs en métabolites secondaires notamment les composés phénoliques et favorise la synthèse des protéines.

Ces teneurs corroborent avec celles obtenues par **Keambou. (2017)** qui a trouvé des teneurs égales à 1990,00 mg d'équivalent acide gallique/100 g MS pour des fruits de poivron obtenus à partir de la culture avec d'intrants d'origine végétale (*Tithonia diversifolia* et *Cymbopogon citratus*).

★ Caroténoïdes totaux

Le tableau XVII révèle que les teneurs en caroténoïdes totaux de nos échantillons varient de 7,92 (traitement T0) à 21,18 (traitement TN) mg /100g MS. Elles présentent une différence significative à $p < 0,05$ entre tous les traitements, on observe ici que le traitement T50 aux proportions *Tithonia* 50 et bouse de vache 50 a donné la meilleur teneur en caroténoïdes par rapport aux autres traitements du digestat. Ceci pourrait être lié aux différents éléments nutritifs apportés par chaque intrant à des proportions égales et à leur effet croissant sur la synthèse des caroténoïdes dans les carottes car d'après **Tatjana et al. (2012)** le niveau de caroténoïdes varie avec les conditions de culture, la lumière ainsi que la présence d'engrais.

Ces valeurs corroborent avec celles obtenus par **Djoufack et al. (2020)** lors de leur étude sur l'effet des types d'engrais sur les paramètres de rendement, la douceur et la qualité nutritionnelle des génotypes de carotte qui ont obtenus des valeurs variant de 9,24 à 70 mg et

celles obtenues par **Megueni et al. (2017)** lors de la productivité sur le terrain de la carotte (*Daucus carota L.*) dans l'Adamaoua Cameroun et propriétés chimiques des racines selon les prétraitements du fumier de poulet et de la poudre de vivianite qui avait des valeurs variant de 0,85 mg pour le témoin à 10,86 mg pour le traitement au fumier.

III.3.3- Influence du digestat sur la composition en minéraux (mg/100 g MS)

Le Tableau XVIII: teneurs en minéraux (Mg, P, Ca et Fe) des carottes produites.

Echantillons	Mg (mg/100g MS)	P (mg/100g MS)	Ca (mg/100g MS)	Fe (mg/100g MS)
T0	9,82±0,34 ^a	15,53±0,32 ^a	15,84±0,88 ^a	0,61±0,20 ^a
TN	13,54±0,44 ^c	24,02±0,55 ^b	23,76±0,88 ^c	3,41±0,11 ^b
TC	10,15±0,34 ^{ab}	16,10±0,32 ^a	18,48±0,88 ^b	3,67±0,41 ^b
TVC	10,83±0,34 ^b	37,85±0,00 ^c	24,73±0,09 ^c	3,80±0,11 ^b
T20	22,34±0,24 ^e	41,91±0,32 ^d	38,72±0,88 ^f	12,74±0,20 ^e
T50	19,29±0,34 ^d	42,83±0,00 ^d	34,61±0,51 ^e	12,22±0,11 ^e
T80	18,61±0,84 ^d	45,04±0,00 ^e	32,03±0,09 ^d	10,78±0,20 ^d
T100	13,20±0,34 ^c	56,11±0,55 ^f	32,56±0,09 ^d	10,07±0,11 ^c

T0 : traitement sans fertilisant, TN : traitement avec l'engrais chimique, TC : traitement avec le compost de *Tithonia*, TVC : traitement avec le vermicompost, T20 : traitement avec *Tithonia* 20% et bouse de vache 80%, T50 : traitement avec *Tithonia* 50% et bouse de vache 50%, T80 : traitement avec *Tithonia* 80% et bouse de vache 20%, T100 : traitement avec *Tithonia* 100%. Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart type sur la moyenne (pourcentage de variation de la moyenne). Les valeurs affectées des lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

★ Magnésium (Mg)

La teneur en magnésium la plus élevée est retrouvée dans le traitement T20 (*Tithonia* 20% et bouse de vache 80%) (22,34 mg), le lot T0 exhibant la valeur la plus basse (9,82 mg/100g MS), la différence entre ces différentes teneurs est significative ($p < 0,005$).

Ces valeurs sont inférieures à ceux obtenus par **Biaou et al. (2017)** lors de l'étude portant sur l'effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota L.*) sur sol ferrallitique au sud du Bénin.

★ Phosphore

Les résultats de l'analyse statistique montre des teneurs en phosphore variant de 15,53 mg pour le lot au traitement T0 à 56, 11 mg/100g MS pour le lot au traitement T100 ; il existe une différence significative entre ces teneurs ($p < 0,005$).

Ces teneurs corroborent avec celles obtenues par **Keambou. (2017)** qui a trouvé des teneurs égales à 130 mg/100 g MS pour des fruits de poivron obtenu à partir de la culture avec d'intrants d'origine végétal (*Tithonia diversifolia* et *Cymbopogon citratus*).

La consommation des racines de carottes produites avec nos traitements contribuerait à la formation des os chez les enfants.

✱ Calcium (Ca)

Les teneurs en Calcium varient de 15,84 mg pour le témoin T0 à 38,72 mg/100g MS pour le lot ayant le traitement T20 (*Tithonia* 20 % et bouse de vache 80 %). Ces valeurs présentent une différence significative au seuil de 5 %. Cette différence peut être attribuée relativement à la libération d'une grande quantité de calcium dans la solution du sol par nos traitements. En effet d'après **Bokhtiar et Sakurai (2005)** la fertilisation organique augmente la composition minérale du sol et donc la plante en absorbant les éléments nutritifs du sol augmente aussi ses composants. Elles sont inférieures aux valeurs trouvées par **Djoufack et al. (2020)** qui ont trouvé des valeurs comprises entre 25,11 mg et 387,25 mg/100g MS lors de leur étude sur l'effet des types d'engrais sur les paramètres de rendement, la douceur et la qualité nutritionnelle des géotypes de carotte.

