



**UNIVERSITÉ PUBLIQUE DU SUD'EST À JACMEL**

**(UPSEJ)**

**FACULTÉ DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**(FSA)**

**DÉPARTEMENT DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE**

**(DPV)**

Étude de la Performance Agronomique du Maïs (*Zea mays L.*) en culture pure et en culture associée avec le haricot noir (*Phaseolus vulgaris L.*) et le pois souche (*Phaseolus lunatus L.*) dans la Section Communale de Gaillard.

**Mémoire de fin d'études agronomiques**

**Présenté par : RINMY Jean Denis**

**Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Agronome**

**Option : Production végétale**

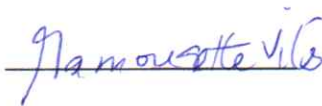

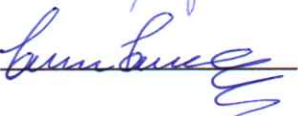

**Conseiller Scientifique : MATHIEU Pierre Nelby Ing.-Agr. Msc**

**Décembre 2021**

Ce mémoire intitulé :

Étude de la Performance Agronomique du Maïs (*Zea mays L.*) en culture pure et en culture associée avec le haricot noir (*Phaseolus vulgaris L.*) et le pois souche (*Phaseolus lunatus L.*) dans la Section Communale de Gaillard.

A été approuvé par un jury composé de :

Nom et prénom	Signature	Date
MAMOSETTE Vilès Ing.-Agr. Président		<u>21-06-2022</u>
PIERRE Claudy Ing.-Agr. Msc Lecteur critique		<u>20-06-2022</u>
CALIXTE Christin Ing.-Agr. Msc Membre		<u>20-06-2022</u>
MATHIEU Pierre Nelby Ing.-Agr. Msc Conseiller scientifique		<u>08/06/2022</u>

## **DÉDICACE**

Ce mémoire est dédié à :

- ❖ Ma tendre mère BONNET Marie Édith, mon père RINMY Monélus pour leur courage, leur soutien, leur investissement qui fait de moi ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain;
  
- ❖ Mes frères et sœurs, Estère, Milord, Bleuête, Antonio, Fednel, Guerline et Erlande.

## REMERCIEMENTS

Je remercie le grand Dieu de m'avoir donné la vie, la santé, le courage, la détermination et la force nécessaire pour la réalisation de ce travail.

Mes remerciements sont ensuite adressés à :

- ❖ L'Université Publique du Sud'Est à Jacmel, en particulier le staff du décanat et le corps professoral de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) ;
- ❖ Mon guide Ingénieur-Agronome MATHIEU Pierre Nelby, qui m'a donné son temps et son énergie pour la grande réussite de ce travail. Je lui remercie pour son aide, son expertise et son savoir-faire qu'il a mis à mon service, j'en suis très reconnaissant ;
- ❖ Mon camarade Ingénieur-Agronome Robinson JOSEPH pour son grand support, sa disponibilité, sa gentillesse à mon égard ;
- ❖ Mes parents, mes frères et mes sœurs et tous ceux qui me sont chers. Qu'ils trouvent dans ce travail le fruit de leur patience et de leur sacrifice ;
- ❖ Mes amis : RINMY Fednel, BONNET Johny, BONNET Cassandra, SIMILIEN Joël, MARS Geslin, VALCIN Rival, BENOIT Jétho, BENOIT Serges, BÉLIZAIRE Résal, JEAN-Philippe Osnel, JEAN-PIERRE Maco, JEAN-PIERRE Marie-Carmelle et JOLY Samuel pour leurs supports et leurs conseils dans la réalisation de ce travail ;
- ❖ Tous mes camarades de la promotion 2013-2018, en particulier ceux de la production végétale pour leur convivialité ainsi qu'à tous les autres étudiants de la Faculté des Sciences Agronomiques ;
- ❖ Enfin, à tout un chacun ayant contribué d'une façon ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail.

