

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

ECOLE NORMALE SUPERIEURE  
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

\*\*\*\*\*

BP.886 EBOLOWA



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – Fatherland

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

HIGHER TECHNICAL TEACHERS  
TRAINING COLLEGE

\*\*\*\*\*

P.O.BOX.886 EBOLOWA

**DÉPARTEMENT D'AGRICULTURE ET AGROPASTORAL**  
**DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND AGROPASTORAL**

**ESSAI DE PRODUCTION DES SEMENCES ASSAINIES DE  
MACABO (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) PAR LA METHODE  
DE PIF (Plant Issu d'un Fragment de tige)**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Professeur de  
l'Enseignement Technique de 2<sup>eme</sup> grade (DIPET II)**

**Option : AGRICULTURE/AGROPASTORAL**

Rédigé par :

**BELINGA BELINGA Eric Charles**

Elève Professeur des Lycées d'Enseignement Technique

Matricule : **19W1244**

Superviseur

**Pr BIKOMO MBONOMO René**

*Maître de conférences de classe exceptionnelle*



ANNEE ACADEMIQUE

2020/2021

## FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussigne, BELINGA BELINGA Eric Charles, étudiant à l'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) de l'Université de Yaoundé 1 à Ebolowa, atteste que le présent mémoire est le fruit de mes propres travaux effectués dans l'Arrondissement de Yaoundé 6, région du centre sur le thème : «Essai de la production des semences assainies de macabo (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) par la méthode de PIF (Plant Issu d'un Fragment de Tige) » sous la supervision du Pr. BIKOMO MBONOMO René, Maître de Conférences de Classe Exceptionnelle et Chef de Département d'Agriculture et Agropastoral.

Ce mémoire est authentique et n'a pas été l'objet d'aucune présentation antérieure pour l'obtention de quelque grade universitaire que ce soit.

Noms et visa de l'auteur

BELINGA BELINGA Eric Charles

Date :.....

Visa du Superviseur

Date :.....

Visa du Chef de Département

Date :.....

**Fiche de certification des corrections après soutenance**

Le présent mémoire a été corrigé conformément aux observations du jury

Visa du Superviseur

Visa du Président du jury

Date \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_

Visa de l'Examineur

Date \_\_\_\_\_

Visa du Chef de Département

Date \_\_\_\_\_

**DEDICACE**

*Je dédie ce mémoire à mon père*  
***M. BELINGA Emmanuel***  
***Jean Blaise***

## REMERCIEMENTS

Etant donné que nul ne peut se suffire, la réalisation de ce travail a été possible par la combinaison de plusieurs efforts des personnes proches et lointaines à qui, reconnaissances et remerciements sont adressés. Il s'agit entre autres de:

- Pr NDJAKOMO ESSIANE Salomé, Madame le Directeur de l'ENSET d'EBOLOWA pour toute l'énergie qu'elle a concentré pour le bon déroulement de notre formation ;
- Pr BIKOMO MBONOMO René, Chef de Département d'Agriculture et Agropastoral de l'ENSET qui a supervisé ces travaux de recherche, ainsi qu'à Dr EYAMO EVINA Jos et Dr HEU Alain assistants dans ledit département pour leurs enseignements, leurs encadrements et leurs conseils ;
- Dr DJEUANI Astride Carole, encadreur de terrain de nous avoir accepté dans son équipe de recherche et d'avoir mis son temps à notre disposition, et aussi ses nombreux enseignements ;
- Tous les collègues du groupe de recherche (macabo, tarro et sorgho) de Dr DJEUANI Astride notamment TIKI Antoine ; NYIMI EBOLO Audrey ; AMANG AMANG A ; DIOBE MOTASSI Manuela ; NGOÏ Jean Kevin et ADOUNGA Sammuël ainsi que tout le personnel et étudiants chercheurs du laboratoire de physiologie végétale de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé pour tout leur soutien et moments d'enthousiasme;
- Tous les enseignants de l'ENSET d'Ebolowa et particulièrement ceux du département d'Agriculture/ Agropastoral ;
- Mon père BELINGA Emmanuel Jean Blaise, pour tout l'amour qu'il porte à mon égard et qui n'a jamais cessé de nous encourager d'aller en avant ;
- Mon frère aîné OBA Narsis pour son soutien moral et physique;
- Ma sœur l'officier de police BENGONO Chantal, pour son soutien moral et financier ainsi que ma sœur aînée EYENGA BELINGA Edwige ;
- Tous les promotionnaires et camarade d'Agriculture 5 notamment EBA Guy Fleury, MVONDO MVONDO Pierre Simon, NGO NDOUGA Hélène, ATAGOUD DOUANLA Suzanne et CHIOGO Epiphanie Emma pour leurs soutiens et conseils ;
- Toute ma famille pour leur soutien morale et physique ;
- Tous mes amis qui m'ont accompagné et soutenu depuis le début de nos études supérieures et plus particulièrement NGUEMA NGUEMA Francky, EKO MEYO Wilson, AKOULOZE MBALA Richard, AWONO Joseph, Emmanuel MVENDOU, MEBIAM ENDANE Frédy, ANDOM EVINA Patrick sans oublier toute la 24<sup>e</sup> promotion de la FASA de l'université de Dschang.

## SOMMAIRE

DEDICACE .....	ii
REMERCIEMENTS.....	iv
SOMMAIRE.....	v
LISTE DES FIGURES .....	ix
LISTE DES TABLEAUX .....	x
LISTE DES ABREVIATIONS .....	xi
RESUME .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 1: REVUE DE LA LITTERATURE.....	5
1-1- Origine du genre <i>X. sagittifolium</i> .....	6
1-1-1- Taxonomie du <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	6
1-1-2- Diversité du genre <i>Xanthosoma</i> .....	6
1-1-3- Caractéristiques botaniques .....	7
1-1-3-1- Partie aérienne .....	7
1-1-3-2- Partie souterraine .....	8
1-1-4- Propagation de <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	9
1-1-4-1- Multiplication végétative du macabo .....	9
1-1-4-2- Multiplication sexuée .....	9
1-1-5- Importances du <i>Xanthosoma</i> .....	10
1-1-5-1- Importances économiques .....	10
1-1-5-2- Importances nutritionnelles du <i>X.sagittifolium</i> .....	11
1-1-5-3- Propriétés médicinales .....	12
1-1-6- Production de <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	12
1-1-6-1- Exigences écologiques.....	13
1-1-6-2- Itinéraire technique de la culture .....	13
1-1-6-3- Récolte de <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	15
1-1-7- Stockage de <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	15
1-1-7-1- Opérations préalables .....	15
1-1-8- Techniques de stockage .....	17
1-1-8-1- Stockage au champ .....	17
1-1-8-2- Stockage hors champ .....	17

1-1-10- Transformation .....	18
1-2- Généralités sur les Plantes issues d'un Fragment de tige (PIF).....	18
1-2-1- Importances de la technique de PIF.....	19
1-2-2- Inconvénients de la méthode de PIF.....	19
1-3- Généralités sur les mycorhizes .....	20
1-3-1- Définition.....	20
1-3-2- Différents types de mycorhizes .....	20
1-3-2-1- Ectomycorhizes .....	20
1-3-2-2- Ectendomycorhizes.....	20
1-3-2-3- Endomycorhizes .....	20
1-3-3- Etapes de la mise en place des symbioses CMA-plante.....	21
a. Phase a-symbiotique.....	21
b. Phase pré-symbiotique .....	21
c. Phase symbiotique.....	21
1-3-4- Importances des mycorhizes.....	21
1-3-4-1- Absorption des éléments nutritifs .....	21
1-3-4-2- Absorption de l'eau .....	22
1-3-4-3- Amélioration de la structure du sol.....	22
1-3-4-4- Protection de la plante contre les pathogènes .....	22
1-3-5- Etat de lieu sur l'utilisation des mycorhizes au Cameroun .....	23
<b>CHAPITRE 2: MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>24</b>
2-1- Localisation du lieu d'étude .....	25
2-2- Matériels .....	25
2-2-1- Matériel végétal .....	25
2-2-2- Matériel de travail.....	26
2-2-2-1- Matériel agricole.....	26
2-2-2-2- Matériel de construction de l'ombrière et des propagateurs.....	26
2-2-2-3- Matériel de bureau et de laboratoire .....	26
2-3- Méthode .....	26
2-3-1- Dispositif expérimental.....	26
2-3-2- Mode opératoire.....	27
2-3-3- Nettoyage des rhizomes.....	28
2-3-4- Désinfection des rhizomes.....	29

2-3-5-	Ensemencement .....	29
2-3-6-	Processus de mycorhization.....	30
2-3-7-	Collecte de données .....	30
2-3-8-	Stérilisation de la terre .....	31
2-3-9-	Ensachage de la terre .....	32
2-3-10-	Sevrage des rhizomes .....	32
2-3-11-	Acclimatation.....	33
2-3-12-	Méthode de traitement des données.....	33
CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION .....		34
3-1-	Résultats.....	35
3-1-1-	Variation du poids du rhizome .....	35
3-1-2-	Nombre de bourgeons débourré par rhizome .....	35
3-1-3-	Evolution de la taille des bourgeons .....	36
3-1-4-	Diamètre du collet .....	37
3-1-5-	Développement des feuilles.....	37
3-1-6-	Nombre de plants sevré .....	38
3-2-	Discussion.....	39
3-2-1-	Poids du rhizome .....	39
3-2-2-	Nombre de bourgeon débourré par rhizome.....	39
3-2-3-	Taille des bourgeons .....	40
3-2-4-	Diamètre du collet .....	40
3-2-5-	Nombre de feuille .....	40
3-2-6-	Nombre de plants sevrés.....	41
CHAPITRE 4: CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....		42
4-1-	Conclusion .....	43
4-2-	Perspectives .....	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		44
ANNEXES.....		49
Annexe1: Etapes de réalisation des PIF sur le <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....		49
Annexe2: Quelques matériels utilisés en collecte de de données .....		49
Annexe4: Aspect des bourgeons des rhizomes mycorhisés avant le sevrage.....		50
Annexe5: Analyses statistiques .....		51



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure1.</b>	Morphologie de la feuille de <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	7
<b>Figure2.</b>	Fleur du <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	8
<b>Figure3.</b>	Tubercules de macabo.....	8
<b>Figure4.</b>	Feuille de <i>X.sagittifolium</i> attaquée par les pucerons.....	14
<b>Figure5.</b>	Localisation géographique du site d'étude .....	25
<b>Figure6.</b>	Matériel végétal .....	26
<b>Figure7.</b>	Dispositif expérimental.....	27
<b>Figure8.</b>	Construction de l'ombrière et des germoirs.....	28
<b>Figure9.</b>	Nettoyage des rhizomes. ....	28
<b>Figure10.</b>	Désinfection des rhizomes .....	29
<b>Figure11.</b>	Ensemencement des rhizomes.. ....	30
<b>Figure12.</b>	Processus d'application des mycorhizes.....	31
<b>Figure13.</b>	Mesure du diamètre du collet.....	31
<b>Figure14.</b>	Stérilisation de la terre. ....	32
<b>Figure15.</b>	Ensachage de la terre. ....	32
<b>Figure16.</b>	Sevrage des plants.....	33
<b>Figure17.</b>	Acclimatation des plants.....	33
<b>Figure18.</b>	Variation du poids du rhizome.....	35
<b>Figure19.</b>	Evolution du nombre de bourgeons débouffés par rhizome.....	36
<b>Figure20.</b>	Evolution de la taille des bourgeons dans le temps.. ....	37
<b>Figure21.</b>	Comportement du diamètre du collet.....	38
<b>Figure22.</b>	Evolution du nombre de feuilles par rhizome.....	38
<b>Figure23.</b>	Nombre de plant sevré par rhizome.....	39

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau1:</b> Production mondiale des Aroïdes de 2010 à 2019 .....	10
<b>Tableau2:</b> Top 5 producteurs mondial en 2019 .....	10
<b>Tableau3:</b> Teneur approximative en valeur nutritionnelle dans 100g de tubercule frais de <i>X.sagittifolium</i> .....	11

## LISTE DES ABREVIATIONS

- CARBAP : Centre Africain de Recherche sur le Bananier Plantain ;
- CMA : Champignon Mycorhizien à Arbuscule ;
- ENS : Ecole Normale Supérieure ;
- ENSET : Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique ;
- FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ;
- HCN : Cyanure d'hydrogène ;
- PIF : plant issu d'un fragment de tige ;
- PNDR : Programme National de Développement des Racines et tubercules ;
- *X= Xanthosoma.*

## RESUME

Les rhizomes de *Xanthosoma sagittifolium* de variété blanche récoltés dans la localité d'Ebolowa au Sud Cameroun ont été cultivés dans l'enceinte de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé1 à travers un plan expérimental monofactoriel complètement randomisé dans le but de produire des semences assainies par la méthode de PIF. L'étude menée s'est effectuée du 24 Décembre 2020 au 30 Avril 2021. La culture a été réalisée dans les propagateurs en présence des champignons mycorhiziens à arbuscules. Les paramètres agronomiques notamment le poids du rhizome, le nombre de bourgeons débourré, la taille du bourgeon, le nombre de feuilles, le diamètre du collet et le nombre de plants sevrés ont été observés pendant 6 semaines soit un cycle de production en germe avec une fréquence d'observation de 2 semaines. Les données collectées ont été traitées avec le tableur Microsoft Excel version 2010 et le logiciel Graphpad. Le test appliqué pour la séparation des moyennes était celui de Student-Newman et Keuls. Ainsi, au terme de 6 semaines, le poids des rhizomes ayant reçu un traitement aux champignons mycorhiziens à arbuscule (T1) a significativement ( $P < 0,001$ ) augmenté comparé à celui des rhizomes du témoin (T0). Le nombre de bourgeon débourré par rhizome était significativement ( $P < 0,001$ ) supérieur sur les rhizomes de T0 par rapport à ceux de T1. En outre, la taille et le nombre de feuille des bourgeons débourrés sur les rhizomes de T1 a révélé une supériorité statistiquement significative ( $P < 0,001$ ) en comparaison avec T0. Par ailleurs le diamètre du collet et le nombre de plant sevré sur les rhizomes de T0 n'étaient pas de manière significative ( $P > 0,05$ ), supérieur à ceux des rhizomes de T1. Ainsi, le macabo peut se multiplier par la méthode PIF et l'ajout des mycorhises permettrait de produire rapidement des plants vigoureux.

Mots clés : *Xanthosoma sagittifolium* ; PIF ; Plant PIF ; Mycorhize.