✱ Fer (Fe)

Les teneurs en Fer obtenues, varient en fonction des traitements et présentent une différence significative ($p < 0,005$). Le traitement T20 (*Tithonia* 20 % et Bouse de vache 50 %) ayant la valeur la plus élevée à savoir 12,74 mg et le traitement témoin T0 ayant la valeur la plus basse qui est de 0,61 mg /100 g MS. Ces valeurs sont inférieures aux valeurs trouvées par **Djoufack et al. (2020)** qui ont trouvé des valeurs comprises entre 8,87 mg et 58,49 mg/100g MS lors de leur étude sur l'effet des types d'engrais sur les paramètres de rendement, la douceur et la qualité nutritionnelle des géotypes de carotte. Ceci peut être dû au fait que le carbone organique n'a pas agi de manière totale comme source d'énergie pour les microorganismes du sol qui sous l'effet de la minéralisation libèrent les acides organiques qui réduisent le pH du sol et améliore par ricochet la disponibilité du fer **Bokhtiar et Sakurai. (2005)**.

III.3.4- Evaluation du potentiel antioxydant in vitro

Pour évaluer le potentiel antioxydant des extraits in vitro, différentes méthodes ont été développées tels que FRAP, DPPH. Les résultats sont présentés dans le tableau 19 ci-dessous :

Tableau XIX: capacité antioxydante totale

Echantillons	FRAP (mg EAG/g MS)	DPPH CI 50 (µg/ml)
T0	3125,72±0,00 ^c	37,32±0,07 ^d
TN	2644,80±0,57 ^b	35,40±0,48 ^c
TC	2333,88±0,01 ^a	34,49±0,17 ^b
TVC	3853,64±0,10 ^e	28,69±0,05 ^a
T20	5492,44±0,58 ^h	38,57±0,33 ^e
T50	3351,30±0,58 ^d	53,69±0,26 ^b
T80	5366,55±0,51 ^g	40,67±0,26 ^f
T100	4447,67±0,96 ^f	41,65±0,30 ^g
Acide gallique	142,11±3,10	0,67±0,00

T0 : traitement sans fertilisant, TN : traitement avec l'engrais chimique, TC : traitement avec le compost de Tithonia, TVC : traitement avec le vermicompost, T20 : traitement avec Tithonia 20% et bouse de vache 80%, T50 : traitement avec Tithonia 50% et bouse de vache 50%, T80 : traitement avec Tithonia 80% et bouse de vache 20%, T100 : traitement avec Tithonia 100%. Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart type sur la moyenne (pourcentage de variation de la moyenne). Les valeurs affectées des lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

III.3.4. 1- Pouvoir réducteur du fer (FRAP)

L'activité de réduction des ions ferriques en ions ferreux a été exprimée en nombre d'équivalent de FeSO₄ à partir de la courbe d'étalonnage (annexe 5). Les résultats des analyses ont été exprimés en mg d'EAG/g de MS et présentés dans le tableau ci-dessus.

Il en ressort que les extraits obtenus possèdent tous un pouvoir réducteur avec des valeurs significativement supérieures ($p < 0,05$) à celle de l'acide gallique (142,11±3,10mg de FeII/100g MS). À cet effet, le traitement T20 (Tithonia 20% et bouse de vache 80 %) exerce la meilleure activité réductrice sur les ions ferriques (5492,44±0,58 mg de FeII/100g MS).

III.3.4.2- Test de piégeage du radical DPPH

Les CI₅₀ sont inversement proportionnel à l'effet scavenger dont les valeurs faibles reflètent un effet antiradicalaire important **Fadili et al. (2017)**. Les CI₅₀ des extraits aqueux

testés étaient respectivement de $37,32 \pm 0,07 \mu\text{g/mL}$; $35,40 \pm 0,48 \mu\text{g/mL}$; $34,49 \pm 0,17 \mu\text{g/mL}$; $28,69 \pm 0,05 \mu\text{g/mL}$; $38,57 \pm 0,33 \mu\text{g/mL}$; $53,69 \pm 0,26 \mu\text{g/mL}$; $40,67 \pm 0,26 \mu\text{g/mL}$ et $41,65 \pm 0,30 \mu\text{g/mL}$ pour le T0, TN, TC, TVC, T20, T50, T80 et T100. Ces activités significativement différentes entre elles ($p < 0,05$), sont largement inférieures à celle obtenue avec l'acide gallique ($0,67 \pm 0,00 \mu\text{g/mL}$) utilisé comme antioxydant de référence.

A pink scroll graphic with a black outline, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends. The text is centered within the horizontal strip.

*CONCLUSION,
RECOMMENDATIONS ET
PERSPECTIVES*

CONCLUSION

Au terme de cette étude dont l'objectif général était d'évaluer l'effet du digestat à base de *Tithonia diversifolia* et de bouse de vache sur les paramètres agronomiques de croissance et les qualités organoleptique et nutritionnelle de la carotte il en ressort que :

- L'utilisation du digestat à base de *T. diversifolia* et de Bouse de vache a permis une amélioration du nombre de branche par plant ; masse des tiges fraîches ; du volume, diamètre, de la longueur, masse fraîche et du rendement en racine de la carotte et une meilleure conservation *post-récolte*.
- Les carottes les plus appréciées par les panélistes étaient celles provenant des plants traités à l'aide du digestat à base de *T. diversifolia* et de Bouse de vache notamment en ce qui concerne la sucrosité.
- Le digestat à base de *T. diversifolia* et de Bouse de vache a eu un impact positif sur la teneur en protéines brutes, sucres totaux, fibres brutes, minéraux, vitamine C, caroténoïdes, antioxydants.