## RÉSUMÉ

Dans le but de doter à la communauté rurale certaines pratiques culturales qu'elle y pourra adopter dans leurs champs afin d'améliorer la production locale et nationale du maïs, une étude a été menée par voie expérimentale dans la section communale de Gaillard, localité de Bernard, sur les modes d'associations céréale-légumineuse sans exclure la pratique paysanne.

Pour répondre à l'objectif fixé, un dispositif en blocs complètement aléatoire avec quatre (4) traitements (T0, T1, T2 et T3) et quatre (4) répétitions a été utilisé. Sur chacune des parcelles, des variables de croissance, des variables de précocité à la floraison et des variables de composantes de rendement ont été déterminées. L'analyse de variance effectuée sur le logiciel R au seuil de 5% démontre qu'il existe des différences significatives entre les cultures associées et la culture pure. Pour toutes ces variables, la meilleure performance a été obtenue avec le traitement T0. En ce qui concerne la production en grain, nos résultats montrent que la culture pure (T0) donne un rendement moyen de 0.27 kg/m<sup>2</sup> supérieur aux cultures associées avec ces traitements T1, T2 et T3 qui ont respectivement comme rendement moyen : 0.23 kg/m<sup>2</sup>, 0.22 kg/m<sup>2</sup> et 0.15 kg/m<sup>2</sup>. Les résultats montrent aussi que le rendement moyen le moins élevé est observé dans la pratique paysanne avec un nombre de 0.15 kg/m<sup>2</sup>.

En s'accroissant sur le rendement obtenu pour chaque pratique culturale, deux des trois hypothèses de cette étude ont été vérifiées, celle de la première et la dernière hypothèse. Toutefois, il est recommandé de continuer à répéter cet essai dans d'autres zones du département, pourquoi pas dans d'autres départements du pays afin d'y pouvoir apprécier la performance agronomique de cette dite culture.

**Mots clés :** Performance agronomique, pratique paysanne, maïs, association culturale, culture pure, parcelle.

## ABSTRACT

In order to provide the rural community with certain cultural practices that they can adopt in their fields in order to improve the local and national production of maize, a study was conducted experimentally in the communal section of Gaillard, locality of Bernard, on the methods of cereal-legume combinations without excluding peasant practice.

To meet the stated objective, a completely random block device with four (4) treatments (T0, T1, T2 and T3) and four (4) repetitions was used. On each of the plots, growth variables, flowering precocity variables and yield component variables were determined. The analysis of variance performed on the R software at the 5% threshold shows that there are significant differences between the associated cultures and the pure culture. For all these variables, the best performance was obtained with the T0 treatment. Regarding grain production, our results show that the pure culture (T0) gives an average yield of 0.27 kg/m<sup>2</sup> higher than the crops associated with these treatments T1, T2 and T3 which have respectively as average yield: 0.23 kg/m<sup>2</sup>, 0.22 kg/m<sup>2</sup> and 0.15 kg/m<sup>2</sup>. The results also show that the lowest average yield is observed in peasant practice with a number of 0.15 kg/m<sup>2</sup>.

By focusing on the yield obtained for each cultivation practice, two of the three hypotheses of this study were verified. However, it is recommended to continue repeating this test in other areas of the department, why not in other departments of the country in order to be able to assess the agronomic performance of this so-called crop.

Keywords: Agronomic performance, farming practice, corn, crop association, pure culture, plot.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>DÉDICACE</b> .....	<b>iii</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Listes des sigles</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTES DES ANNEXES</b> .....	<b>xv</b>
<b>CHAPITRE I</b> .....	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1. Problématique .....	2
1.2. Objectifs .....	4
1.2.1. Objectif général .....	4
1.2.2. Objectifs spécifiques .....	4
1.2.3. Hypothèses .....	4
1.4. Intérêts de l'étude .....	4
<b>CHAPITRE II</b> .....	<b>5</b>
<b>II. REVUE DE LITTÉRATURE</b> .....	<b>5</b>
2.1. Définition de quelques concepts .....	5
2.1.1. Performance agronomique .....	5
2.1.2. Association de cultures .....	5
2.1.2.1. Avantages de l'association céréales - légumineuses .....	5
2.1.2.2. Contraintes de l'association culturale .....	6
2.1.3. Culture pure .....	7
2.1.3.1. Avantages de la culture pure .....	7
2.1.3.2. Inconvénients de la culture pure .....	7