## ABSTRACT

The rhizomes of *Xanthosoma sagittifolium* of white variety, harvested in the Ebolowa locality in Southern Cameroon were cultivated in the Higher Teacher's Training School of Yaounde 1 through a completely randomized monofactorial experimental plan with the aim of producing completely disinfected seeds through the PIF method. The study was carried out from December 24, 2020 to April 30, 2021. The cultivation was realised in propagators of arbuscular mycorrhizal fungi. The agronomic parameters, notably the weight of rhizome, the number of broke-up buds, the size of bud, the number of leaves, the diameter of the collar and the number of plants weaned were observed during 6 weeks, corresponding to a production cycle in the seedbed with an observation frequency of 2 weeks. The data collected were analysed with Microsoft Excel 2010 and Graphpad softwares. The test applied for the separation of means was that of Student-Newmann and Keuls. Henceforth, at the end of the 6 weeks, the weight of the rhizome which had been treated with arbuscular mycorrhizal fungi (T1) had significantly increased ( $P < 0,001$ ) compared with that of the test rhizome (T0). The number of broke-up buds per rhizome was significantly higher ( $P < 0,001$ ) on the rhizomes of T0 with respect to those of T1. Furthermore, the size and number of leaves of the broke-up buds on rhizomes of T1 had revealed a statistically significant superiority ( $P < 0,001$ ) compared with that of T0. Otherwise, the collar diameter and the number of weaned plants on the rhizomes of T0 had a non-significant increase ( $P > 0,05$ ) compared to the rhizomes of T1. So, the mycorrhizae could have a strong implication in the absorption of water and nutrients. Which was hence manifested through the weight gain, the size and the foliage at the level of the rhizome's buds which had recieved a treatment with arbuscular mycorrhizal fungi.

Key words : *Xanthosoma sagittifolium* ; PIF ; PIF Plant ; Mycorrhiza.

# **INTRODUCTION**

Le Macabo (*Xanthosoma sagittifolium*. Schott) est l'une des six principales plantes racinaires et à tubercule les plus cultivées dans le monde (Anonyme, 2012). C'est une culture tropicale et se cultive beaucoup plus dans les continents tels que l'Océanie, l'Afrique et l'Asie (Ramanatha et al, 2010). Il s'agit d'une source d'aliments à près de quatre cent millions de personnes (Onokpise et al., 1999). Le macabo contribue à l'économie agricole et la sécurité alimentaire au Cameroun. Il participe à 11% de la production vivrière nationale (Anonyme, 2003), et représente avec le manioc (*Manihot esculenta*) 75% de la production de racines et tubercules (Anonyme, 2006). Pour les consommateurs, l'enjeu de cette spéculation est également majeur, puisqu'elle représente 31% des dépenses alimentaires des ménages (Anonyme, 2003). L'Afrique produit la plus grande quantité de macabo notamment l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique central dont le Nigéria, le Ghana et le Cameroun constituent les pôles de production et contribuent à 60% de la production en Afrique (Onyeka, 2014). Bien que cette production soit représentative et contribue à la sécurité alimentaire, il est à noter que cette dernière a stagné pendant plusieurs années. Ceci, à cause de trois principales raisons : la faible productivité du matériel végétal (Schafer, 1999) ; l'indisponibilité du matériel végétale traditionnel, et des infections virales et fongiques (Omokolo *et al.*, 1995).

Au Cameroun, le principal pathogène de production du macabo est le *Pythium myriotylum* Drechsl qui, a causé les pertes racinaires pouvant atteindre 90% dans les plantations (Pacumbaba *et al.*, 1992). Cette maladie a provoqué des baisses drastiques de production (de 1,8 million de tonnes par exemple entre 1970 et 1975 à 600 000 tonnes entre 1984 et 1985 au Cameroun). Dans le département du Fako, toujours au Cameroun, les pertes au champ causées par la pourriture racinaire sont passées de 0,7 % au début des années soixante à 50 % en 1990 (Anonyme, 1998).

De nombreuses recherches ont déjà été menées et sont en cours afin de réduire l'incidence de ce pathogène. La majeure partie de ces recherches s'appuient sur la production des semences saines. Il s'agit entre autres : de la production des hybrides du *Xanthosoma sagittifolium* résistant au *Pythium myriotulum* suite à la stimulation de la floraison avec l'acide Gibberellique, (Minyogok, 1981 ; Nzietchueng, 1992 ) ; de la culture des méristèmes pour produire des plantes indemnes de particules virales ou de champignons (Behera *et Sahoo*, 2008) ; à cela s'ajoute la production des mini tubercules par micro tubérisation (*in vitro*) ou micro tubérisation (*in vivo*) exempts de pathogènes pouvant être également utilisées comme semence (Omokolo *et al.*, 2003). La mycorhization des plants obtenus *in vitro* pour améliorer leur croissance et la production des mini tubercules devant servir de semences

assainies (Djeuani *et al.*, 2018). Il a également été démontré que la technique des PIF (Plante Issue d'un Fragment de tige) a permis d'induire *in vivo* une activité prolifératrice des bourgeons sur les fragments de tige de Bananier (*Musa spp*) dans les conditions particulières de température et d'hydrométrie et sans adjonction d'hormone (Kwa, 1996-1997) permettant l'obtention des plants sains. Parallèlement, cette technique pourrait également porter des résultats prometteurs sur le *Xanthosoma sagittifolium* L Schott.

La culture du *Xanthosoma sagittifolium* est généralement l'œuvre des paysans ou des petits producteurs lesquels, l'associent avec d'autres cultures telles que le plantain (*Musa spp*), le manioc (*Manihot esculenta* Kranz), le maïs (*Zea mayse*), le cacao (*Theobroma cacao*), et occupe très difficilement la première priorité lors de ces associations, ce qui rend difficile l'estimation des rendements (Catherinet, 1965). Selon le même auteur, le *Xanthosoma sagittifolium* peut être cultivé en culture pure avec des rendements pouvant aller de 15 à 40t/ha sauf qu'une pénurie de matériel végétal de qualité en constitue la première contrainte. Cependant, la propagation du *Xanthosoma sagittifolium* se fait beaucoup plus par voie végétative car la floraison est très rare (Wilson, 1979). D'après Nzietchueng (1992), la propagation végétative du macabo reste le moyen de dissémination le plus important du *Pythium myriotylum*. En effet, le recyclage exacerbé du matériel végétal infecté dans les champs entraîne une réduction du rendement, une accumulation des maladies qui peuvent entraîner les pertes totales chez le *Xanthosoma sagittifolium*. Cette maladie (*Pythium myriotylum*) est très préoccupante pour les cultivateurs en raison de sa capacité à provoquer les pertes totales de la récolte. Ce qui représente une grande menace pour la sécurité alimentaire. Outre que cette maladie constitue une menace pour les revenus et la sécurité alimentaire, elle représente davantage un danger pour la base de la diversité génique du *Xanthosoma sagittifolium* qui, est déjà étroite en raison de la forte sensibilité des cultivars.

Alors, il est clairement illustré que le premier frein de la production des aracées en général et du *Xanthosoma sagittifolium* en particulier est la disponibilité d'un matériel végétal sain et en quantité suffisante (Xu *et al.*, 1995). Ainsi, l'application des champignons mycorhiziens à arbuscules dans le propagateur de production des plants PIF de *Xanthosoma sagittifolium* pourrait activer la production et le développement rapide des bourgeons.

Tout au long de cette étude, il sera question de produire en masse les semences assainies de *Xanthosoma sagittifolium* par la méthode de PIF. De façon spécifique, il sera question de :

- Suivre l'évolution du poids des rhizomes durant le premier cycle de production ;

- Evaluer les paramètres agronomiques de croissance (nombre de bourgeons, taille des bourgeons, diamètre du collet, nombre de feuilles) des plants PIF en germer;
- Déterminer le nombre de plant sevré par rhizome.

## **CHAPITRE 1: REVUE DE LA LITTERATURE**

## 1-1- Origine du genre *X. sagittifolium*

*X. sagittifolium* est une plante herbacée, monocotylédone de grande taille (1 à 2 m), à feuilles entières, emboîtées les unes dans les autres. Il appartient à la famille des Aracées et est originaire de l'Amérique tropicale. Sa dispersion a probablement été faite par les Portugais, les Espagnols et les Arabes commerçants dans leurs voyages missionnaires (Doku, 1980). La diffusion du *X. sagittifolium* a été facilitée par la capacité de la culture à prospérer dans des conditions tropicales variées. La culture du *X. sagittifolium* est très importante dans les îles Caraïbes. Il fut introduit en Afrique de l'Ouest vers les années 1840, probablement par les missionnaires Indiens (Doku, 1980). De là il s'est répandu dans les autres pays du Golfe de Guinée. Le *X. sagittifolium* est aussi cultivé en Océanie et en Asie du Sud-Est. (Massal *et* Barrau, 1956).

### 1-1-1- Taxonomie du *Xanthosoma sagittifolium*

Les Aracées représentent une grande famille de plantes qui peuvent pousser dans les régions tropicales (Vargas *et al*, 2004). Les membres de cette famille sont connus sous le nom d'Arïodes (Bown, 2000). Le macabo peut être classifié de la manière suivante :

Règne:	Plantae
Embranchement:	Angiosperme
Classe :	Monocotylédone
Ordre:	Alimastade
Famille:	Araceae
Sous-famille:	Aroideae
Tribu:	Caladieae
Genre:	<i>Xanthosoma</i>
Espèce:	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>

### 1-1-2- Diversité du genre *Xanthosoma*

Selon Keating (2003), l'anatomie des feuilles et des pétioles des Aracées a un fort potentiel d'utilisation comme états de caractère dans la résolution des problèmes taxonomiques dans la famille. Il existe 3 750 espèces d'Arïodes et 114 genres selon Petruzzello (2018), bien que Boyce et croate (2018) ont signalé 3 645 espèces et 144 genres.

La taxonomie des espèces cultivées de *Xanthosoma* n'a été revue que récemment. Trois espèces de ce genre sud-américain sont cultivées pour leurs cormes féculents : *X. maffafa*, *X. sagittifolium* et *X. violaceum* (Croate et al., 2017).

### 1-1-3- Caractéristiques botaniques

#### 1-1-3-1- Partie aérienne

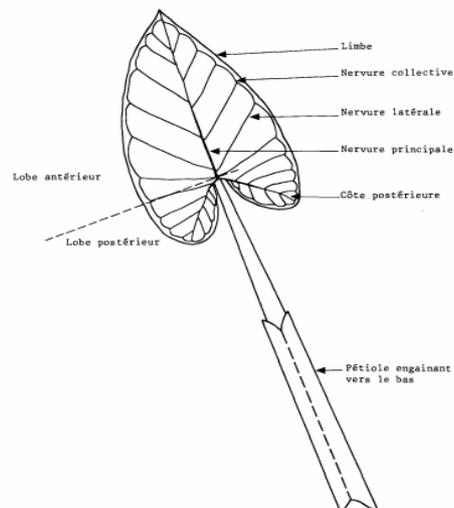
##### a. Système foliaire

La feuille adulte de *Xanthosoma* comporte trois parties: le pétiole, la nervure principale et le limbe (Figure 1).

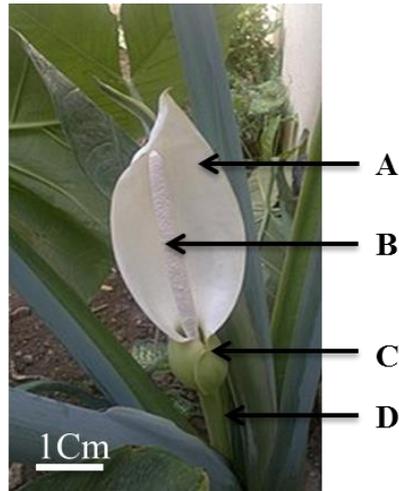
- Le pétiole est long, épais, engainant à la base, cylindrique ou comprimé au sommet.
- Le limbe se développe de part et d'autre de la nervure principale en deux parties sensiblement égales. La morphologie du limbe varie suivant les espèces. Cette caractéristique est largement utilisée dans la taxonomie des espèces de *Xanthosoma* (Engler, 1920).

##### b. Inflorescence

L'inflorescence est un spadice entouré d'une spathe (Figure 2). Les bords de la spathe se chevauchent à la base tandis que la partie supérieure est ouverte au moment de l'anthèse. Le spadice plus court que la spathe est formé de fleurs unisexuées dépourvues de périanthe. Le spadice présente trois parties distinctes : la partie femelle fertile dense, multiflore; la partie femelle stérile plus longue et souvent plus épaisse à la base et la partie mâle fertile cylindrique plus longue que la femelle. Les fleurs femelles situées autour de la base du spadice sont simplement des ovaires supères à une loge dont le sommet forme le stigmate (Engler, 1920).



**Figure1.** Morphologie de la feuille de *Xanthosoma sagittifolium* (Nzietchueng, 1985).



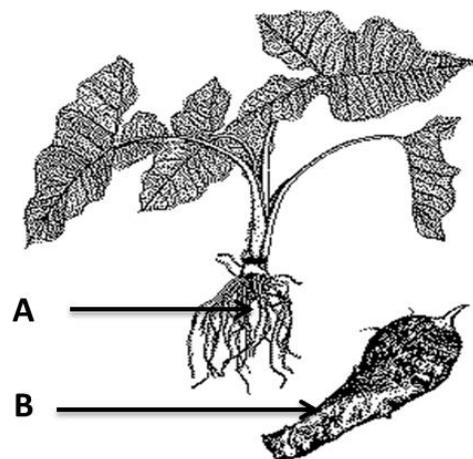
**Figure2.** Fleur du *Xanthosoma sagittifolium*. A= spathe ; B=spadice ; C= spathes emboîtées ; D= pédoncule (Stephen, 1994).

**1-1-3-2- Partie souterraine**

La partie souterraine de *Xanthosoma* est composée d'un tubercule-mère, de tubercules-fils et de racines.

**a. Tige (tubercule-mère et tubercules-fils)**

D'après Engler (1920) *Xanthosoma sagittifolium* fait partie du groupe présentant une tige aérienne bien développée au-dessus du sol. Cette partie de tige au-dessus du sol s'observe lorsque la plante a été laissée en place plus de deux années consécutives. Toutefois, il est possible d'observer cette tige chez une plante ayant moins d'un an d'âge. Ce qui est couramment appelé tubercule-mère est une tige avec des rameaux (Nzietchueng, 1985).



**Figure3.** Tubercules de macabo. A= tubercule mère; B= tubercule fils (Nzietchueng, 1985)

## **b. Système racinaire**

*Xanthosoma* émet des racines dans la partie basale du rhizome. Leur diamètre varie de 3 à 5 mm au niveau du point d'attache sur le rhizome ; leur longueur peut dépasser 1 m. Au stade jeune les racines sont recouvertes sur toute leur longueur de radicelles, abondantes dans la partie proximale et dispersées dans la partie distale (Nzietchueng, 1985).

### **1-1-4- Propagation de *Xanthosoma sagittifolium***

La multiplication végétative est la technique généralement utilisée pour accroître le nombre d'individus des espèces du genre *Xanthosoma*. Toutefois il est possible d'obtenir de nouveaux individus résultant de l'union de deux gamètes par utilisation des techniques artificielles d'induction florale et de pollinisation (Ngowo, 1988).

#### **1-1-4-1- Multiplication végétative du macabo**

Le Multiplication rhizome (tige) constitue l'organe de multiplication du *Xanthosoma sagittifolium*. Il peut être sectionné en plusieurs morceaux dont chacun constitue une semence. Cette multiplication peut également se faire par culture des méristèmes (Behera and Sahoo, 2008), par micro tubérisation *in vitro* et/ou *in vivo* (Omokolo *et al.*, 2003).