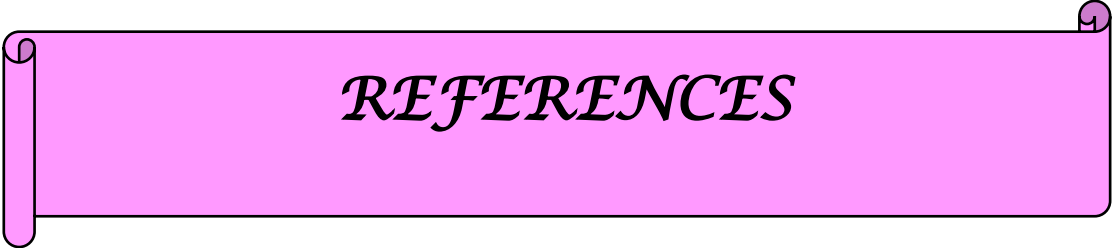
RECOMMANDATION ET PERSPECTIVES

RECOMMANDATION

A la fin de cette étude, nous recommandons aux producteurs camerounais d'utiliser les engrais biologiques à base de *T. diversifolia* pour la production des carottes du fait de leur potentiel à améliorer la production et le potentiel nutritionnel.

PERSPECTIVES

- Formuler des aliments enrichis avec les carottes produites à partir d'intrants biologiques ;
- Analyser *in vivo* l'effet de ces composés bioactifs dans la lutte contre certaines pathologies ;
- Faire la métabolémique des carottes produites avec les intrants biologiques ;
- Evaluer l'effet du digestat sur la teneur en antinutriments des carottes produites.



REFERENCES

BIBLIOGRAPHIE

- A.O.A.C. (1980).** Official Methods of Analysis (13th Ed) William Horwitz, Washington, D.C. *Association of Official Analytical Chemistry*. 154.
- AFNOR. (1981).** Recueil de normes françaises. Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés. AFNOR, Paris (France). 54.
- AFNOR (Association Française pour la Normalisation) (1984).** Produits alimentaires : directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. In Godon B. and Popineau. *Guide pratique des céréales. Apria Franc.* 263-266.
- AFNOR. (2010).** Norme NF V09-501 analyse sensorielle - guide générale pour l'évaluation sensorielle - description, différenciation et mesure hédonique. 201.
- Africa fertilizer. (2012).** Manuel de formation statistique sur les engrais en Afrique. Editeur 99.
- Agbede T.M., Adekiya A.O. et Eifediyi E.K. (2017).** Impact of poultry manure and NPK fertilizer on soil physical properties and growth and yield of carrot. *Journal of Horticultural Ressource*. 25 : 81-88.
- Ahmad B., Bakhsh K., et Hassan S. (2004).** Economie de la culture de la carotte, Faculté d'économie agricole, Université d'agriculture, Faisalabad. *Un rapport soumis au pakistan Agricultural Research Council (PARC)*. Islamabad, Pakistan. 90.
- Ahmad T., Cawood M., Iqbal Q., Arino A., Batool A. et Tariq R.M.S. (2019).** Phytochemical in *Daucus carota* and their Health Benefits Review. *Article Foods*. 8 : 424.
- Akanbi W.B. (2002).** Growth, Nutrient Uptake and Yield of Maize and Okra as influenced by Compost and N itrogen Fertilizer under Different Cropping Systems. PhD. Thesis. University of Ibadan. 130.
- Amuoh N.C. (2011).** A case study of health risk estimate for pesticide-users of fruits and vegetable farmers in cameroon. Master on nutrition and Rural Developpement. Faculty of bioscience Engineering. University Ghent. 104.
- Anne-sophie O. (2021).** Comment conserver les carottes ? radins.com. Consulté le 20 juin 2022.

APRIFEL. (2017). Les fruits et légume frais: composition nutritionnelle. www.Aprifel.com. Consulté le 20 octobre 2021.

Askri Amira. (2015). Valorisation des digestats de méthanisation biogéochimique du carbone et de l'azote. Thèse de doctorat en sciences de l'environnement. Ecole doctorale en agriculture, alimentation, biologie, environnement, santé. AgroParisTech. 102.

Aubry P., Gaüzière B. (2019). Avitaminose. *Journal de l'Institut de Médecine Tropicale*.1-2.

Bachirou H., Tchuenteu L., Abba M., Megueni C. et Njintang N. (2022). La Combinaison de litière de volaille dérivée du compost et poudre de Vivianite : Engrais Biologique approprié pour améliorer la croissance et le rendement racinaire *Daucus carota L.* *Journal de l'agriculture expérimentale internationale*. 44(3) : 15-28.

Banque mondiale. (2008). [http : // www.Banquemondiale.org/ida](http://www.Banquemondiale.org/ida). Consulté le 12 février 2022.

Benton J. and Vernon C. (1990). Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In R.L. Westerman (ED) Soil testing and plant Analysis (3rd edition). *Soil Science Society of America* (SSSA) Book Series. 3.

Benzie I.F., Strain. (1996). The ferric reducing Ability of Plasma as a measure of "Antioxydant Power": The FRAP assay. *analytical biochemistry*. 239 : 70-76.

Biaou O., Saidou A., Bachabi F., Padonou G. et Blogoun I. (2017). Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de carotte (*Daucus carota L.*) sur sol ferrallitique au Sud du Bénin. *International Journal Biological Chemical Science*. 11(5) : 2315-2326.

Bokhtiar S.M., Sakurai K. (2005). Integrated use of organic manure and chemical fertilizer on growth, yield and quality of sugarcane in High Ganges River floodplain soils of Bangladesh. *Soil Science Plant Analytical*. 36 : 182-1837.

Cecile P. (2011). Cultiver la carotte de plein champ en agriculture biologique, *Repères technico-économiques* Cette fiche a été élaborée dans le cadre du projet CAS DAR n°9016 « Accompagnement du développement et de la structuration de la filière légumes de plein champ en zones céréalières biologiques ». 2.

Chaux C. et Foury C. (1994). Productions légumières - Tome 2 : Légumes feuilles, tiges, fleurs, racines, bulbes. Éditions Tec & Doc, Paris, 639. 16.

Cherin P., Voronska E., Fraoucene N. and de Jaeger C. (2012). Revue générale : Toxicité aigüe des pesticides chez l'homme (acute toxicity of pesticides in human). *Médecine et Longévité*. 4(2) : 68-74.

Christophe J.D. (2016). La bouse : Historique, Importance et Ecosystème. Thèses pour le Doctorat vétérinaire. Diplôme d'Etat. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. 12-14.