2.2.	Travaux de recherche déjà réalisés sur l'association de culture en Haïti.....	8
2.3.	Présentation du maïs .....	8
2.3.1.	Origine du maïs.....	8
2.3.2.	Caractéristiques spécifiques et agronomiques du maïs.....	9
2.3.3.	Phénologie.....	10
2.3.4.	Conditions favorables à la culture du maïs .....	10
2.3.5.	Mise en place et conduite de la culture .....	12
2.4.	La culture du maïs en Haïti .....	13
2.4.1.	Conditions habituelles et sites de production.....	13
2.4.2.	Principales contraintes de la culture .....	14
2.4.3.	Travaux de recherche déjà réalisés sur le maïs .....	15
2.5.	Présentation du haricot .....	16
2.5.1.	Exigences pédoclimatiques .....	16
2.6.	Présentation du pois souche .....	17
2.6.1.	Le pois souche et sa morphogenèse .....	17
2.6.2.	Les stades phénologiques.....	17
2.6.3.	L'adaptabilité du pois souche .....	17
2.6.4.	Les exigences édaphiques et la réponse à la fertilisation minérale.....	18
<b>CHAPITRE III.</b>	.....	<b>19</b>
<b>III. CADRE MÉTHODOLOGIQUE.....</b>	.....	<b>19</b>
3.1.	Présentation du site de l'étude.....	19
3.1.1.	Situation géographique et démographique.....	19
3.1.2.	La carte de la zone d'étude .....	20
3.1.3.	Pluviométrie.....	20
3.1.4.	Température .....	21
3.1.5.	Relief et végétation .....	22
3.1.6.	Typologie de sols .....	22



3.1.7.	L'hydrographie .....	22
3.1.8.	Les systèmes de production .....	22
	Le système foncier .....	22
	Le système de culture .....	23
	Le système d'élevage .....	23
3.1.9.	Activité socio-économiques .....	23
3.2.	Site expérimental .....	24
3.2.1.	Matériels .....	24
3.2.2.	Matériels physiques .....	24
3.2.3.	Matériels chimiques .....	25
3.2.4.	Matériels biologiques .....	25
3.2.5.	Dispositif expérimental .....	26
3.4.	Mise en place de l'expérimentation .....	29
3.4.1.	Préparation du sol .....	29
3.4.2.	Choix et préparation des grains .....	29
3.4.3.	Semis ou plantation .....	29
3.4.4.	Entretien .....	29
3.4.5.	Récolte .....	30
3.4.7.	Collecte des données .....	30
3.4.8.	Variables étudiées .....	30
3.5.	Analyse statistique .....	32
<b>CHAPITRE IV</b>	.....	<b>33</b>
<b>IV. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS</b>	.....	<b>33</b>
4.1.	Les différentes variables étudiées dans cette expérimentation .....	33
4.1.1.	Variables de croissance de la plante .....	33
4.1.2.	Variables de la floraison de la plante et de la maturation physiologique des graines	35