#### **1-1-4-2- Multiplication sexuée**

Alors qu'il est possible de maintenir par le biais de la multiplication végétative les caractères fixes chez un individu (clone), la multiplication sexuée permet des recombinaisons diverses donnant ainsi lieu à la création de nouveaux génotypes.

En dehors des facteurs physiques susceptibles de déclencher la floraison (Chouard., *et al* 1949), l'expérience montre que l'utilisation des régulateurs de croissance exogènes permet d'induire la différenciation florale chez certaines plantes cultivées (Guyot, 1970). Les effets spectaculaires des gibbérellines sur la croissance et le développement des plantes ont suscité de nombreux travaux dont on a tiré de nombreuses applications pratiques. (PY *et al.*, 1984). La floraison de *Xanthosoma sagittifolium* dans les conditions naturelles est rare (Wilson, 1979). Cependant elle peut être provoquée par des applications d'un sel de l'acide gibbérellique (Wilson *et al.*, 1980).

## 1-1-5- Importances du *Xanthosoma*

### 1-1-5-1- Importances économiques

Au Cameroun, le *X. sagittifolium* est la troisième culture vivrière après le manioc et le plantain (Wesphal *et al.*, 1985) et occupe la sixième place des plantes à racine et à tubercule dans le monde après le manioc (*Manihot esculenta*), la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), la patate douce (*Ipomoea batatas*), l'igname (*Dioscorea spp*) et le tarro (*Colocacia esculenta*) (Onwueme *et al.*, 1994). L'Afrique est le premier producteur mondial de *X. sagittifolium* avec près de 37% de la production mondiale provenant du Nigéria (Anonyme, 2006). Des enquêtes ont montré que dans les pays producteurs, la culture de *X.sagittifolium* est généralement réalisée dans les exploitations familiales agricoles en majorité par des femmes. Cette production est destinée principalement à l'autoconsommation et c'est le plus souvent l'excédent qui est destiné à la commercialisation sur les marchés locaux (Onyenweaku *et al.*, 2007).

**Tableau1:** Production mondiale des Aroïdes de 2010 à 2019

Année	Production (t)	surface récolté (ha)	rendement (t/ha)
2010	12 13 3765	1 351 094	6,99
2011	9 611 224	1 252 564	7,61
2012	9 441 809	1 428 827	6,90
2013	9 535 315	1 414 931	6,80
2014	9 852 145	1 519 899	6,76
2015	9 627 651	1 725 630	5,96
2016	10 274 254	1 780 637	5,56
2017	10 282 311	1 831 379	5,75
2018	10 378 696	1 881 127	5,83
2019	10 524 371	1 957 358	5,39

Source : Faosat., 2021

**Tableau2:** Top 5 producteurs mondial en 2019

Rang mondial	Pays	Production totale (tonne)	Pourcentage mondial
1	Niéria	2 860 909	27,14
2	Cameroun	1 909 738	18,2
3	Chine	1 908 830	18,11
4	Ghana	1 518 436	14,4
5	Nouvelle Guinée	271 981	2,58

Source : Faosat., 2021

### 1-1-5-2- Importances nutritionnelles du *X.sagittifolium*

#### a. Valeurs nutritionnelles

Le *X.sagittifolium* contient de l'amidon, ce qui en fait une excellente source de glucides. Il contient des fibres alimentaires et une teneur en protéines plus élevée que la majorité des plantes racines tropicales. Il contient également de la thiamine, du calcium, de la niacine, du manganèse, de la vitamine B, de la vitamine C, de la vitamine E, du magnésium, du cuivre et de la riboflavine (Eleazu *et al.*, 2013). La consommation d'aliments riches en nutriments comme le *Xanthosoma* est vitale pour le maintien d'un système immunitaire sain, qui aide le corps à utiliser les protéines, les glucides et les autres nutriments contenus dans les aliments que nous mangeons. Les fibres alimentaires maintiennent un processus digestif plus sain et facilitent le passage des selles.

**Tableau3:** Teneur approximative en valeur nutritionnelle dans 100g de tubercule frais de *X.sagittifolium*.

Vit A (g)	Vit B1 (g)	Vit C (g)	Vit B3 (g)
4.10 <sup>-2</sup>	9,3.10 <sup>-4</sup>	5.10 <sup>-3</sup>	9.10 <sup>-4</sup>

Source : Huang *et al.*, 2007

#### b. Les facteurs antinutritionnels du *Xanthosoma*

L'utilisation du macao dans l'alimentation humaine et animale est restreinte en raison de la nature âcre des cornes qui irritent à l'ingestion et diminuent l'appétabilité. Cela a réduit les possibilités de transformation. L'âcreté est telle qu'en cas de consommation à l'état cru, les grains provoquent un gonflement des lèvres, de la bouche et de la gorge, ainsi qu'une amertume, un goût astringent et des griffures dans la bouche et la gorge (Nixon *et al.*, 1998). Les problèmes d'alimentation et de mauvais goût ont été liés à la teneur en cristaux d'oxalate de calcium en forme d'aiguilles et à d'autres facteurs acides et protéiques. Bradbury *et Nixon* (1998) ont expliqué l'âcreté comme étant due à la mécanique de raphides tranchantes qui perforent la peau douce et aux protéases irritantes et autres composés. Paull *et al* (1999) ont proposé la présence d'un ou plusieurs irritants chimiques sur les surfaces des raphides. Il a été signalé que la teneur en raphides d'oxalate de calcium diminue de l'extérieur vers le centre de la corne et qu'elle est plus abondante dans les sections distales que dans les sections médianes ou apicales. D'autres facteurs antinutritionnels spécifiques ont été signalés, tels que les inhibiteurs de la trypsine, les inhibiteurs de la  $\alpha$ -amylase et les sapotoxines. Bradbury *et al.*

(1995) ont rapporté que les teneurs en cyanure présentes dans les feuilles (0- 30 mg HCN Kg-1 poids frais) et dans les tiges (0- 3 mg HCN Kg-1) du taro et du macabo n'étaient que d'environ 1 à 5 % de celles des feuilles et des tubercules de manioc et ne constituent donc pas une source de préoccupation pour la nutrition humaine.

### **1-1-5-3- Propriétés médicinales**

Les décoctions de feuilles de *Xanthosoma robustum* bouillies sont données aux femmes allaitantes en vue de stimuler la montée de lait (Standley *et* Steyermark, 1958). La sève des inflorescences et des feuilles est utilisée dans le traitement des blessures et des maladies de la peau (Plowman, 1969). En équateur la farine des tubercules de certains cultivars mélangée avec l'alcool et le menthol est utilisée dans la lutte contre les oreillons (Plowman, 1969). Les habitants des Caraïbes additionnent des extraits de *Xanthosoma* à la tisane utilisée dans la lutte contre la diarrhée et les coups de froid (Hodge *et* Taylor, 1957).

Emmanuel-Ikpeme *et al* (2007) rapportent que les grains d'amidon du *Xanthosoma* sont assez petits, ce qui suggère qu'ils facilitent la digestion des aliments. En raison des facteurs de digestibilité, cette culture de racines est adaptée à la production de repas pour nourrissons ainsi qu'à l'alimentation des patients en convalescence. Le *Xanthosoma* est exempt de gluten et convient donc aux personnes allergiques au gluten. Il ont également révélé que l'amidon de *Xanthosoma* est adapté aux patients souffrant de maladies du pancréas, d'ulcères gastroduodénaux, de maladies de la vésicule biliaire, de problèmes hépatiques chroniques et de maladies inflammatoires de l'intestin (Ikpeme *et al.*, 2007).

### **1-1-6- Production de *Xanthosoma sagittifolium***

Le *X. sagittifolium* est une des plantes à tubercule et à racine cultivée principalement pour l'alimentation humaine. Les tubercules et les jeunes feuilles de *X. sagittifolium* constituent un aliment de base pour une grande partie de la population du Cameroun (Nzietchueng, 1980). Elle est couramment cultivée par les petits agriculteurs qui opèrent dans le cadre d'une économie de subsistance. Dans le passé, elle était considérée comme une culture de faible importance dont la culture et la consommation étaient réservées aux agriculteurs les moins privilégiés (Nzietchueng, 1980).

### **1-1-6-1- Exigences écologiques**

#### **a. Besoins en eau et en chaleur**

Le macabo préfère les zones d'altitude bien alimentées en eau, où la pluviométrie est bien répartie sur l'année généralement comprise entre 1500 mm et 2000 mm. C'est une plante ombriophile et préfère les températures allant de 18 à 29°C (Anonyme, 2000).

#### **b. Besoins édaphiques**

Le *Xanthosoma* se développe bien dans les sols légers, sablo-argileux, riches en matière organique, bien drainés, profonds et bien ameublés. Les sols légèrement acides dont le pH se situe entre 5,5 et 6,5 lui conviennent parfaitement. Très rustique, le macabo peut s'accomoder de la salinité des sols hydromorphes (Anonyme, 2000).

### **1-1-6-2- Itinéraire technique de la culture**

#### **a. Choix du site**

Lors de la sélection du site dédié à la culture du *Xanthosoma*, il faudrait d'abord se rassurer que le précédent cultural ne soit pas la même culture, ou alors une plante appartenant à la famille des Aracées. Le site en question doit observer les exigences écologiques précédemment décrites (Anonyme, 2000).

#### **b. Préparation du site**

Naturellement, la première opération de la phase de préparation du site est le défrichage qui peut dans certaines mesures être manuel ou mécaniser. Si la parcelle est située en zone de forêt, l'opération suivante est celle de l'abatage suivie de l'andainage ou du brulis. A la suite, un labour est effectué soit sous forme de billon ou alors en forme de butes à une distance de 1m x 1m. Le labour pourrait être accompagné d'un apport de fumure de fond dans le cas où le sol en est dépourvu (Anonyme, 2000).

#### **c. Préparation des semences et semis**

Le matériel végétal est constitué de corme ou de rhizome de variété blanc ou rouge en provenance des anciens champs et rarement chez le semencier. Ces cormes sont découpées sous forme de mini sets ou alors plantées entièrement (anonyme, 2000). Le semis se fait manuellement et consiste à implanter les mini sets ou des rhizomes entiers dans les billons ou les butes distantes d'1M sur la ligne et d'1M sur l'interligne à une profondeur allant de 15 Cm

à 20 Cm. Cette opération se pratique généralement après la pluie. Une fois ces écartements respectés, le nombre total de semence nécessaire est de 10 000 rhizomes par hectare (Anonyme, 2000).

#### **d. Opérations d'entretien**

##### **- Fertilisation minérale**

Un apport d'engrais organique (fumier) ou d'engrais minéraux est recommandé. On appliquera ainsi par hectare, 100 Kg de potassium, 65 Kg d'Azote et 50 Kg de phosphate (Anonyme, 2000).

##### **- Lutte contre les adventices**

Un à deux sarclages est (sont) effectué (s) durant les trois premiers mois afin de limiter la concurrence avec les adventices. Après cette période, la couverture du sol par les larges feuilles de la plante d'intérêt suffit pour empêcher la croissance des mauvaises herbes (Anonyme, 2000).

##### **- Lutte contre les parasites**

Le *Xanthosoma* a peu de ravageurs redoutables. Il est attaqué par les pucerons notamment *Aphis gossypii*, le *Planococcus citri* et le *Spodoptera littoralis*. Une pulvérisation de Deltaméthrine suffit pour prévenir à bout ces insectes.



**Figure4.** Feuille de *X.sagittifolium* attaquée par les pucerons.

##### **- Attaques fongiques**

L'une des contraintes majeures de la production du *Xanthosoma* est la pourriture racinaire causée par *Pythium miriodylum*. Les symptômes de la maladie se présentent au niveau du port

végétatif sous deux faciès bien distincts : le nanisme et le jaunissement foliaire. Dans le cas de la forme aiguë, l'attaque est brutale (Nzietchueng., 1981). Les tubercules (semences) mis en terre peuvent ne pas germer, ou bien germer et végéter mal. La pourriture débute par l'extrémité des racines mais souvent les lésions peuvent apparaître n'importe où le long des racines. De coloration brun foncée au départ, elle vire ensuite au noir, la racine pourrie (pourriture molle) pressée entre les doigts présente un cylindre central intact (Nzietchueng., 1981). Ainsi, L'application du Métalaxyl ou du Ridomil à la dose de 10 g ma/10 L d'eau permet de contrôler la pourriture racinaire du macabo (Nzietchueng., 1981).

### **1-1-6-3- Récolte de *Xanthosoma sagittifolium***

La récolte peut commencer dès que les feuilles les plus âgées dépérissent et que la plupart des feuilles prennent une couleur jaune (3 à 5 mois après plantation). Toutefois, des récoltes plus tardives donnent des tubercules plus développés. La récolte peut se dérouler de façon échelonnée, à intervalles de trois semaines au moins (Anonyme., 2000). Le macabo d'altitude doit se récolter pendant la saison sèche, ou du moins par temps sec. A ce moment-là, la plupart des racines sont mortes et il est très facile d'arracher les tubercules (Anonyme., 2000). En cas de pluie après maturité, ou si l'on retarde trop la récolte, de nouvelles racines se développent au détriment des tubercules, ce qui complique la récolte. Le risque de pourritures est là encore élevé (Anonyme., 2000). Dans la production paysanne des aracées en Afrique, la récolte est exclusivement manuelle. Elle est facilitée par des outils tels que la machette, la houe ou la pelle. On enlève la terre autour des tubercules avant de les extirper, surtout s'il s'agit de grosses unités. Pendant la récolte, les tubercules doivent être disposés sous abri pour les préserver d'une chaleur solaire excessive. Les blessures sont à éviter, car ces dégâts constituent des pertes résultant de l'accentuation de phénomènes physiologiques ou de l'infection par des agents pathogènes (Bikomo *et* Amougou, 2009).

### **1-1-7- Stockage de *Xanthosoma sagittifolium***

La conservation des tubercules d'aracées est délicate. Sans précautions spéciales et dans les conditions environnementales de l'Afrique tropicale, la moitié de la récolte peut déjà être perdue au bout d'une semaine à un mois (Anonyme., 2000).

#### **1-1-7-1- Opérations préalables**

##### **a. Sélection, nettoyage et séchage**

La cause première des pertes post récoltes et de réduction de la capacité potentielle à l'entreposage des tubercules de macabo est surtout constituée par la pourriture microbienne (Bimkomo *et* Amougou, 2009). Des résultats d'étude sur l'entreposage du macabo ont signalé que cette pourriture est causée par un large spectre d'organisme pathogène provenant du sol et que les blessures survenant durant la récolte ou pendant la phase post-récolte constituent leur point de pénétration essentiel (Bimkomo *et* Amougou, 2009). Ainsi, les tubercules meurtris, brisés, blessés, rongés ou pourris sont identifiés et éliminés, de même que ceux qui sont trop petits ou immatures. Il faut également éliminer tous les débris étrangers (cailloux, morceaux de tiges, etc.). Les tubercules sont ensuite nettoyés (de préférence sans eau) et, en cas de besoin, séchés au soleil (Bimkomo *et* Amougou, 2009).