Collin F., Brun L., Serpeille A., Laurent E., Broucqsault L.M., Jonis M., Delmont F. et Konaté K. (2005). Produire des semences de Carotte dans un itinéraire Agrobiologique. *FNAMS* 74, rue J. J. Rousseau 75001 Paris. 3.

Coulibaly L., Toure A., Laope A., Coulibaly N. et Soro R. (2018). Caractérisation agronomique, physico-chimique et nutritionnelle de quatre variétés hybrides de carotte (*daucus carota*) au nord de la cote d'ivoire. *Agronomie Africaine*. 30 (1) : 45-55.

Cronquist A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press New York. 1262.

Dahunsi O., Oranusi S., Joshua B. et Vincent E. (2016). Production comparative de biogaz à partir d'écorces de fruits de citrouille cannelée (*Telfairia occidentalis*) et son optimisation. *Technologie des bioressources*. 56.

Dauda S.N., Ajayi F.A. et Ndor E. (2008). Croissance et rendement de la pastèque (*Citrullus lanatus*) affectée par le fumier de volaille application. *Journal of Agriculture and Social Science*. 4 : 121-134.

Debbah M. (2014). Contribution à l'étude de résidus d'une formulation de cyperméthrine dans certains légumes et leur effet sur l'activité antioxydante de ces denrées. Thèse de doctorat en chimie. Faculté des Sciences. Université MOHAMMED V.154.

DESA.INS.MINADER. (2017). L'agriculture. *Annuaire Statistique du Cameroun*. Ed2017. 186-196. (Direction des Enquêtes et Statistiques Agricoles).

Devani M., Shishoo J., Shal S. et Suhagia B. (1989). Spectrophotometric methods for microdetermination of nitrogen in Kjeldahl digest. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*.72(6) : 953-956.

Dhar P., Ratna C., Sayani M., Sauradip S., Sreedipa B., Sanjukta D., Hemanta K. et Santinath G. (2012). Antimicrobial activity of Sesbania grandiflora flower polyphenol extracts

on some pathogenic bacteria and growth stimulatory effect on the probiotic organism *Lactobacillus acidophilus*. *Microbiological Research*. 167(8) : 500-506.

Diop A. (2013). Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Senegal). Thèse en chimie analytique. Université du littoral Côte d'Opale HAL. 190.

Direction de l'agriculture. (2018). Tahiti - Polynésie française –Rue Tuterai Tāne, <https://www.service-public.pf/dag>. Consulté le 22 décembre 2021.

Djoufack M., Foko E., Kouam E., Anoumaa M., Kaktcham P. et Zambou F. (2020). Effet des types d'engrais sur les paramètres de rendement, la douceur et la qualité nutritionnelle des géotypes de carotte (*Daucus carota* L). *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*. 6(1) : 079-087.

Djouhou C., Fokou E. et Nwaga. (2018). Potentiel de la poudre de feuilles de *moringa oleifera* et des microorganismes bénéfiques (Champignons mycorhiziens et rhizobia) dans la modulation de la symbiose et du rendement des plantes. *Chercheurs Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*. 5(4) : 236-243.

Dominguez J., Aira M., et Gomez-Brandon M. (2010). Vermicomposting: Earthworms Enhance the Work of Microbes Jorge Chapter 5. *In Microbes at Work: From Wastes to Resources*. 1– 329.

Donald S. et Martin F. (2002). Guide pratique sur la vitamine A dans la santé et la maladie. *Manuel SIGTH and LIFE Suisse*. 172.

Eman E.S.I. et Sameh M.H. (2013). The response of sugar beet quantity and quality to nitrogen and potassium fertilization under sandy soils conditions. *Asian Journal Crop Science*. 5 : 295-303.

Errami M. (2012). Devenir atmosphérique de bupirimate et transfert de ses métabolites (les diazines) dans l'atmosphère, sa dissipation dans les fruits de tomate et sa dégradation électrochimique. Thèse en science d'ingénieur et Qualité de l'Environnement. Université Ibn Zohr. 225.

Fadil K., Zerkani H., Smail Amalich S. et Zair T. (2017). Phytochemical study and evaluation of antioxidant activity of leaves and fruits of *Capparis spinosa* L. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 5(2) : 108-118.

Fahrurrozi F., Zainal M., Nanik S. et Sigit S. (2017). Evaluation de l'engrais organique liquide enrichi en *Tithonia* pour la production de carottes biologiques. *Journal de la technologie agricole*. 11(8) : 1705-1712.

FAO. (2013). Food and Agriculture Organisation (FAO). Institution spécialisée des Nations Unies.

FAO/OMS. (1994). Fiches FAO/OMS d'information sur les pesticides. N°76. Genève Organisation Mondiale de la santé. 12.

FAOSTAT. (2017). [https : //www.fao.org/faostat/en/home](https://www.fao.org/faostat/en/home) consulté le 19 juillet 2022.

Fischer E. et Stein E.A. (1961). DNS colorimetric determination of available carbohydrates in foods. *Biochemical Preparation*. 8 : 30 – 37.

Fkih S. (2007). Etude de l'effet de l'irradiation ionisante sur certains polyphenols alimentaires et résidus pesticides. Diplôme Universitaire de Technologie en Biologie Industrielle. Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie. Université du 7 novembre à Carthage. 85.

Foulet Aline. (2021). Les bienfaits de l'huile de carotte pour la peau. Akane-skincare.com. Consulté le 20 juin 2022.

Girard M.C., Walter C., Rémy J.C., Berthelin J. et Morel J.L. (2005). Sols et environnement. 2ème édition, Editions DUNOD France. 816.

Habimana S., Uwamahoro C. et Uwizerwa J.B. (2014). Influence du fumier de poulet et de l'engrais NPK (17-17-17) sur la croissance et le rendement de la carotte. *Net Journal of Agricultural Science*. 2(4). 117-123.

Harris L.J. et Ray S.N. (1935). Determination of ascorbic acid in urine. Method using titration with 2, 6 dichlorophenol indophenol. *Lancet* 1(176) : 462.