4.1.3. Variables des composantes du rendement .....	36
4.1.4. Poids de 100 grains et rendement mesuré des traitements.....	38
4.2. Incidence des ravages.....	40
<b>CHAPITRE V.....</b>	<b>44</b>
<b>V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>44</b>
<b>CHAPITRE VI.....</b>	<b>45</b>
<b>VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES.....</b>	<b>45</b>
<b>CHAPITRE VII .....</b>	<b>51</b>
<b>VII-ANNEXES .....</b>	<b>51</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Classification botanique du maïs .....	9
Tableau 2. Exigences nutritionnelles du maïs par cycle de production.....	11
Tableau 3. Présentation des matériels chimiques utilisés dans l'étude.....	25
Tableau 4. Présentation des différents matériels biologiques utilisés.....	25
Tableau 5. Répartition de la hauteur et du diamètre des plantes, ainsi que la longueur et la largeur de la feuille des plantes par traitements.....	34
Tableau 6. Répartition du nombre de jours: à la floraison mâle, à la floraison femelle et à la maturité physiologique par traitement .....	35
Tableau 7. Répartition du nombre de plantes/m <sup>2</sup> , du nombre d'épis/plante, de la longueur des épis, du nombre de rang/épis par traitement et du nombre de grains/ épis.....	37
Tableau 8. Répartition du poids de 100 grains et du rendement mesuré entre les traitements.....	38

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Délimitation géographique de la commune des Cayes-Jacmel (section communale de Gaillard).....	20
Figure 2. Pluviométrie moyenne annuelle (mm/mois) région Sud-Est Cayes-Jacmel (2000-2017).....	21
Figure 3. Températures moyennes mensuelles (°C) (2018-2019).....	21
Figure 4. Croquis du dispositif expérimental.....	28

## **LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES**

### **Listes des sigles**

ANOVA : Analysis Of Variance

CIAT : Centro Internacional de Agricultura Tropical (Centre International d'Agriculture Tropicale)

CIMMYT : Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Centre International d'Amélioration du Maïs et du Blé)

CNSA : Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire

DBCA : Dispositif en Blocs Complètement Aléatoire

DPV : Département de la Production Végétale

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FAMV : Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire

FSA : Faculté des Sciences Agronomiques

GPS : Système de Géolocalisation par Satellite

GRET : Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques

IHSI : Institut Haïtien de Statistique et d'Information

JGRV : Société Japonaise des Ressources Vertes

MARNDR : Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural

SCG : Section Communale de Gaillard

UPSEJ : Université Publique du Sud'Est à Jacmel

## **Liste des abréviations**

Cm : Centimètre

Etc : Etcétera

Ha: Hectare

Km: Kilomètre

Kw: Kilowatt

M<sup>2</sup> : Mètre carré

NP/m<sup>2</sup> : Nombre de Plantes par mètre carré

NER/P : Nombre d'Epis Récoltés par Pied

NR/E : Nombre de Rang par Épi

NG/E : Nombre de Grains par Épi

NJFF : Nombre de Jours à la Floraison Femelle

NJFM : Nombre de Jours à la Floraison Mâle

NJMP : Nombre de Jours à la Maturité Physiologique

Rdt : Rendement

PPDS: Plus Petites Différences Significatives

SC: Somme Carrée

TM : Tonne Métrique

UE : Unité Expérimentale

## **Liste des symboles**

°C : Degré Celsius

## **LISTES DES ANNEXES**

Annexe A. Photos

Annexe B. Fiche de collecte des données

Annexe C. Matrice des données

Annexe D. Réponse ANOVA

Annexe E. Calendrier des différentes opérations effectuées au cours de l'essai

# CHAPITRE I

## I. INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays*) est une céréale cultivée dans diverses zones agro-écologiques, en monoculture ou en association de culture avec la plupart des cultures (FNBS, 2012). Il trouve son origine au Mexique, où il fut divinisé dans les anciennes civilisations d'Amérique centrale et méridionale, il était cultivé par les Nord-Amérindiens avec la courge et le haricot en utilisant la technique dite « des trois sœurs<sup>1</sup> »; par la suite, introduit en Europe au XVIe siècle et aujourd'hui cultivé mondialement (FAO, 2011).

Le maïs est très énergétique, riche en vitamine B et en fibre (FAO, 2003). Il est consommé sous différentes formes, de part de son importance dans l'alimentation et dans l'assolement, il est devenu la première céréale mondiale devant le riz et le blé dont les États-Unis étaient le premier producteur mondial avec 313,9 millions de tonnes, ce qui représentait 35,5 % de la production mondiale (FAO, 2011).