### **c. Subérisation**

Pour induire le phénomène de subérisation, qui contribue à la cicatrisation des blessures, les tubercules sont soumis pendant 5 à 7 jours à une température de 30 à 35 °C et à une humidité relative de 95 à 100 % (Bikomo *et* Amougou, 2009).

### **d. Emballage**

Afin de faciliter leur manutention et de les protéger des dommages physiques durant le transport, les tubercules sont ensuite regroupés, en quantité raisonnable, dans des conteneurs. Au-delà des considérations à caractère technique, le type d'emballage utilisé pour le transport, et en partie aussi pour le stockage, dépend de la disponibilité locale et du coût. On utilise couramment des frondes de palme tissées, du rotin tissé, du bambou tressé, des sacs de fil tressé, des sacs de jute, des sacs plastique perforés (Quedo *et al.*, 1991), ou non des caisses en bois ou des boîtes de carton.

### **e. Transport**

Les tubercules sont transportés du champ vers le lieu de stockage (mais aussi vers le lieu de commercialisation ou de consommation) dans un emballage traditionnel ou des sacs, caisses, boîtes, etc. Lors du chargement des véhicules de transport, on doit prendre en considération (Anonyme., 2000):

- l'impact de compression verticale et horizontale de l'emballage et du chargement ;
- l'impact d'abrasion, suivant la souplesse de l'emballage et des mouvements du chargement en cours de transport, lesquels sont fonction de l'état des routes ;
- l'impact de choc des opérations de chargement et de déchargement des tubercules

- Il va de soi qu'un soin particulier s'impose pendant le transport afin de réduire les blessures des tubercules au minimum absolu.

#### **f. Traitements chimiques**

La désinfection par trempage dans une solution d'eau chlorinée concentrée à 1% pendant deux minutes a permis de neutraliser les agents pathogènes dans le *Xanthosoma* (René Bikomo *et* Amougou., 2009). Il en est de même pour les fongicides et inhibiteurs de bourgeonnement.

#### **1-1-8- Techniques de stockage**

Il existe pour l'essentiel deux formes de stockage des aracées, le stockage au champ et le stockage hors champ.

##### **1-1-8-1- Stockage au champ**

Le stockage des tubercules d'aracées au champ est toujours souterrain. On peut distinguer deux méthodes :

- Les tubercules restent attachés à la plante-mère et sont récoltés progressivement, suivant les besoins ;
- Les tubercules sont récoltés et mis en tas entourés de paille et recouverts de terre dans une structure souterraine. Ce type de stockage est recommandé pour la saison sèche, car la présence d'eau de pluie entraînerait la pourriture et le bourgeonnement des tubercules. Toutefois, des arrosages légers et fréquents de ces structures sont nécessaires pour les maintenir à un niveau d'humidité convenable (Anonyme., 2000).

##### **1-1-8-2- Stockage hors champ**

Dans ce cas, les tubercules sont disposés dans une enceinte protégée, mais exposés tout de même à une ventilation afin d'obtenir des conditions de température et d'humidité relative satisfaisantes. Il faut que les tubercules soient bien séchés avant le stockage afin d'éviter les risques de pourritures et de bourgeonnement. On rencontre les structures de stockage suivantes (Anonyme., 2000):

- Stockage des tubercules en vrac, à même le sol, où ils sont exposés à l'humidité et aux risques d'attaques de rongeurs et d'autres organismes nuisibles ;

- Stockage dans des caisses de bois contenant de la sciure de bois ou des copeaux humides ;
- Stockage dans une structure protégée (caisse ou étagère grillagée). Les tubercules peuvent être ou non dans des sacs de film plastique perforés ou non, ou des sacs de fil tressé. Les emballages hermétiquement fermés sont à proscrire car ils empêchent la ventilation. Les sacs de jute ne sont pas recommandés dans ce contexte en raison de leur pouvoir d'absorption d'eau, susceptible d'entraîner le dessèchement rapide des tubercules (Anonyme., 2000). Si ce type de stockage est bien géré et surveillé, il donne des résultats plus satisfaisants que les autres ;
  - On peut aussi stocker les tubercules après séchage de la même manière que les cossettes de manioc. Cette pratique est cependant peu répandue ;
  - Théoriquement, le stockage réfrigéré à une température comprise entre 5 et 7 °C et une humidité relative de 80 % est lui aussi efficace (Agbo *et* Rickard., 1991), mais il n'offre pas à l'heure actuelle d'alternative viable dans les conditions des zones rurales africaines (Anonyme., 2000).

### **1-1-10- Transformation**

En Afrique, les aracées sont presque exclusivement consommées à l'état frais. On note le séchage des tubercules frais ou précuits, entiers ou coupés en morceaux. Pour l'utilisation finale, les tubercules séchés sont transformés en farine. Cette farine peut servir à la préparation de divers plats (pâte, etc.). *X. sagittifolium* est également une source de matière dans les industries brassicoles, savonnières et dans la production de l'amidon (Rodriguez *et al.*, 2006).

### **1-2- Généralités sur les Plantes issues d'un Fragment de tige (PIF)**

La technique PIF est une technique horticole de multiplication végétative mise au point par le Centre Africain de Recherche sur le Bananier et Plantain (CARBAP). Son principe réside dans l'exploitation maximale des bourgeons potentiels trouvés sur un rejet à travers l'activation des sites identifiés qui sont actifs ou non (Kwa, 1996). La méthode PIF consiste à exploiter la partie souterraine (bulbe) pour la multiplier. En fait, la tige possède dans sa partie apicale un organe central qui contrôle la croissance de la plante ainsi que de la production des rejets : c'est le méristème apical. La technique de PIF vise à « blesser » le méristème sans le tuer, pour le déséquilibrer en vue de favoriser un développement rapide de tous les bourgeons latéraux au même moment. Pour cela, on utilise les rejets prélevés en champ qui subissent une

série de traitements avant d'être introduits dans une enceinte appelée germoir où ils vont produire de nombreuses plantules.

### **1-2-1- Importances de la technique de PIF**

La technique des Plants Issus des Fragments de tiges (PIF) a plusieurs importances parmi lesquelles :

- Une production rapide d'un matériel de type vivo-plant ;
- Réalisable à n'importe quel moment de l'année sans difficulté (Bonte *et al.*, 1995 ; Kwa, 1996) ;
- Technique facilement accessible aux paysans ;
- Espace de production réduit ;
- Production rapide des variétés désirées ;
- Exploitation de la majorité des bourgeons de la plante, que ceux-ci soient visibles ou non (Anonyme 2009).
- La méthode PIF (Plants Issus de Fragments de tiges), facile à mettre en œuvre.
- Le PIF permet une production en masse des rejets génétiquement identiques, en seulement deux à trois mois, dans un milieu assaini.

### **1-2-2- Inconvénients de la méthode de PIF**

Bien que les PIF soient d'une grande importance, ils présentent également quelques limites parmi lesquelles :

- La propagation très rapide des maladies lorsque le matériel végétal n'a pas été convenablement désinfecté (Kwa, 1996) ;
- Les plants obtenus par la technique de PIF sont vulnérables aux attaques des pathogènes du fait de leur uniformité génétique ;
- L'adaptation des plants après sevrage est très difficile ;
- La technique pourrait conduire à la perte de la biodiversité du fait de la multiplication du matériel végétal le plus sollicité et aussi de l'abandon de la reproduction sexuée qui permet des recombinaisons génétiques (Anonyme, 2009).

### **1-3- Généralités sur les mycorhizes**

#### **1-3-1- Définition**

Il existe plusieurs types d'organismes dans le sol établissant des associations à bénéfiques réciproques parmi lesquelles les champignons mycorhiziens (Balzegue *et al.*, 2012).

Selon le dictionnaire le petit Robert, le mot mycorhize vient du Grec «Myco» qui signifie «Champignon » et « Rhiza » qui signifie « Racine ». Il renvoie pour ainsi dire à l'interaction qui s'établie entres les champignons et les racines des plantes.

#### **1-3-2- Différents types de mycorhizes**

Il existe plusieurs types de mycorhizes. Certaines sont très spécifiques et ne se développent qu'avec quelques espèces végétales comme les éricacées, alors que d'autres sont plus généralistes et sont largement distribuées dans les divers écosystèmes du globe (Fortin *et al.*, 2008).

##### **1-3-2-1- Ectomycorhizes**

Constitués d'environ 5000 espèces de champignons, les ectomycorhizes colonisent environ 5% des plantes vasculaires e majorité des forets tempérées (Heulin, 2014). Ses hyphes s'infiltrant dans les racines de l'arbre entourant les cellules les cellules et forment aux alentours des racines un amas d'hyphes appelé manchon, ce dernier permettant aussi la lutte contre les pathogènes (Dechamplain *et* Gosselin., 2002).

##### **1-3-2-2- Ectendomycorhizes**

Les ectendomycorhizes sont des formes d'associations intermédiaires. Elles dérivent d'une combinaison des caractères propres aux ectomycorhizes et aux endomycorhizes (coexistence d'un manteau fongique avec des hyphes qui pénètrent dans les cellules racinaires).

##### **1-3-2-3- Endomycorhizes**

Parmi les associations endomycorhiziennes, ce sont les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) qui sont de loin les plus répandues à la surface du globe (Smith *et* Read., 1997). Ils se sont adaptés à de nombreux environnements et différentes plantes hôtes en pénétrant dans leurs cellules (Dexheimer, 1997).

Les champignons endomycorhiziens ne sont pas spécifiques et sont normalement associés aux plantes comme les plantes forestières agricoles et horticoles (Bereau, 2003).

### **1-3-3- Etapes de la mise en place des symbioses CMA-plante**

La symbiose mycorhizienne s'installe suivant trois principales phases.

#### **a. Phase a-symbiotique**

Le champignon germe et forme quelques ramifications sans l'aide ou la présence du partenaire végétal (Bécard *et al.*, 2004).

#### **b. Phase pré-symbiotique**

Cette phase correspond aux échanges de signaux diffusibles sans contact direct entre les deux partenaires. La plante sécrète des exsudats perçus par le champignon, induisant sa ramification et son activité métabolique. Le champignon produit lui aussi des signaux perçus par les cellules racinaires, induisant des variations de teneurs en calcium dans le cytoplasme et les noyaux, ainsi que l'activation de gènes végétaux (Bécard *et al.*, 2004).

#### **c. Phase symbiotique**

Le champignon forme un hyphopode à la surface de l'épiderme, la plante met en place un appareil de pré-pénétration (PPA) pour guider le développement du champignon à travers les différentes couches de cellules jusqu'aux cellules du cortex interne où sont mis en places les arbuscules et où ont lieu les échanges. Ensuite le champignon peut finir son cycle de développement et former une nouvelle génération de spores (Genre *et al.*, 2005).

### **1-3-4- Importances des mycorhizes**

#### **1-3-4-1- Absorption des éléments nutritifs**

Les mycorhizes contribuent à l'absorption des éléments nutritifs par les plantes, particulièrement du phosphore, qui est un élément nutritif indispensable à la croissance des plantes. Ces mycorhizes permettent à la plante de bénéficier d'une meilleure absorption du phosphore grâce au réseau d'hyphes des champignons qui colonisent le sol et qui offrent une plus grande surface d'absorption avec le substrat (Plenchette *et al.*, 2005). Les champignons mycorhiziens interagissent avec les microorganismes de la rhizosphère et favorisent le développement de bactéries qui sécrètent des acides organiques chargés de solubiliser le phosphore ; ils favorisent également l'infection des racines par ces bactéries et la formation des nodules qui permettront à la plante d'accéder à l'azote atmosphérique (Barea *et al.*, 2002)

#### **1-3-4-2- Absorption de l'eau**

L'augmentation de la surface d'absorption du système racinaire par la présence du réseau d'hyphes des champignons mycorhiziens favorise l'absorption de l'eau. Le mycélium des champignons permet à la plante de puiser l'eau de petits interstices qui ne sont habituellement pas accessibles aux racines des plantes. Ainsi, les plantes mycorhizées ont tendance à être moins affectées par les périodes de sécheresse (Fortin *et al.*, 2008). De plus, la surface d'absorption des hyphes est dix fois plus efficace que celle des poils absorbants des racines et environ cent fois plus efficace que celle des racines (Jones, 2009)

#### **1-3-4-3- Amélioration de la structure du sol**

Le réseau mycélien constitué par les champignons mycorhiziens est une structure très dynamique qui contribue physiquement à l'assemblage et au maintien des agrégats du sol, entre autres parce que les hyphes du réseau croissent rapidement et se renouvellent constamment (Hamel et Plenchette., 2007). Les mycorhizes par leur action favorisent l'agrégation du sol en réduisant considérablement les risques de compaction et d'érosion, par conséquent la fertilité du sol (Jeffries *et al.*, 2003).

#### **1-3-4-4- Protection de la plante contre les pathogènes**

Les plantes sont continuellement soumises à des agressions de la part des bactéries, de champignons, de nématodes, d'insectes et de maladies fongiques. Les plantes inoculées avec des champignons mycorhiziens à arbuscules sont plus résistantes aux attaques de champignons pathogènes et l'exposition à des toxines du sol (Schiepp *et al.*, 1987). Ces champignons mycorhiziens peuvent intervenir de deux façons et à deux endroits pour protéger les racines contre les champignons pathogènes : dans la rhizosphère et dans les tissus racinaires (Budi *et al.*, 1999). Le second mécanisme permettant aux plantes mycorhizées de mieux résister aux maladies est lié à des modifications des activités physiologiques dans la racine. Les plantes agressées par un agent pathogène réagissent en produisant des substances antibiotiques contre ces organismes (Fortin *et al.*, 2008).

L'association symbiotique entre les CMA et les plantes est dite mutualiste, c'est-à-dire que les deux partenaires tirent profit de l'interaction. Les CMA (biotrophes obligatoires) reçoivent de la plante des éléments carbonés issus de la photosynthèse. L'interaction représente donc un coût pour le partenaire végétal. La part de photosynthétats transférée au champignon est non négligeable puisqu'elle peut

atteindre jusqu'à 20 % du carbone fixé lors de la photosynthèse, soit environ 5 milliards de tonnes de carbone par an (Bago *et al.*, 2000).