Hulle M. (1999). Les Pucerons des plantes maraîchères: cycles biologiques et activités de vol. Editions Quae. 140.

Idris S. (2011). Compositional Studies of *Telfairia occidentalis* Leaves. *American Journal of Chemistry*. 1(2) : 56-59.

Jama B., Buresh C.A., Niang R.J., Gachengo A., Nziguheba C. et Amadalo B. (2000), *Tithonia diversifolia* comme engrais vert pour le sol, amélioration de la fertilité dans l'Ouest du Kenya, un examen. *systèmes agro-forestiers*. 49 : 201-221.

Jeptoo A., Aguyoh J.N. et Saidi M. (2013). Le fumier de *Tithonia* améliore le rendement et la qualité de la carotte. *G Journal Biological Analytical Horticulture Science*. 2(4) : 136-142.

Jones L., Peryam D. and Thurstone L. (1955). Development of a scale for measuring soldier's food preferences. *Food Research*. 20 : 512-520.

Kaho F., Yemefack M., Feujoy-Teguefouet P. et Tchantchaouang J.C. (2011). Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *Tropicultura*. 29(1) : 39-45.

Keambou. (2017). Développement d'un protocole de production de poivron (*Capsicum annum L*) de qualité à partir d'intrants d'origine végétale. Mémoire de master en biochimie. Université de Yaoundé 1. 85.

Kimura M. et Amaya D. (2004). Harvestplus handbook for carotenoid analysis. HarvestPlus Technical Monograph2. Washington, DC and Call. *International Food Policy Research Institute*. and *International Center for Tropical Agriculture*. 35-36.

Kouini Hayat. (2018). Analyse des marqueurs agro-morphologiques et caractères biochimiques chez quelques variétés de carotte cultivées dans la région de M'sila. Mémoire de master en sciences agronomiques. Université Mohamed Boudiaf – M(sila. 50.

Lavaud Olivier. (2021). Utilisation de *Tithonia diversifolia* (tournesol mexicain) en Afrique de l'Ouest. Log.defi-ecologique.com. Consulté le 21 juillet 2021.

Le C. (2016). The prevalence of anemia and moderate severe anemia in the US population. *PLoS ONE*. 11(11) : 0166635. doi:10.1371/journal.pone.0166635

Le Page R. et Meudec G. (2002). L'abc du potager. Editions : Rustica, Paris. 49- 51.

Lebas G. (2012). Thèse de doctorat Biologie cellulaire et moléculaire spécialité biotechnologies végétales, Etude du métabolisme carboné et azoté de *Miscanthus x giganteus*. Université de Picardie Jules Verne. 218.

Lecomte Mickaël. (2013). Analyse des mécanismes de défense de la carotte (*Daucus carota*) face au champignon pathogène *Alternaria dauci*, responsable de l'alternariose ou brûlure foliaire. Thèse de doctorat Biologie cellulaire. Université d'Angers, 22.

Legba E.C., Aglinglo L.A., Houdegbe A.C. et Enoch G. (2018). Fiche technique synthétique pour la production de la carotte (*Daucus carotta L.*). *Laboratory of Genetics Horticulture and Seed Science*. 1.

Lopes-Lutz D., Alviano S.D., Alviano C., Kolodziejczyk P. (2008). Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*. 69 : 1732-1738.

Lores M., Gómez-Brandón M., Pérez-Díaz D. et Domínguez J. (2006). Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry*. 38(9) : 2993–2996. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.05.001>.

Mary Ruth Mcdonald. et Richard Parry. (2016). Maladies de la carotte : identification et mesures de lutte. Omafra.gov.on.ca. Consulté le 06 juillet 2022.

Mbassi Gilbert. (2019). Influence des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la composition en nutriments et antinutriments des racines et feuilles de manioc (*Manihot esculenta Crantz*). Mémoire de master en biochimie. Université de yaoundé I. 52.

Megueni C., Tchuenteu L., Noubissi E., Maimouna A. et Bachirou H. (2017). Productivité sur le terrain de la carotte (*Daucus carota L.*) dans l'Adamaoua Cameroun et propriétés chimiques des racines selon les prétraitements du fumier de poulet et de la poudre de vivianite. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 10 : 2319-2372.

Moniruzzaman M., Akand M.H., Hossain M.I. et Sarkar M.D. (2013). Effet de l'azote sur la croissance et le rendement de la carotte (*Daucus carota L.*). *Journal scientifique de la Fondation Krishi*. 11(1) : 76-81.

Murphy J. and Riley J.P. (1962). A modified single solution method for determination of phosphate in natural water. *Analytica Chimica Acta*. 27(12) : 31-36.

Ngoyi A., Masanga G., Bila H., Yashima A., Milambo M., Ndjibu L. et Baboy L. (2020). Effet des amendements organiques sur la croissance et le rendement de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) cultivée sur sol dégradé dans la région de Kabinda, République Démocratique du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 14(5) : 1812-1819.

Nguefack J., Fouelefack F.R., Dongmo L.J.B., Azah U.R., Dongmo N.A., Djoufack M.M. et Nkengfack A.E. (2021). Effet des traitements de semences utilisant des extraits de *Oxalis*

barilieri L. et Cymbopogon citratus Stapf, couple au tri NaCl su la santé, la germination, la levee et la vigueur des plantules de riz (*Oryzae sativa L.*) grains. *Recherche de pointe en sciences agricoles*. 13(3) : 104-114.

Nollet L.M.L. et Hamir S.R. (2010). Handbook of pesticides methods of pesticide residus analysis. *CRC Press Taylor and Francis Group*. 595.

Nwaga D., Ngonkeu E., Adamou S. et Fokom R. (2013). Diversité des champignons mychoryziens Arbusculaires du Cameroun. Des champignons symbiotiques contre la desertification ecosystems mediterraneens, tropicaux et insulaires. 141-154.

Nziguheba G., Merchx R., Palm C.A. et Mutuo. (2002). Combining *T. diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in Kenya. *Agroforestry Systems*. 55(3) : 165-174.