En Haïti, le maïs est considéré comme l'une des filières porteuses et occupe une place importante dans l'alimentation nationale. C'est l'une des céréales les plus cultivées et les plus consommées après le riz et constitue après le sorgho et les tubercules, la principale source d'hydrates de carbone pour les personnes les plus pauvres (Jean-Baptiste, 2006). Selon Veterimed et al, (2007), le maïs, que ce soit en culture pure ou culture associée à des légumineuses, est retrouvé partout dans le pays cité par Floradin, (2014).

---

<sup>1</sup> La technique dite des trois sœurs est une technique de culture de plantes compagnes. Elle était pratiquée de manière empirique par les indiens pour faire pousser les trois principaux légumes à la base de leur alimentation : le maïs, le haricot et la courge.



## 1.1. Problématique

La culture du maïs se répand à travers tous les départements du pays d'Haïti et se cultive par la majorité des producteurs, que ce soit sous régime pluvial ou sous régime irrigué (MARNDR, 2011). Il est souvent cultivé en association avec des légumineuses en particulier le haricot, par conséquent, la culture associée est répandue dans les montagnes alors que la culture pure dans les plaines et la surface totale cultivée en maïs est de 250 000 ha, la production en 2004 était 240 000 TM et le rendement moyen/ha était 0.96 T/ha (MARNDR, 2011). Le nombre de producteurs est de 300 000 familles en moyenne et le nombre de commerçants et transformateurs est de 10 000 environ, les grands bassins de production de maïs sont : Plaine des Cayes, l'Ouest, Plateau Central, Grand-Anse, Saint-Marc, etc. (Michel, 2016).

Les principaux départements du pays où une superficie considérable est emblavée sont le département de l'Artibonite avec 40 075 ha ; le département de l'Ouest avec 37 213 ha ; le département du Centre avec 29 878 ha et celui du Sud'Est avec 24 532 ha (USAI, 2016). La culture du maïs a été présente aux niveaux des dix (10) départements du pays pendant les trois campagnes agricoles de 2016 et la campagne de printemps est la plus importante avec une production de 154 441 tonnes, soit 61% de la production nationale. Les campagnes d'automne et d'hiver représentent respectivement 30% et 9% de la production totale. Les départements de l'Artibonite, de l'Ouest et du Centre représentent les départements qui ont eu les plus grandes parts de la production du maïs en 2016. Ils ont contribué respectivement à hauteur de 28%, 17% et 16% dans la production totale. Le Sud'Est les a suivis avec un pourcentage de 11% (MARNDR, 2016).

Le maïs, en dépit de son importance dans le secteur agroalimentaire haïtien, sa production est contrainte par un ensemble de facteurs liés aux problèmes phytosanitaires, à l'infertilité des sols, au manque de technicités, d'encadrement technique et de subvention (Duveiller et al., 2007). Par ailleurs, les conditions culturelles particulières à Haïti et la dégénérescence variétale représentent les principaux facteurs qui sont à la base de la diminution du rendement du maïs selon GRET et FAMV, (1990) : CNSA/MARNDR, (2012), cité par Floradin, (2014). En outre, le changement climatique est le défi environnemental le plus sérieux auquel l'humanité ait été confrontée depuis 1980, et qui ont de lourdes conséquences sur la production des céréales, en particulier sur la production du maïs, les mauvaises pratiques culturales en font aussi l'objet de ses contraintes (Padgham, 2009).

Par ailleurs, dans le département du Sud'Est, en particulier dans la commune des Cayes-Jacmel, l'agriculture est l'activité principale de la population (MARNDR, 2016). Malgré les faibles moyens de la population, les manques d'encadrement et de technicités, de semences, d'intrants, elle constitue le principal secteur économique. Les cultures principales de la commune sont : la banane, le haricot, le manioc, la patate douce, le pois souche et congo, le maïs (MARNDR, 2016).