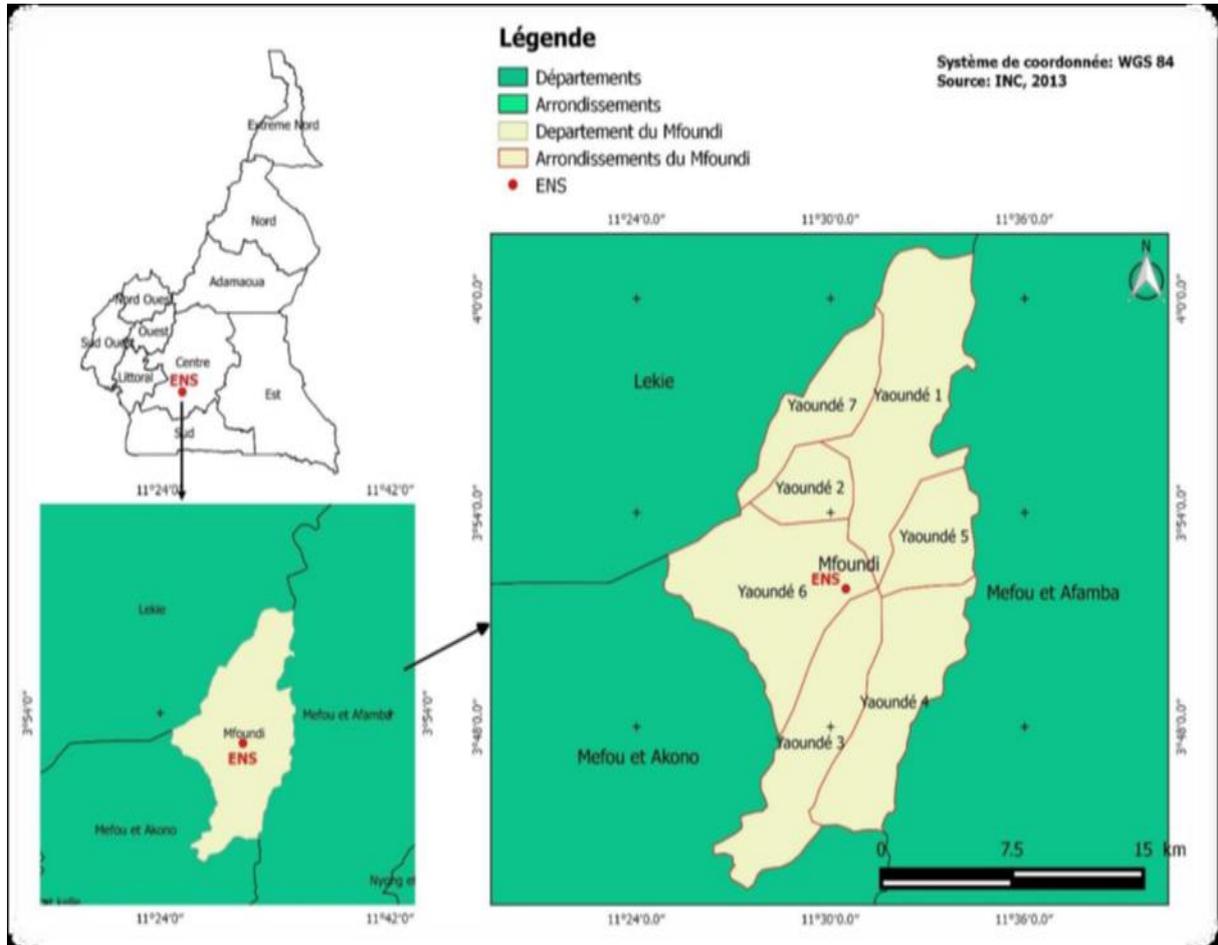
### **1-3-5- Etat de lieu sur l'utilisation des mycorhizes au Cameroun**

Les mycorhizes ont une grande importance agronomique et constituent un atout majeur pour le développement de l'agriculture biologique. Les travaux de Mason *et al.*, (1992), sur *Terminalia*, ont permis de mettre en évidence l'existence de 17 espèces de CMA appartenant au genre *Acaulospora*, *Glomus* et *Scutellospora*. Ainsi, le genre *Glomus* est répandu dans toutes les zones agro-écologiques du Cameroun (Ngonkeu *et al.*, 2013). Les CMA constituent une alternative pour contourner l'utilisation des produits chimiques dans la lutte contre les pathogènes des plantes (Ngonkeu *et* Nwaga., 1998). De même, l'utilisation des CMA permettrait d'améliorer l'absorption des nutriments et la tolérance à la sécheresse chez le bananier/plantain. En 2013, un centre de la production de biofertilisants mycorhizés a été mis sur pied à Abong-Mbang dans la région de l'Est Cameroun pour mettre à la disposition des paysans des micro-symbiotes du sol tels que les Rhizobiums, les CMA et les autres microorganismes telluriques. En outre, l'utilisation des souches mycorhiziennes de *Glomus intradices*, *Acaulospora tubercula* et *Gigaspora margarita* comme biofertilisants mycorhiziens contribue à activer les enzymes oxydatives impliquées dans les mécanismes de défense chez *X. sagittifolium* (Djeuani *et al.*, 2018).

## **CHAPITRE 2: MATERIEL ET METHODES**

## 2-1- Localisation du lieu d'étude

Le travail de terrain a été effectué du 24 Décembre 2020 au 30 Avril 2021. Il était mené dans l'enceinte de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé 1 (ENS) situé entre 3,86° de latitude Nord et 11,5° de longitude Est. L'ENS se trouve dans l'arrondissement de Yaoundé 5, département du Mfoundi, chef lieux de la région du centre.



**Figure5.** Localisation géographique du site d'étude (INC, 2013)

## 2-2- Matériels

### 2-2-1- Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 60 rhizomes de *Xanthosoma sagittifolium* de variété blanche (Figure 6) récoltés dans la localité d'Ebolowa situé entre 2°54'00'' de latitude Nord et 11°9'00'' de longitude Est.



**Figure6.** Matériel végétal

## **2-2-2- Matériel de travail**

### **2-2-2-1- Matériel agricole**

Le matériel agricole utilisé était constitué de la machette, la pelle, la houe, le râteau, l'arrosoir, le seau, la bassine, le fût métallique, la terre et des sachets en polyéthylène.

### **2-2-2-2- Matériel de construction de l'ombrière et des propageurs**

Lors de la construction de l'ombrière et de la fabrication des propageurs, il a été utilisé le bois (planche, latte et chevron), le marteau, les pointes, la scie, le plastique, la pioche, le plantoir, le mètre, la sciure de bois blanc et le copeau de bois blanc.

### **2-2-2-3- Matériel de bureau et de laboratoire**

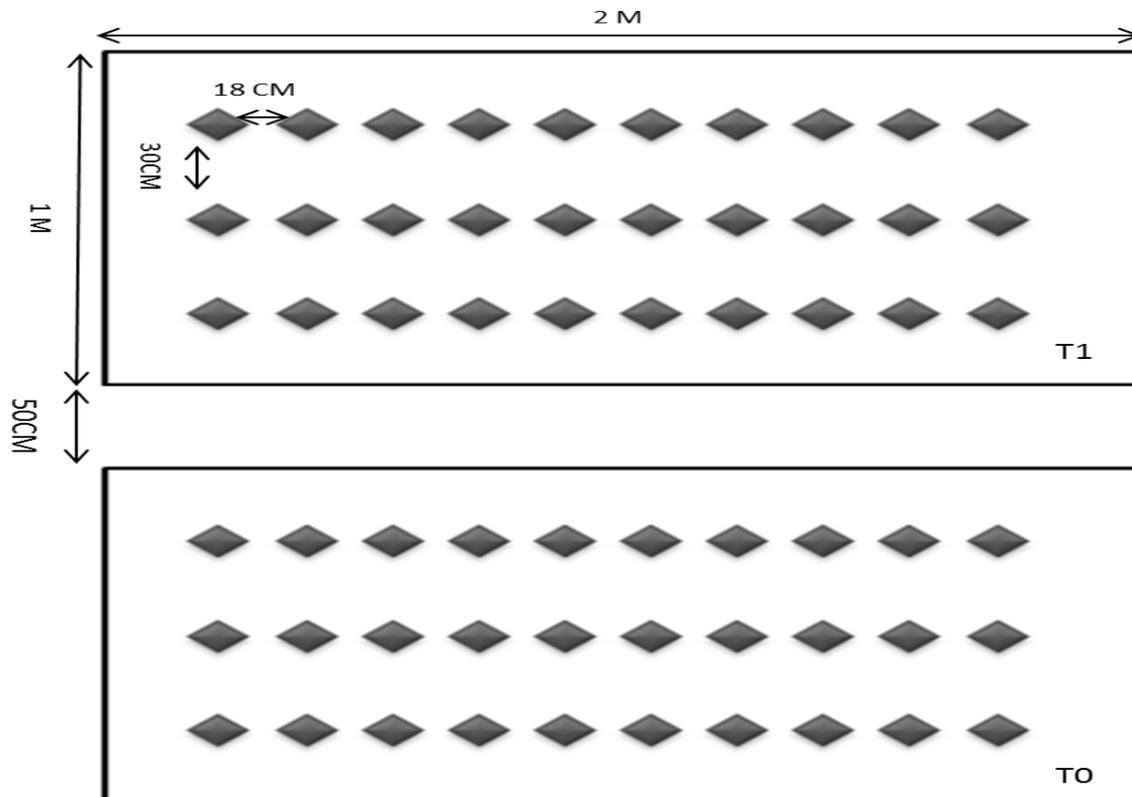
Le matériel de bureau et laboratoire regroupe pour en grande partie les équipements ayant servis à la collecte des données (Annexe 2). Il s'agit notamment de la balance, le pied à coulisse, le couteau, le mètre ruban, le GPS, le Smartphone, le tissu de couleur blanche, une paire de gant, un bloc note, un crayon, un marqueur et un stylo.

## **2-3- Méthode**

### **2-3-1- Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental employé ici est un plan complètement randomisé comportant un facteur (variété de macabo) et deux traitements dont un témoin et un traitement aux

mycorhizes. Le dispositif comprend deux unités expérimentales représentées par des propagateurs sans répétition. Chaque unité expérimentale comporte trente individus (rhizomes) numéroté de 1 à 30. Les observations sont faites sur tous les rhizomes de chaque propagateur.



**Figure7.** Dispositif expérimental. T0= témoin ;T1=traitement aux mycorhizes

### 2-3-2- Mode opératoire

#### - Construction de l'ombrière et des germoirs

Dans un espace dédié aux essais sur le terrain à l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé 1 (ENS), une ombrière était construite avec pour surface 20 m<sup>2</sup> de large. La construction s'était réalisée avec un matériel provisoire et l'ombrière en question était totalement recouverte d'un plastique de transparent (Figure 8-B). Afin d'éviter la boue lors des différents apports d'eau, une couche de béton était déposée sur le sol (Figure 8-C).



**Figure 8.** Construction de l'ombrière et des germeoirs. A= site de construction et mise en place des poteaux ; B= pose de plastique ; C=coulage du sol ; D= construction des propagateurs ; E= ombrière et germeoirs construits.

### 2-3-3- Nettoyage des rhizomes

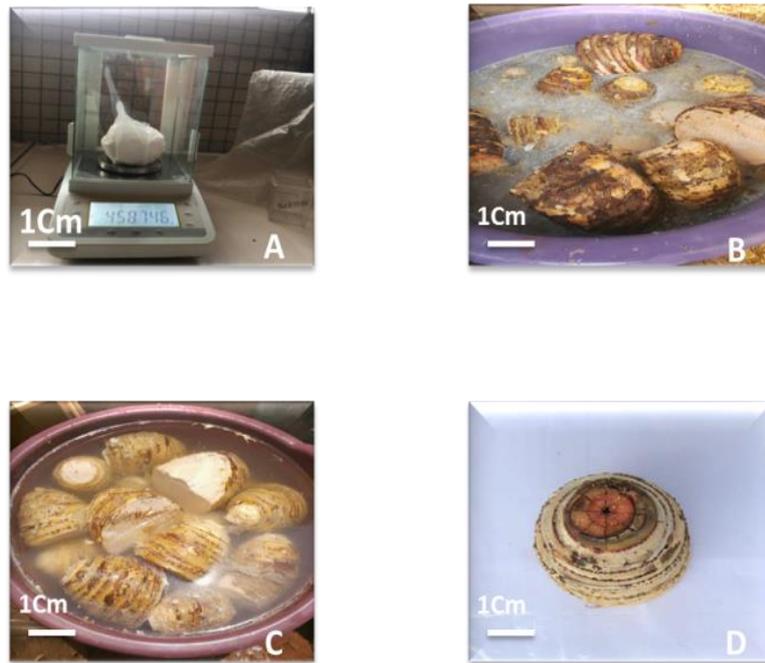
Les rhizomes de macabo en provenance des différents champs ont été débarrassés de leurs racines puis parés à l'aide d'un couteau. Le parage ici consistait à enlever les gaines foliaires qui enveloppent le rhizome (Figure 9).



**Figure 9.** Nettoyage des rhizomes. A= rhizome non nettoyé; B= rhizome nettoyé

### 2-3-4- Désinfection des rhizomes

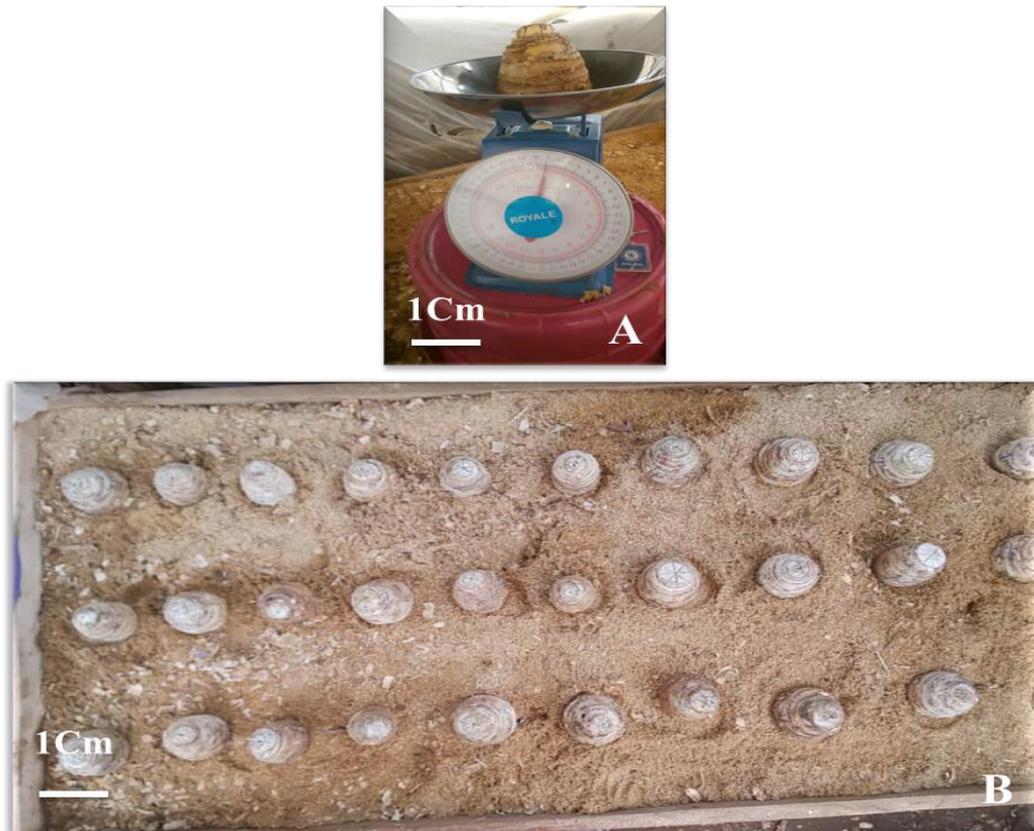
Les explants obtenus après décortiquage ont été désinfectés à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium (NaClO) à raison de 300g pour 10L d'eau. Ces explants furent trempés dans cette solution pendant 40 minutes (Figure 10-B) et après, ils ont subi trois rinçages avec de l'eau courante pendant respectivement 20, 15 et 10 minutes (Figure 10-C) afin de s'assurer que toute la solution est retirée des rhizomes. Après rinçage, les rhizomes étaient posés sous l'ombre pendant 24 heures environ avant d'être ensemencés.