Ognalaga M., Odjogui P., Lekambou J. et Poligui R. (2015). Effet des écumes à cannes à sucre, de la poudre et du compost à base de *Chromolaena odorata (L.)* King R.M. & H.E. Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa L.*). *International Journal Biological Chemical Science*. 9(5) : 2507-2519.

Ognalaga M., Daglih M.M., Samson Daudet M.M. et Paul O.O. (2017). Effet de la bouse de vaches, du NPK 15-15-15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta Crantz var 0018*) au Sud-Est du Gabon (Franceville). *Journal of Animal & Plant Sciences*. 31(3) : 5063-5073.

Olabode O.S., Sola O., Akanbi W.B. et Gab O.A. (2007). Evaluation de *T. diversifolia* (Hemsl) un gris pour l'amélioration des sols. *Monde Journal of Agricultural Sciences*. 3(4) . 503-507.

Olaleke M., Agaji J., Hashim I., Chintua S., Alhaji M. and Bolakale R. (2022). Comparative studies on Nutrient and Antinutrient Composition of Carrot (*Daucus carota L.*) and Cucumber (*Cucumis sativus L.*). *International Journal of Sciences*. 11(01) : 9.

OMS/FAO. (2014). Fruits et légumes pour la santé. *Rapport de l'atelier commun FAO/OMS*. 55.

Peron J.Y. (2006). Références des Productions légumières : 2ème édition. Synthèse Agricole. 696.

Reduron J.P. (2007). Ombellifères de France - tome 2 (Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, 27). Société Botanique du Centre-Ouest. 564.

Silva Dias J.C. (2014). Bienfaits nutritionnels et pour la santé des carottes et de leurs extraits de graines. *Sciences de l'alimentation et de la nutrition*. 5 : 2147-2156.
<http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.52222>

Tahirou T., Adama C., Seydou S., John C. et Togo S. (2012). Technique du compostage. *Journal International Research Chemical Analytical Science*. 10.

Tatjana R., Ingrida A., Lija D. et Fredijs D. (2012). Chemical Composition of Variety 'Nante' Hybrid Carrots Cultivated in Latvia. *International Journal N Food Science*. 6 : 188-194.

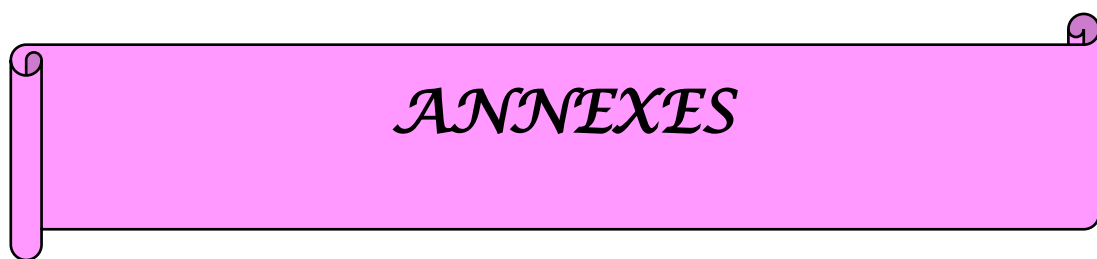
Taylor E., Gordon H. and Kirk M. (2007). Pesticide Development : a Brief Look at the History. *A Regional Peer Regional Peer Reviewed Publication*. 7.

Tichadou Lucia. (2014). Plateforme de compostage en milieu clos. Mémoire de master en medecine agricole. Institut National de Médecine Agricole. 57.

Tirilly Y. et Bourgeois C.M. (1999). Technologie des légumes. Éditions Tec & Doc, 558.

Vessey J.K. (2003). Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers. *Plant and Soil*. 255 : 571-586.

Villeneuve F. et LETEINTURIER J. (1992). La carotte - Tome 2 : Etat des connaissances. *Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes*, Paris. 227.



ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1: Fiche analyse sensorielle

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES



DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE

DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY

REPUBLIC OF CAMEROON

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCES

LABORATOIRE DES SCIENCES ALIMENTAIRES ET METABOLISME
LABORATORY FOR FOOD SCIENCE AND METABOLISM

ANALYSE SENSORIELLE : Fiche du paneliste

Numéro:..... Sexe:..... Age:.....

I- Dans le cadre d'une analyse sensorielle huit (08) échantillons de carottes vous seront présentés, il est question pour chaque échantillon d'évaluer la couleur, l'odeur, la sucrosité, la texture et l'acceptabilité générale selon l'échelle ci-dessous.

Note	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Appreciation	Extrêmement déplaisant	Très déplaisant	Déplaisant	Un peu déplaisant	Indifferent	Un peu plaisant	Plaisant	Très plaisant	Extrêmement plaisant

Nous vous prions de reporter vos résultats (sous forme de chiffres 1 à 9) dans La colonne note :

E1

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

E2

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

E3

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

E4

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

E5

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

E6

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

E7

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

E8

Critère	Note
Couleur	
Odeur	
Texture	
Sucrosité	
Acceptabilité générale	

II- Classer les échantillons du plus apprécié au moins apprécié

Rang	1	2	3	4	5	6	7	8
Echantillons								

Merci pour votre contribution

Annexe 2: Liste des réactifs

Protéines brutes : acide sulfurique concentré, catalyseur (peroxyde d'hydrogène), eau distillée

Sucres totaux : acide sulfurique, éthanol, acétate de zinc, ferrocyanure de potassium, eau distillée, acide dinitrosalicylique, maltose

Fibres : acide sulfurique, acétone, eau distillée, soude

Vitamine C : acide acétique 90%, dichlorophénol indophénol, eau distillée

Composés phénoliques : méthanol, réactif de folin-ciocalteux 2N, acide gallique, Na₂CO₃ 10%