À Gaillard<sup>2</sup>, les pratiques culturelles traditionnelles reposent sur une pratique à travers laquelle, la même succession d'opération culturale et les mêmes cultures sont pratiquées au fil des ans. Les agriculteurs ont toujours l'habitude de pratiquer chaque année sur le même sol des cultures associées comme par exemple : maïs/haricot/pois souche/pois congo/manioc/patate douce/malanga/igname/genjambre. Par conséquent, depuis des années, le secteur agricole est confronté à d'énormes difficultés liées particulièrement à ces pratiques culturelles, toutefois, il est la principale activité de la population de Gaillard (Bonnet, 2018).

Cependant, la culture du maïs constitue à la fois une source d'alimentation et de revenu pouvant contribuer à l'amélioration des conditions de vie des paysans de la section, tant sur le plan économique que sur le plan nutritionnel. Mais, depuis environ 2006 on a constaté une chute de rendement de 0.31 à 0.19 kg/m<sup>2</sup>, malgré les plantations existantes, les parcelles mises en place n'ont pas vraiment donné de résultats satisfaisants par rapport aux années antérieures (Monélus, 2018). Malgré les nombreux efforts que font les agriculteurs de la Section Communale de Gaillard (SCG) chaque année pour produire, dans le but d'obtenir un rendement optimum, cela ne les empêche pas d'avoir une régression dans le rendement de la production du maïs.

Par conséquent, comment peut-on optimiser le rendement de cette culture dans la zone qui se pratique chaque année de manière répétitive ? Dans cette optique, une étude expérimentale scientifique est réalisée sur la performance agronomique du maïs en culture pure et en culture associée afin de rechercher des réponses appropriées à cette question et de proposer une meilleure technique aux agriculteurs.

---

<sup>2</sup>Gaillard est la deuxième section communale de la commune des Cayes-Jacmel

## **1.2. Objectifs**

### **1.2.1. Objectif général**

- ❖ Étudier la performance agronomique du maïs (*Zea mays L.*) en culture pure et en culture associée maïs-haricot et maïs-pois souche dans la section communale de Gaillard.

### **1.2.2. Objectifs spécifiques**

- ❖ Évaluer les paramètres de croissance, de développement et de floraison du maïs ;
- ❖ Identifier les principaux ravageurs et maladies présentés dans les unités parcellaires et évaluer leur incidence sur la culture du maïs ;
- ❖ Comparer le rendement des associations culturales du maïs à celui de la culture pure ;
- ❖ Proposer des pistes d'améliorations dans la production du maïs dans cette section.

### **1.2.3. Hypothèses**

- ❖ H1 : Le rendement de la culture pure du maïs est plus élevé qu'en association maïs-haricot noir ainsi qu'en association maïs-pois souche ;
- ❖ H2 : Les périodes qu'accomplissent les différents stades de croissances et de développements affectent le rendement de la culture du maïs ;
- ❖ H3 : Le système d'association paysanne traditionnelle affecte le rendement de la culture du maïs.

## **1.4. Intérêts de l'étude**

Au niveau de la section communale de Gaillard, le rendement de la culture du maïs diminue considérablement d'année en année à cause des mauvaises pratiques culturales, et, peu est fait concrètement pour atténuer ou pour améliorer cette situation (Monélus, 2018). De ce fait, cette décadence justifie l'intérêt d'une telle étude sur cette culture pour pouvoir expérimenter, informer et rechercher pertinemment les connaissances liées à ce sujet afin d'en tirer de conclusion et de recommandations. Ce qui servira, des données de bases aux bases de données de préférences pour les différentes institutions œuvrant d'une façon ou d'une autre dans le domaine agricole et permettra aussi à la communauté rurale l'accès à certaines pratiques culturales qu'ils pourront adopter, afin d'améliorer la production locale et nationale.