**Figure 10.** Désinfection des rhizomes. A= Pesage de javel; B= Trempage des rhizomes dans l'eau de javel ; C=Rinçage des rhizomes; D= Rhizome désinfecté.

### 2-3-5- Ensemencement

Les gaines laissées sur les explants lors du décortiquage étaient soigneusement coupées puis des incisions ont également été induites à environ 3 à 4 cm de profondeur sur la base de ces tiges afin de supprimer la dominance apicale (Figure 10-D). Par la suite, les explants étaient pesés (Figure 11-A) et numérotés de 1 à 30 avec des poids allant de 290g à 600g. Ces rhizomes étaient ensemencés dans leurs germoirs avec les écartements de 30cm entre les lignes et 18cm sur la ligne (Figure 11-B) de telle sorte que la face contenant les bourgeons était placée contre le substrat puis couverte d'une mince couche de sciure de bois. Ensuite, cet ensemble était suivi d'un arrosage abondant. Les apports d'eau après ce premier arrosage se faisaient deux à trois fois par semaine.



**Figure 11.** Ensemencement des rhizomes. A= Prise du poids du rhizome avant ensemencement ; B=Classement des rhizomes dans le germoir.

### 2-3-6- Processus de mycorhization

Les mycorhizes ont été pesées sur la balance à raison d'1 Kg (Figure 12-A). Ces dernières par la suite étaient mélangées avec de la sciure de bois dans un récipient (Figure 12-B), puis introduites dans le germoir contenant déjà les rhizomes de macabo blanc (Figure 12-C).

### 2-3-7- Collecte de données

Les paramètres de croissance étaient mesurés à partir de quatre semaines après ensemencement. Ainsi sur chaque rhizome, était dénombré le nombre de bourgeon, le nombre de feuille de chaque bourgeon, la taille et le diamètre au collet étaient également mesurés (Figure 13). Le poids des rhizomes et le nombre de plant sevré ont également été prélevés après sevrage (6 semaines après semis). La fréquence de prélèvement des paramètres après la première prise était de deux semaines.



**Figure12.** Processus d’application des mycorhizes. A= pesage des mycorhizes; B= mélange des mycorhizes à la sciure de bois; C= épange du mélange dans le germeoir contenant des rhizomes.



**Figure13.** Mesure du diamètre du collet.

### 2-3-8- Stérilisation de la terre

Une terre végétale achetée auprès d’un jardinier du coin était introduite dans un fût métallique et chauffée sur un feu de bois (Figure 4), ceci pendant deux journées successives. Le chauffage se faisait pendant une durée de 4 heures pour chaque journée.



**Figure14.** Stérilisation de la terre.

### **2-3-9- Ensachage de la terre**

La terre stérilisée a été introduite dans les sachets de polyéthylène d'1l de contenance à raison de trois-quarts du volume total (Figure 15). Ces sachets par la suite étaient placés sous abris, puis convenablement arrosés.



**Figure15.** Ensachage de la terre.

### **2-3-10- Sevrage des rhizomes**

Les rhizomes ont été sevrés 6 semaines après ensemencement. Ainsi, le sevrage consistait à extirper à l'aide d'un couteau les bourgeons qui comportaient au moins une feuille.



**Figure16.** Sevrage des plants. A= explants non sevrés ; B= plants sevrés.

### 2-3-11- Acclimatation

Les plants sevrés (jeunes semences) ont directement été repiqués dans les sachets contenant de la terre stérilisée et placés sous abris pour des fins d'acclimatation. Ces plants étaient ensuite convenablement arrosés. L'apport en eau se faisait à une fréquence de deux à trois fois par semaine.



**Figure17.** Acclimatation des plants. A=Plants repiqués; B= reprise des Plants.

### 2-3-12- Méthode de traitement des données

Les données recueillies ont été traitées avec le tableur Microsoft Excel (version 2010) et le logiciel Graphpad. Le tableur a permis de simplifier les données et de tracer les graphes tandis que Graphpad a permis de tester l'hypothèse, donc de déterminer le degré de significativité de la différence des variables étudiées. Ainsi, le test appliqué pour la séparation des moyennes était celui de Student-Newman-Keuls au seuil  $P < 0,001$  pour une différence hautement significative et au seuil  $P > 0,05$  dans le cas où le traitement n'a pas d'effet sur la variable observée.

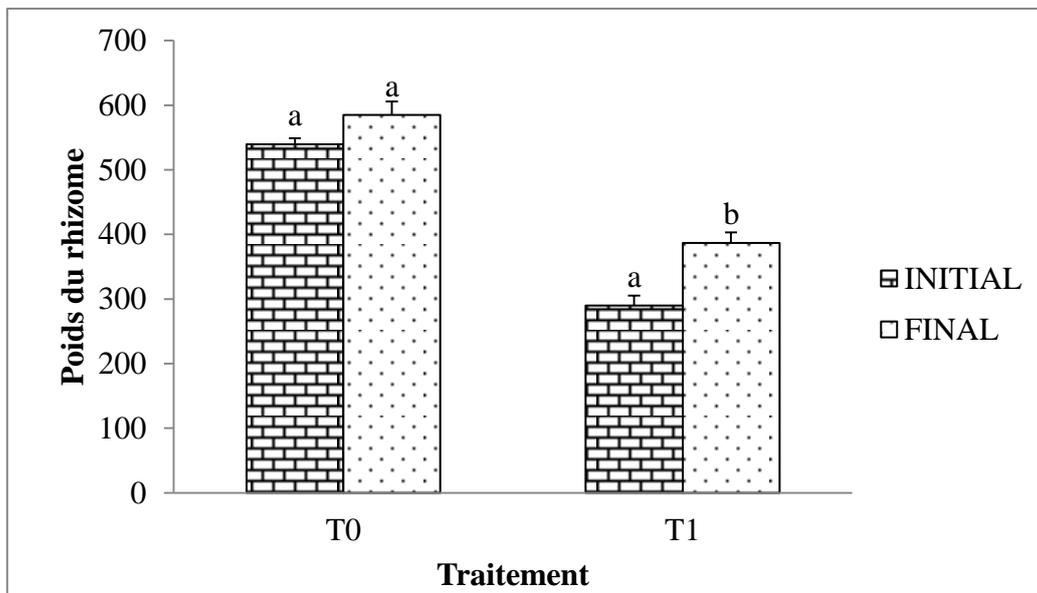
## **CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION**

### 3-1- Résultats

Les paramètres observés étaient mesurés sur une durée de 6 semaines en tout, soit un cycle de production en germe. Au terme de cette période, les révélations étaient les suivantes.

#### 3-1-1- Variation du poids du rhizome

Les résultats sur la variation du poids moyen du rhizome montrent que ce paramètre change en fonction du traitement appliqué (figure 18). Ce poids augmente considérablement par rapport au poids initial utilisé. Il est passé de  $539,28 \pm 49,73$  à  $585,18 \pm 81,82$  pour le traitement blanc témoin (T0) et de  $290 \pm 116,61$  à  $387 \pm 88,35$  pour le traitement blanc mycorhizé (T1). Par ailleurs, le test de Student-Newman-Keuls révèle que cette augmentation n'est pas statistiquement significative chez T0 au seuil  $P > 0,05$  alors qu'elle est très significative chez T1 au seuil  $P < 0,01$ .

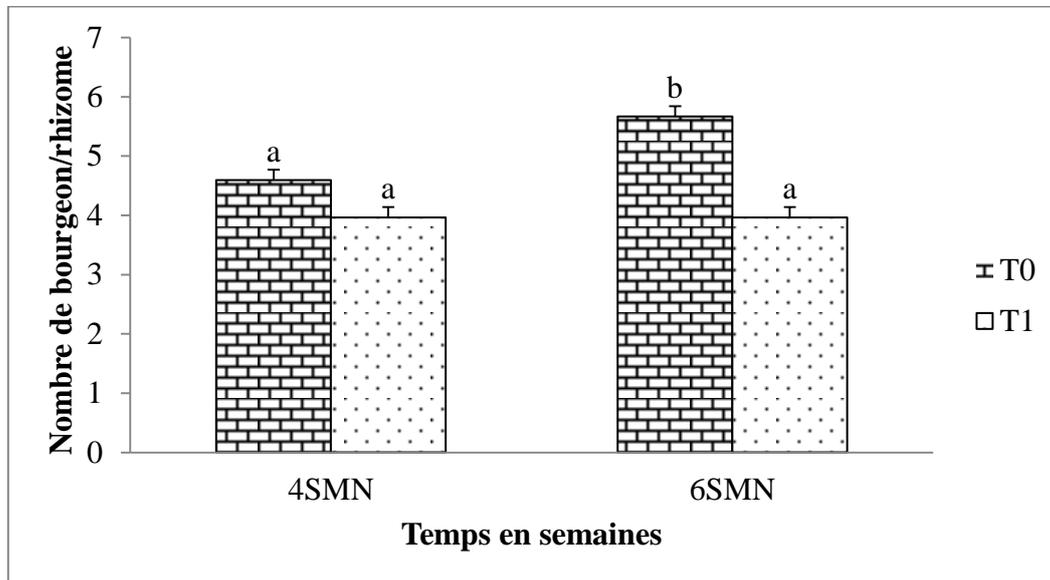


**Figure 18.** Variation du poids du rhizome. T0= témoin ; T1= rhizomes mycorhizés. Les mêmes lettres désignent une différence non significative.

#### 3-1-2- Nombre de bourgeons débouffé par rhizome

L'évolution du nombre moyen de bourgeon produit par rhizome a sensiblement augmenté chez le cultivar blanc témoin (T0) par rapport au cultivar blanc mycorhizé (T1) qui est resté constant pendant tout le cycle de production (figure 19). De quatre à six semaines après ensemencement, le nombre moyen de bourgeon produit par rhizome est passé de  $4,59 \pm 1,24$  à  $5,66 \pm 1,70$  chez le cultivar T0 et constant chez le cultivar T1 soit  $3,96 \pm 0,88$ . En outre, le test d'hypothèse au seuil  $P > 0,05$  a révélé que cette différence est non significative

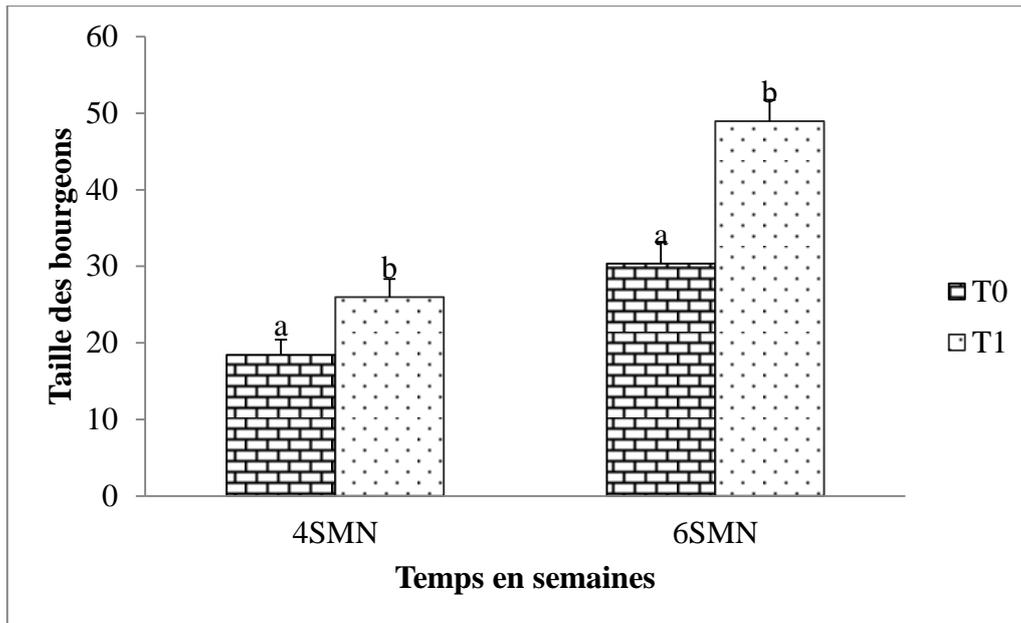
entre T0 et T1 pendant la première période d'observation (4 semaines après ensemencement). Deux semaines après cette observation, le test révèle qu'il y a une différence statistiquement très significative entre les deux traitements au seuil  $P < 0,001$ .



**Figure 19.** Evolution du nombre de bourgeons débouffés par rhizome. T0= témoin ; T1= rhizomes mycorhizés. Les mêmes lettres désignent une différence non significative

### 3-1-3- Evolution de la taille des bourgeons

La taille moyenne des bourgeons a largement augmenté chez le traitement blanc mycorhizé pendant tout le cycle de production (figure 20). Entre quatre et six semaines après ensemencement, cette taille est passée de  $18,40 \text{ cm} \pm 10,37 \text{ cm}$  à  $30,32 \text{ cm} \pm 14,77 \text{ cm}$  chez le cultivar blanc témoin (T0), et de  $25,97 \text{ cm} \pm 11,87 \text{ cm}$  à  $48,97 \text{ cm} \pm 13,85 \text{ cm}$  chez le cultivar blanc mycorhizé (T1). Toutefois, les différences de croissances entre les deux traitements après test d'hypothèse ont révélé des résultats statistiquement significatif à  $P < 0,05$  et très significatif au seuil  $P < 0,001$  respectivement quatre et six semaines après ensemencement.