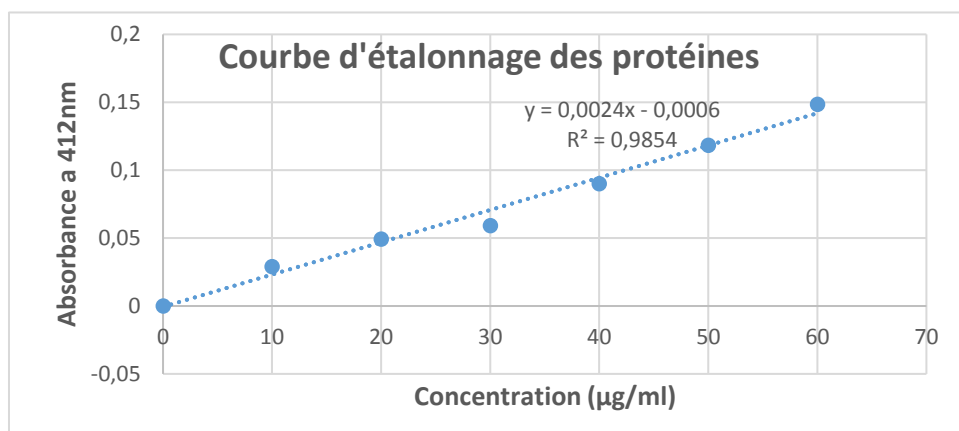
Caroténoïdes : acétone, éther de pétrole, eau distillée, sulfate de sodium anhydre

Potentiel antioxydant (test FRAP) : réactif de FRAP, sulfate de fer, solvant eau-méthanol, eau distillée

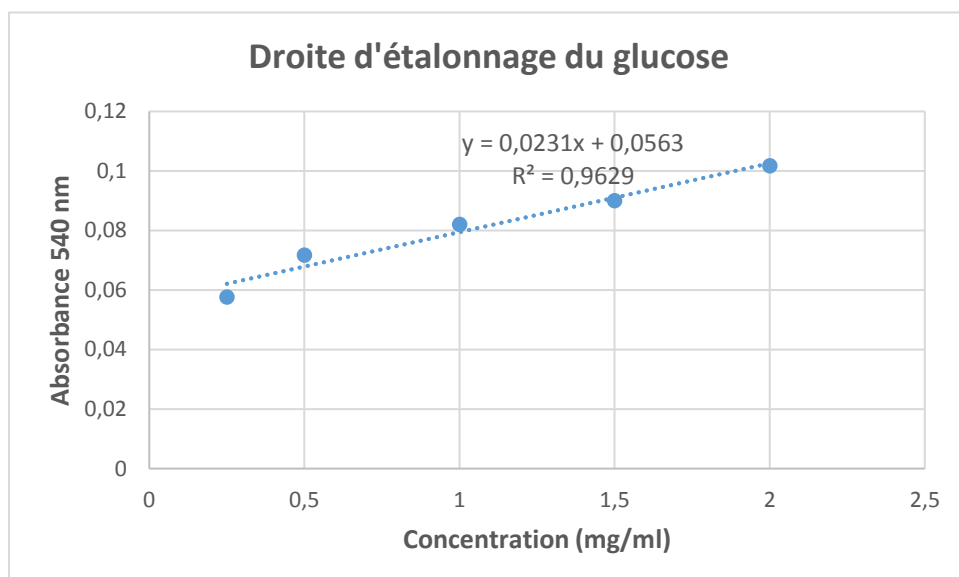
Pouvoir antiradicalaire (test du DPPH) : méthanol, acide gallique, eau distillée, solvant eau-méthanol.