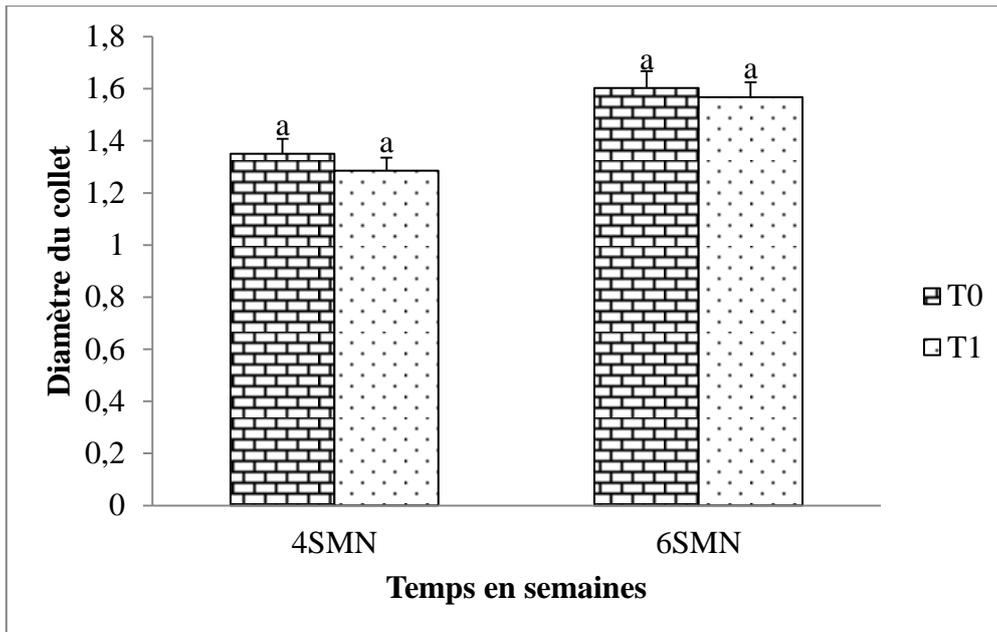
**Figure20.** Evolution de la taille des bourgeons dans le temps. T0= témoin ; T1= rhizomes mycorhizés. Les lettres différentes désignent une différence significative à  $P < 0,001$ .

#### 3-1-4- Diamètre du collet

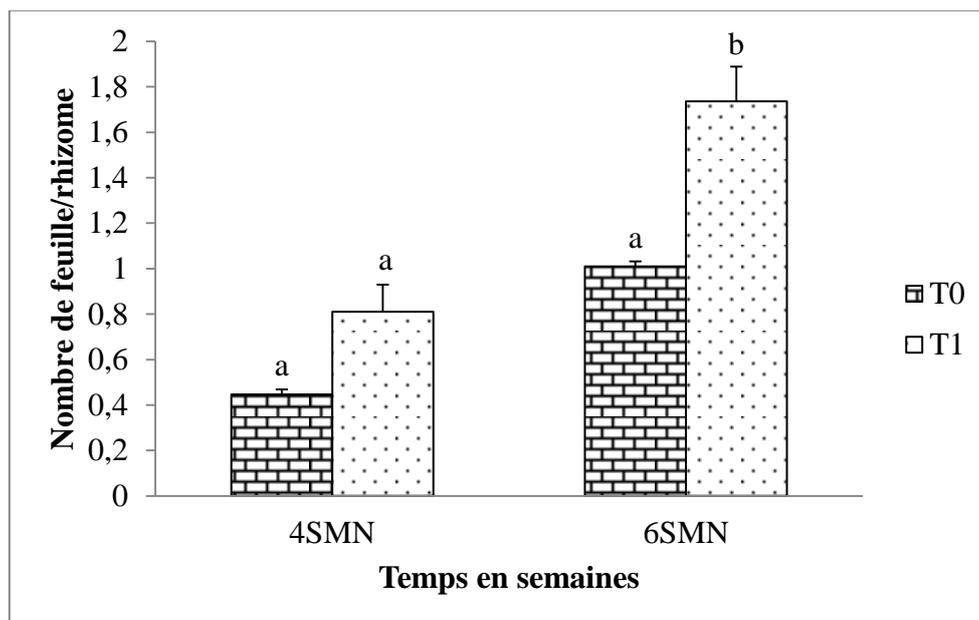
Les bourgeons débourrés sur les rhizomes du traitement blanc témoin (T0) ont des diamètres au collet légèrement supérieurs à ceux débourrés sur les rhizomes du cultivar blanc mycorhizé (T1) (figure 21). Toutefois, ce diamètre est de  $1,35 \text{ cm} \pm 0,30 \text{ cm}$  et  $1,28 \text{ cm} \pm 0,24 \text{ cm}$  respectivement chez les cultivars T0 et T1 à la fin des quatre premières semaines après ensemencement et de  $1,60 \text{ cm} \pm 0,34 \text{ cm}$  et  $1,5 \text{ cm} \pm 0,29 \text{ cm}$  respectivement chez les cultivars T0 et T1 six semaines après ensemencement. Par ailleurs, cette différence était non significative au seuil  $P > 0,05$ .

#### 3-1-5- Développement des feuilles

Le nombre moyen des feuilles produites par bourgeon débourré et par rhizome est largement supérieur chez le cultivar blanc mycorhizé (T0) par rapport au cultivar blanc témoin (figure 22). Il est passé de la fin de la quatrième semaine à celle de la sixième de  $0,45 \pm 0,64$  à  $1,01 \pm 0,60$  chez T0, et de  $1,29 \pm 0,2$  à  $157 \pm 0,29$  chez T1 respectivement. Cependant, cette différence s'est révélée statistiquement non significative à  $P > 0,05$  et très significative au seuil  $P < 0,001$  entre quatre et six semaines respectivement.



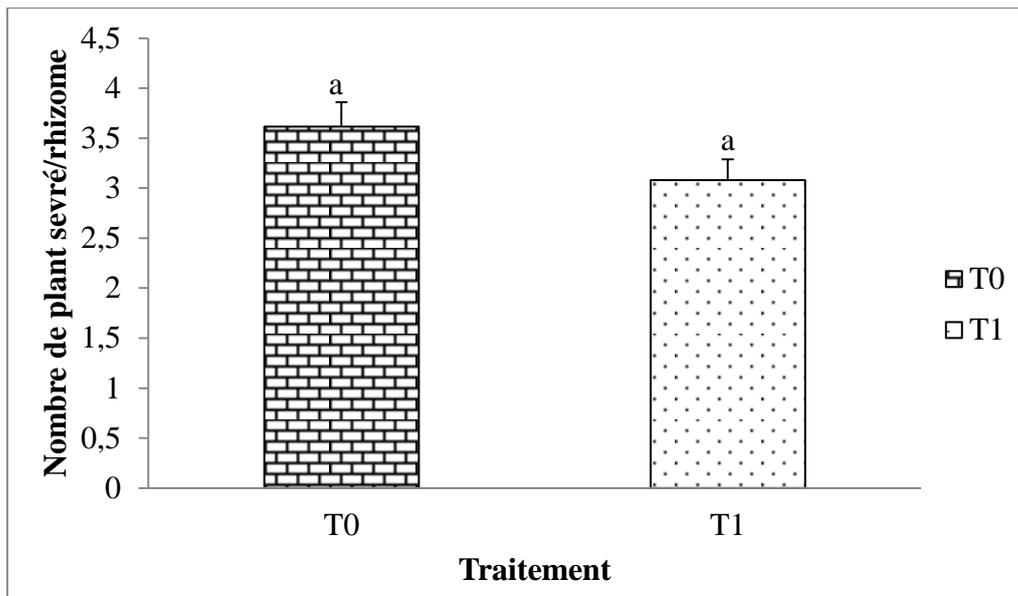
**Figure 21.** Comportement du diamètre du collet. T0= témoin ; T1= rhizomes mycorhizés. Les mêmes lettres désignent une différence non significative à  $P > 0,05$ .



**Figure 22.** Evolution du nombre de feuilles par rhizome. T0= témoin ; T1= rhizomes mycorhizés. Les lettres différentes désignent une différence significative au seuil  $P < 0,001$ .

### 3-1-6- Nombre de plants sevré

Le nombre moyen de plant sevré par rhizome est largement supérieur chez le traitement blanc témoin (T0) soit  $3,61 \pm 1,29$  par rapport à celui du traitement blanc mycorhizé qui est de  $3,08 \pm 0,29$  (figure 24). Mais statistiquement, cette différence s'est révélée non significative au seuil  $P < 0,05$ .



**Figure23.** Nombre de plant sevré par rhizome. T0= témoin ; T1= rhizomes mycorhizés. Les mêmes lettres désignent une différence non significative au seuil  $P>0,05$ .

### 3-2- Discussion

#### 3-2-1- Poids du rhizome

Le poids moyen du rhizome a augmenté chez les deux cultivars blancs témoin (T0) et blanc mycorhizé (T1) (Figure 18). Cette augmentation suivant les deux traitements peut s'expliquer par l'absorption d'eau des rhizomes. Cependant cette augmentation s'est faite de façon significative chez T1 comparé à T0 après six semaines (Figure 19). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la symbiose *Xanthosoma sagittifolium*-CMA a apporté un excédent d'eau chez. Ce qui met en exergue l'implication des mycorhizes dans l'absorption d'eau (Fortin *et al.*, 2008).

#### 3-2-2- Nombre de bourgeon débourré par rhizome

Les observations sur nombre moyen de bourgeon débourré par rhizome ont révélé des résultats statistiquement non significatifs entre T0 et T1 quatre semaines après ensemencement (Figure 19). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que durant les quatre premières semaines les rhizomes de T1 sont entrains d'établir la symbiose avec les CMA. De ce fait, le carbone produit par hydrolyse de l'amidon contenu dans les rhizomes est partagé pour assurer à la fois le débourement et la symbiose. Par ailleurs, les résultats obtenus six semaines après ensemencement révèlent une différence statistiquement très significative entre T0 et T1 au seuil  $P<0,001$  (Figure 20). Cette supériorité du nombre de bourgeon chez T0 par

rapport à T1 serait le coût à payer à la symbiose entre les rhizomes de T1 et les CMA. Le carbone produit par les bourgeons lors de la photosynthèse continue d'être partagé dans la symbiose (Bago *et al.*, 2000).

### **3-2-3- Taille des bourgeons**

La taille des bourgeons est significativement supérieure chez T1 lors des deux périodes de prise des paramètres notamment quatre et six semaines après ensemencement. Cette différence est faible ( $P < 0,05$ ) pendant la première période et très forte ( $P < 0,001$ ) pendant la seconde (Figure 20). Ce résultat s'expliquerait par le fait que durant la première période, la symbiose est en cours d'installation (phase pré-symbiotique), ainsi la plante ne bénéficie pas normalement l'eau et les sels minéraux fournis par les CMA (Bécard *et al.*, 2004). Par contre, la symbiose étant déjà bien établie durant la deuxième période (6 semaines après), les bourgeons débouffés sur les rhizomes de T1 bénéficient largement des nutriments de la symbiose. Ce qui met en relief le rôle des CMA dans la nutrition des plantes (Plenchette *et al.*, 2005).

### **3-2-4- Diamètre du collet**

Les résultats sur l'évolution du diamètre moyen du collet des bourgeons débouffés sur les rhizomes des deux traitements ont donné des différences non significatives au seuil  $p > 0,05$  (Figure 21). Ce résultat peut s'expliquer par la croissance accentuée de la taille des bourgeons et le nombre de feuille relativement abondant chez T1 qui aurait occasionné une compétition en lumière entre les bourgeons débouffés sur ses rhizomes. En outre, ce résultat n'est pas celui escompté étant donné que les CMA favorisent l'assimilation du phosphore (Plenchette *et al.*, 2005), ces plantes devraient normalement être plus robustes que celles du témoin.

### **3-2-5- Nombre de feuille**

Le nombre de feuille est largement supérieur chez T1 que chez T0 lors des deux périodes de prise de paramètres. Cette différence n'est pas significative pendant les quatre premières semaines, et très significative six semaines après ensemencement. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que pendant la première période, la symbiose est en cours de formation chez T1, donc le peu de nutriment que la plante reçoit de la symbiose en cours de formation est destiné au débouffement des bourgeons et à leurs croissances. Par contre, deux semaines plus tard la différence est très significative au seuil  $P < 0,001$ . Pendant cette période, la symbiose est déjà fonctionnelle (phase symbiotique) et les bourgeons débouffés des

rhizomes de T1 reçoivent un maximum de nutriment de cette dernière. Ce résultat est en corrélation avec l'implication de l'assimilation du phosphore améliorée par la symbiose mycorhizienne (Smith *et* Read., 2008).

### **3-2-6- Nombre de plants sevrés**

Les résultats obtenus sur le nombre moyen des plants sevrés par rhizomes six semaines après ensemencement ont révélé une différence statistiquement non significative entre T0 et T1. En effet lors de l'association symbiotique entre la plante et les champignons mycorhiziens, la plante a mis à la disposition des bourgeons la grande partie des éléments nutritifs fournis par les mycorhyses, ce qui a d'ailleurs également augmenté la taille et le nombre de feuille des bourgeons. Cependant, le déplacement majoritaire des sucres de la plante aux. Ainsi, l'effet mutualiste de la symbiose CMA-plante est une fois de plus mis en évidence ce qui concorde avec les travaux de Bago *et al* (2000) au sujet de la relation mutualiste entre CMA-plante.

## **CHAPITRE 4: CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

#### **4-1- Conclusion**

La culture du *Xanthosoma sagittifolium* repose sur un nombre de difficultés non négligeables telles que les attaques fongiques notamment le *Pythium myriotylum*, et l'indisponibilité du matériel végétal villageois. Afin de trouver une voie pour contourner ces problèmes, il a été mis sur pied un essai qui porte sur la production des semences assainies par la méthode de PIF. L'objectif général de cette étude reposait sur la production massive des semences de macabo assainies.

A cet effet, des rhizomes de *Xanthosoma sagittifolium* de cultivar blanc récoltés dans la localité d'Ebolowa ont été multipliés par la méthode de PIF dans l'enceinte du campus de l'ENS de Yaoundé, selon un plan mono factoriel complètement randomisé comportant deux traitements dont un témoin (T0) et un traitement aux mycorhizes (T1). Les observations portaient sur l'évolution du poids du rhizome, la taille des bourgeons débourrés, le diamètre au collet, le nombre de feuille et le nombre de plant sevré.

Les résultats obtenus ont montré que les semences de macabo peuvent être produites par la méthode de PIF, soit une production moyenne de 4 plants par rhizome au premier cycle. Cet essai a également mis en exergue quelques fonctions des symbioses mycorhiziennes illustrées le cas échéant par une augmentation significative du poids des rhizomes, une croissance rapide des bourgeons et une production importante du nombre de feuilles.

#### **4-2- Perspectives**

Les résultats obtenus ont permis de constater que le macabo comme le plantain peut se multiplier avec la technique de PIF. Cependant, ces résultats ne peuvent pas encore être vulgarisés. Ainsi pour la suite, il sera donc question de :

- Poursuivre l'essai afin de déterminer le nombre de cycles de production probable pour un rhizome, déterminer le poids du rhizome le plus productif et la variété la plus productive ;
- Reprendre l'essai avec différents substrats afin de déterminer le mieux adapté ;
- Suivre l'évolution des plans obtenus en champ et comparer le rendement obtenu avec celui des paysans.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agueguia A. et Nzietchueng S., 1984. Production des plantes hybrides et test de résistance à la pourriture racinaire de macabo (*Xanthosoma sagittifolium*). causée par *Pytium myriotylum* au Cameroun. In *Tropical Roots Crops*. Proceedings second symposium ISTRC-AB, 14-19 August 1983 (Douala Cameroun) Ed. IDRC OTTAWA-CANADA ; 231p.
- Anonyme, 1992. Faostat Catalogue avant publication de la bibliothèque David Lubin. Prévention des Pertes après récolte : fruits, légumes, racines et tubercules (collection FAO : formation n°17/2) ISBN 92-5-202766-1.
- Anonyme, 2000. GTZ- les richesses du sol. Les plantes à racines et à tubercules en Afrique : une contribution au développement des technologies de récolte et d'après récolte. *Deutsche stiftung für internationale Entwicklung (DES)*. Wielinger Str : 52 82340 Feldafing. PP 197-209 ;
- Anonyme, 2005. Programme National de Développement des plantes à Racine et Tubercule (PNDRT). Etude sur l'observation des racines et tubercules.
- Anonyme., 2012. Faostat. World food and agriculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations ;
- Bâ A., Sanon B., Duponnois R and Dexheiner J., 1999. Growth response of *Azelia africana*. Seedlings to ectomycorrhizal inoculation in nutrient deficient soil. *Mycorrhiza*, 9 : 91-95 ;
- Bécard G., Kosuta S., Tamasloukht M., Roux C., 2004. Partner communication in the arbuscular mycorrhizal interaction. *Canadian Journal of Botany* 82: 1186–1197.
- Behera K.K. and Sahoo S., 2008. *In vitro* micropropagation of *Colocasia esculenta* (L.)Schott. (cv local-jhankhri) through corm sprouts. *Orissa J. Horti*c. 36:50-54.
- Berta B, 2000. Putative sites for nutrient uptake in arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and soil* 226(2), 263-274 ;
- Bikomo R. et Amougou A., 2009. Impact de la variété et la maturité à la récolte sur l'effet de la chloration et l'emballage du macabo (*Xanthosoma spp*) en entreposage. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 3(3) : 598-605 ;
- Bikomo R. et Amougou A., 2009. Indice de l'enfouissement dans les buttes sur le comportement du macabo (*Xanthosoma sagittifolium L.*) blessé ou traumatisé en entreposage. *Cameroon journal Experimental Biology* 5(2) : 62-68 ;
- Bown D, 2000. Aroids- Plants of the Arum Family. 2nd ed. *Timber Press, Oregon*.

- Bradbury, and Nixon J., 1998. the acidity of raphites frome diable Aroid ;
- Catherinet M, 1965. Note sur la culture du macabo et du taro au Cameroun. *L'agronomie tropicale* ;
- Plenchette C., Grant.C., Bittman.S. and Montreal.M., 2005. Soil fertilizer phosphorus : Effects on plant P supply and mycorrhizal developpement. *Canadian journal of plant Science* 85 (1),3-14, 2005 ;
- Croat T. B, 1990. Ecology and Life forms of Araceae. *Aroideana* 11(34):1-55
- Croat T.B., Delannay X., and Hannon L.P., 2017. A Revision of *Xanthosoma* (Araceae). Part 1: Western South America. *Aroideana*, 40:4-503 ;
- Djeuani A., Gwan M., Tene T and Boudjeko T., 2019. Field performance of *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott. Mini tubers Grown Under the influence of Pultry Manure and NPK Fertilizers : Changes in Content of Some Secondary metabolites. *Journal of Biology, Agriculture and Heathcare*. ISSN 2224-3208 (paper) ISSN 2225-093X (online. Vol.9, No 20, 2019 ;
- Djeuani A., Mbouobda., Omokolo D., 2018. Effect of arbusclar mycorrhizal on the dynamics of hydrogene peroxyde, the activities of catalase, ascorbate peroxidase and guaicol peroxidase in *Xanthosoma sagittifolium*. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 12 (5), 1-15, 2018 ;
- Ikpeme E., Essiet U. and Eneji C.A., 2007. Storage stability and sensory evaluation of tarro chips fried in palm oil, palm olein oil, groundnut oil, soybean oil and their blends. *Pakistan Journal of Nutrition* 6(6),510-575, 2007 ;
- Feth Z., Haichar., Catherine S., Thierrt H and Wafa A., 2014. Root exudate interactions belowground. *Soil Biology and Biochemistry* 77, 69-80, 2014 ;
- Genre A., Chabaud M., Faccio A., Barker D.G., Bonfante P., 2008. Prepenetration apparatus assembly precedes and predicts the colonization patterns of arbuscular mycorrhizal fungiwithin the root cortex of both *Medicago truncatula* and *Daucus carota*. *The Plant cell* 20:1407–20 ;
- Genre A., Chabaud M., Timmers J., Bonfante.P., Barker.D., 2005. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Elicit a Novel Intracellular Apparatus in *Medicago truncatula* Root Epidermal Cells before Infection. *The Plant Cell* 17: 3489–3499 ;
- Hamza., Hana Z., Arifa B., and Silvio.G., 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal fongi and fertilization levels on industrial tomato growth and production. *International of Journal of Agricultural and Biology* 19 (2), 2017 ;

- Julia K., Alan C.G., and Tara J., 2009. Effects of mycorrhizal fungi on insect herbivores : a metanalysis. *Ecology* 90 (8), 2088-2097, 2009 ;
- Keating R.C., 2003. Leaf anatomical characters and their value in understanding morphoclines in the Araceae. *Botanical Review* 68:510-523.
- Kwa M, 1996. Etude des techniques de multiplication du matériel végétal *in vivo* dans : rapport technique 1996 – 1997, Doc. Interne, CRBP, Njombé, Cameroun, 1998, pp. 96-100 ;
- Mason S.C., Elis J.R., and Roder R., 1992 .Grain Shorghum-soybean rotation and fertilization influence on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil science Society of America Journal* 56 (3), 789-794, 1992 ;
- Moïse B., Eliane L., Agnès D., Jean Garbaye., 2003. Symbiose mycorhizienne et nutrition minérale. *Revue forestière Française*.
- Dechamplin N. et Gosselin L., 2002. Les champignons mycorhiziens. *Universilaval* ;
- Ngonkeu, 2013 – Des champignons symbiotiques contre la désertification des écosystèmes méditerranéennes tropicaux et insulaires (pp. 141-154) ;
- NgonKeu M., Nwaga D., Adamou S et Fokom R., 2013. Diversité des champignons mycorhiziens à arbuscules au Cameroun.
- Nicolson D.H., 1975. A new lectotypification of the genus *Xanthosoma* Schott (Araceae) ; *Taxon* (24), 345 - 347.
- Nzietchueng S, 1984. Tannia *Xanthosoma* sp. Leaf burning disease in CARID/EDF "Aroids/Arrow-root Improvement" Project area : Case of the Commonwealth of Dominica. Report submitted as a Consultant to CARDI/EDF May-June 1984, 28 p.
- Nzietchueng S, 1985 - Genre *Xanthosoma* (macabo) et contrainte de production: Cas particulier de la pourriture racinaire causée par *Pythium myriotylum* Drechsl. au Cameroun. These Doctorat d'Etat Sciences. Unviersite de Yaounde 246 p.
- Nzietchueng S., Minyogok., 1981. Une maladie du *Xanthosoma sagiifolium* au Cameroun causée par *Pythium myriotylum* ;
- Olutosin A and Otekurin Barbara., 2021. Cocoyam (*Colocacia esculenta* (L) Schott) : exploring the production, health and trade potentials in tha Sub sahara Africa ;
- Onokpise O.U., Wutoh J.G., Ndzana X., Tambong J.T., and Mebokaet M.M., 1999. Evaluation of Cocoyam Germplasm in Cameroon. In: Perspective of New Crops and New Uses, Janick, J., (Ed.). *ASHS Press*, Alexandria, VA., pp: 394-396 ;

- Onyeka J, 2014. Status of Cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma spp.*) in West and Central Africa : Production, Household Importance and the Threat from Leaf Blight ;
- P Jeffries., 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility ;
- Pacumbaba R., Wutoh A., Sama J., Tambong and Nyochembeng., 1992. Isolation and pathogenicity of rhizosphere fungi of cocoyam in relation to cocoyam root rot disease. *J. Phytopathol.*, 135: 265-273 ;
- Petruzzello M, 2018. List of plants in the family Araceae. Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica, inc. Available at: <https://www.britannica.com/topic/list-of-plants-in-the-family-Araceae2075376>;
- Plowman T, 1969. Folk uses of new World Aroids, *Econ. Bot.* 23 (2) 97 – 122 ;
- Ramanatha R.V., Matthews P. J., Eyzaguirre P. B., & Hunter D., 2010. The global diversity of taro: Ethnobotany and conservation. Rome, Italy: *Biodiversity International*, 2010 ;
- Robert E., Chung T., Ken G., and Gailuru., 1999. The nature of the taro acidity factor. *postharvest Biology and technology* 16(1), 71;
- Sally E., Andrew S., and Iver J., 2003. Mycorrhizal can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. *Plant physiology* 133 (1), 16-20;
- Schafer L., 1999. Improvement of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) growing system in bamilike land (West-Cameroon). *Cahier. Agric.*, 8: 9-20 ;
- Smith S.E., Read D.J., 2008. Mycorrhizal Symbiosis (AP London, Ed.). New York ;
- Stanley P. and Steyermark J., 1958. Flora of Guatemala. *Fiddiana (Botana)* 24 24 (1) ;
- Stehle H., 1949. Les choux Caraïbes des petites Antilles Françaises. *Rev. Int. Bot. Appl. Agric. Trop.* 26 (283-284) ;
- Thompson S. and Dewet J., 1983. *Xanthosoma* (Araceae) A taxonomic and ethnobotanic conspectus. Paper presented at, the 6th Symp. ISTRC Lima (peru). (Roneotype) 17 p ;
- Timothy P., 1969. Folk uses of new world Aroids/ economic botany 23(2), 97-122., 1969.
- Vaneker K. and Slaats E., 2013. Mapping edible aroids. *Iridescent Icoграда*, 3, 34–45 ;

- Vargas J., Consiglio T., Jørgensen P., Croat T., 2004. Modelling distribution patterns in a species-rich plant genus, *Anthurium* (Araceae), in Ecuador. *Diversity Distribution* 10:211-216 ;
- Wilson J., 1980a. Promotion and production of seed in Cocoyams (*Xanthosoma saggitifolium*) IFS Provo Rept. N° 5 : 269-277 .e du Sud ;
- Wilson J.E., 1979. Promotion of flowering and production of seeds in cocoyams (*Xanthosoma saggitifolium*) it 5th Inter. Symp. on Trop. Root Crops, manila, Philippines 17.21. Sep. (Roneotype) ;
- Xu T., Omokolo N.D., Tsala N.G., and Ngonkeu M.E., 1995. Identification of the causal agent of cocoyam root rot disease in Cameroon. *Acta Mycol. Sin.*, 14: 37-4.

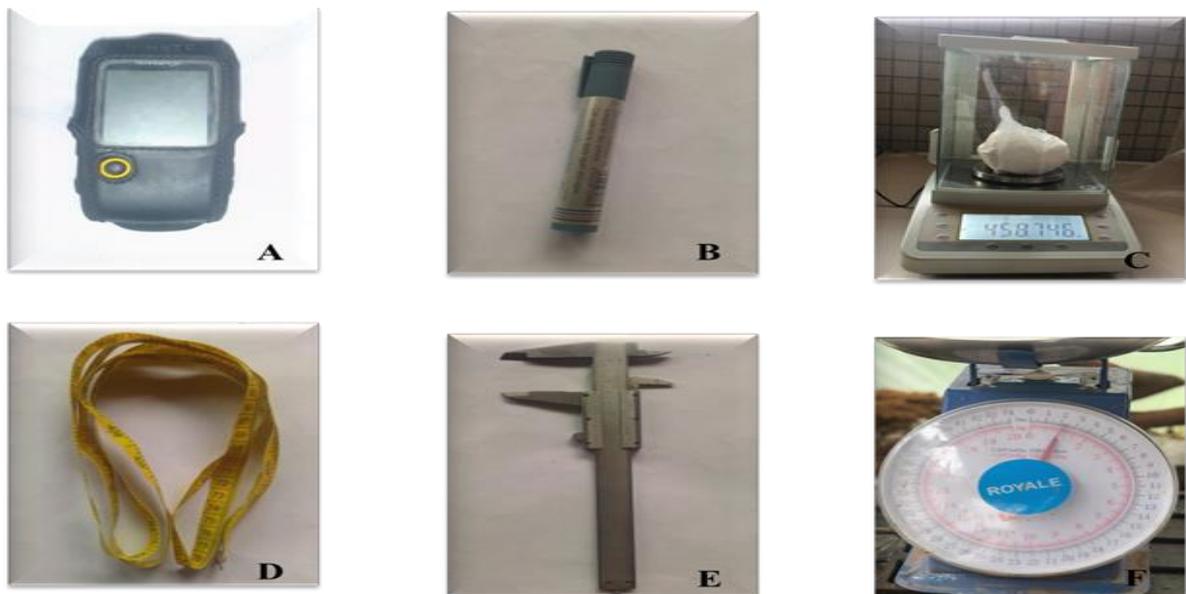
## ANNEXES

### Annexe1: Etapes de réalisation des PIF sur le *Xanthosoma sagittifolium*



A= récolte des rhizomes ; B= nettoyage et parage ; C= désinfection ; D,E= semis ; F= suivi ; G= sevrage ; H= acclimatation.

### Annexe2: Quelques matériels utilisés en collecte de de données



A= GPS ; B= marqueur ; C= balance électronique ; D= mètre ruban ; E= pied à coulisse ; F= balance ordinaire

### Annexe3: Evolution des bourgeons débouffés



A= bourgeons des rhizomes du témoin 4 semaines ; B= bourgeons des rhizomes mycorhizés après 4 semaines ; C= bourgeons des rhizomes du témoin après 6 semaines, D= bourgeons des rhizomes mycorhizés après 6 semaines.

### Annexe4: Aspect des bourgeons des rhizomes mycorhizés avant le sevrage



## Annexe5: Analyses statistiques

Poids rhizome

Student-Newman-Keuls Test

The P value is 0.0026, considered very significant

Comparison	Difference	q	P value
T1 vs T0	-223.74	18.520	** P<0.01

Nb de bourgeons

Student-Newman-Keuls Test

Comparison	Difference	q	P value
4SMN T1 vs T0	-0.6326	---	ns P>0.05
6SMN T1 vs T0	-1.707	6.093	*** P<0.001

Taille des bourgeons

The P value is < 0.0001, considered extremely significant.

Comparison	Difference	q	P value
4SMN T0 vs T1	-6.861	3.413	* P<0.05
6SMN T0 vs T1	-18.640	7.014	*** P<0.001

Diamètre du collet

The P value is < 0.0001, considered extremely significant

Comparison	Difference	q	P value
4SMNT 1 vs T0	-0.06491	---	ns P>0.05
6SMN T1 vs T0	-0.03643	---	ns P>0.05

Nombre de feuille

The P value is 0.0161, considered significant.

Comparison	Difference	q	P value
4SMN T0 vs T1	-0.3912	3.340	ns P>0.05
6SMN T0 vs T1	-0.7259	5.289	*** P<0.001

Sevrage

The P value is 0.0060, considered very significant.

Student-Newman-Keuls Test

Comparison	Difference	q	P value
6SMN T1 vs T0	-0.5354	2.421	ns P>0.05