Annexe 3: Courbes d'étalonnage

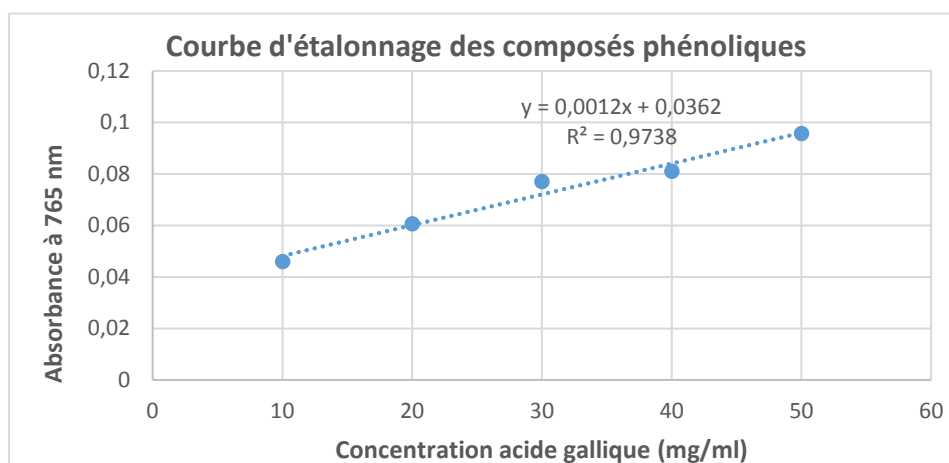
➤ Dosage des protéines



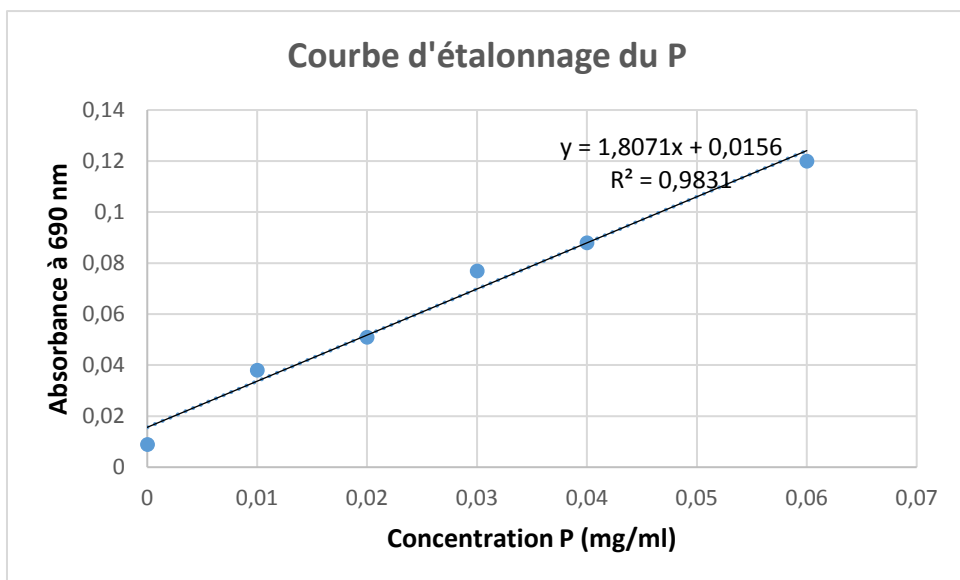
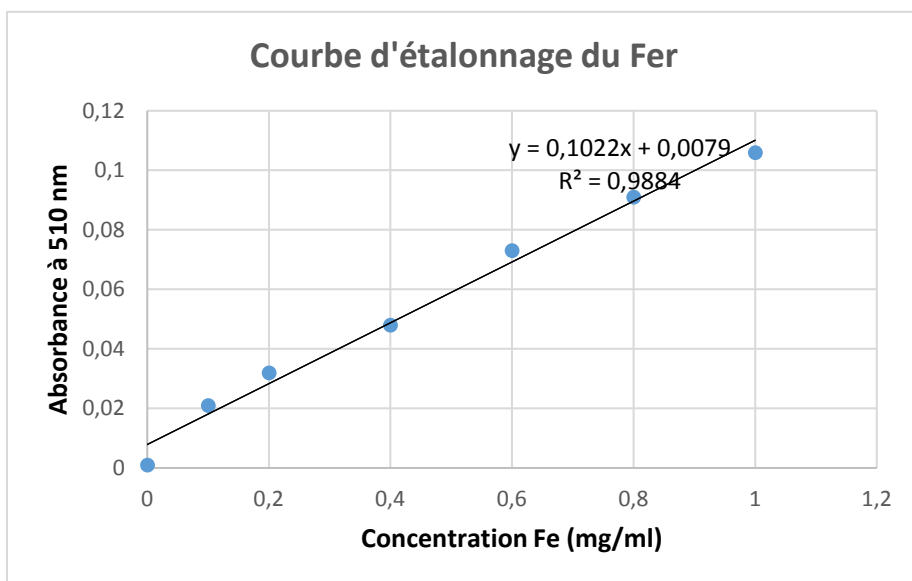
➤ Dosage des sucres totaux



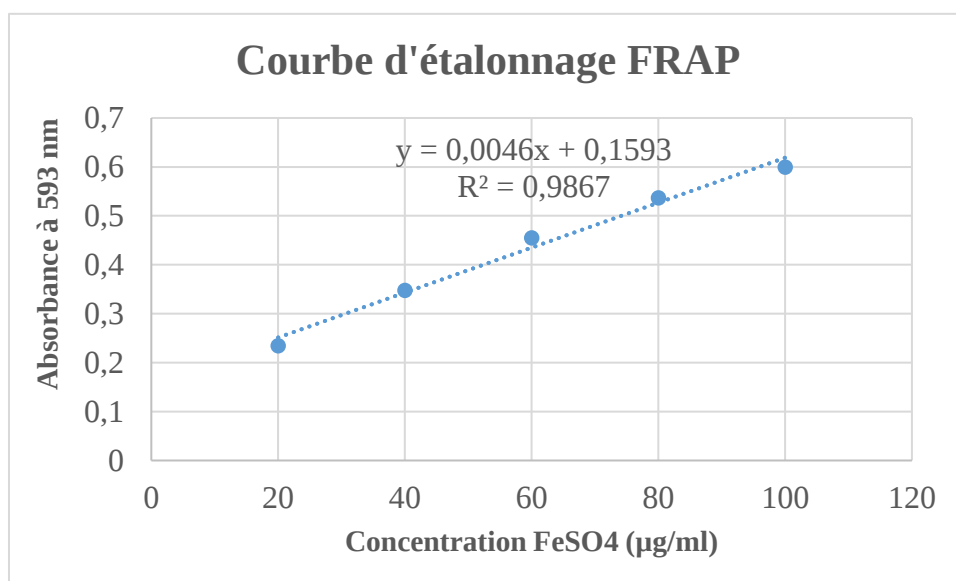
➤ Dosage des composés phénoliques



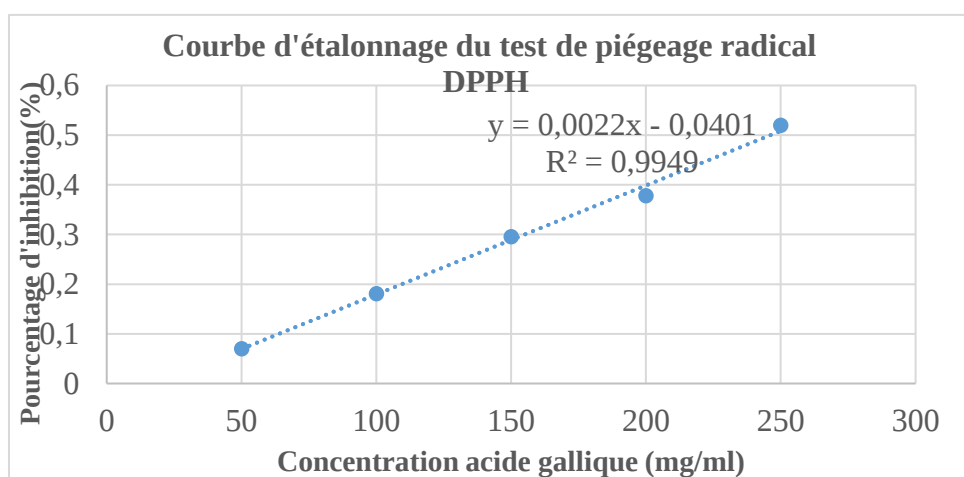
➤ Dosage des minéraux



➤ Test de FRAP



➤ Test de piégeage du radical DPPH



Annexe 4: Quelques photos de plants et racines de carottes