## CHAPITRE II

### II. REVUE DE LITTÉRATURE

#### 2.1. Définition de quelques concepts

##### 2.1.1 Performance agronomique

La performance agronomique d'une culture est une notion relative à cette culture, qui consiste à atteindre des objectifs donnés, en disposant de ressources forcément limitées et dans un environnement agronomique soumis à des changements (Nyemerc, 2004). Elle s'accroît sur l'ensemble de variables de réponse qui sont étudiées dans le cadre de cette étude comme : les variables de croissance, les variables de précocité, les variables de production et de rendement, entre autres.

##### 2.1.2 Association de cultures

La pratique de l'association des cultures est ancienne. C'est un système de culture mixte qui consiste à implanter deux ou plusieurs cultures simultanément sur une même parcelle au cours de la même saison. Selon Traoré (2009), la disposition spatiale des espèces associées est très variable, on y distingue les cultures intercalaires (des espèces qui sont disposées en lignes alternées, il s'agit parfois de bandes), et les cultures mélangées (des espèces qui sont semées en mélange, de dispositions très diverses, ordonnées ou désordonnées). Selon Salez (1988), on parle de cultures associées, lorsqu'il y a interférence spatiale et temporelle entre deux ou plusieurs cultures. Les associations peuvent à cet effet impliquer plusieurs espèces en culture mixte, en culture intercalaire ou en culture relais.

##### 2.1.2.1. Avantages de l'association céréales - légumineuses

L'importance des cultures associées a été longtemps reconnue en agriculture pluviale. L'association céréales-légumineuses peut non seulement offrir un avantage substantiel au niveau du rendement total, mais aussi une plus grande stabilité des rendements au cours de plusieurs saisons selon Willey (1979), cité par Baladgui (2018).

Les avantages de la pratique des associations ont été prouvés aussi bien sur le plan écologique, agronomique qu'économique. L'association de culture permet un accroissement de la disponibilité de l'azote pour la céréale associée (Perrin, 1977). Cet aspect d'amélioration de la fertilité du sol est sans doute l'un des volets agronomiques, qui a longtemps, retenu l'attention

dans la recherche agronomique. Le maintien d'un feuillage dense permet de protéger le sol contre l'érosion.

Les variétés locales rampantes du pois souche par exemple couvrent très rapidement le sol, formant un bouclier contre des dommages causés par les pluies torrentielles, le vent et les ruissellements (Willem, 1982). Mietton (1986) a rapporté que l'agressivité des gouttes de pluie est réduite de 36% dans les cultures associées et une possibilité de diminution de perte en eau, en terre et en éléments nutritifs par le ruissellement, soutenu par Maatman et Schweigman (1995).

Salez (1988) a montré que la couverture du sol assurée par les espèces en association est meilleure qu'en culture pure de chacune des composantes de l'association. De plus, la couverture du sol assurée par les légumineuses ou les doliques maintient l'humidité du sol, ce qui permet aux cultures céréalières de résister aux éventuels épisodes de sécheresse et diminue le risque de mauvaises récoltes, reporté par Baladgui (2018).

#### **2.1.2.2. Contraintes de l'association culturale**

L'association céréales-légumineuses offre plusieurs avantages mais elle se trouve confrontée à certaines contraintes comme :

##### **❖ Contraintes écologiques et agronomiques**

L'association peut accroître la concurrence (aérienne et souterraine) des cultures associées pour l'occupation de l'espace, la lumière, l'eau, l'air et les éléments nutritifs ; même si le degré est moindre. En outre, l'association peut accroître l'incidence des maladies et parfois des pertes selon Traoré (2009), cité par Baladgui (2018).

Le feuillage dans les associations peut également offrir des refuges à certains ravageurs vertébrés (Perrin, 1977). Cela signifie que dans certaines associations lorsque le feuillage est très touffu cela pourrait être un cadre idéal de refuge pour certains ravageurs et reptiles comme par exemple les serpents qui pourraient piquer les producteurs lors des tournées pour la supervision de leurs champs.

##### **❖ Contraintes techniques**

Selon Zongo (2013), la principale difficulté rencontrée par les producteurs dans les pratiques des associations légumineuses-céréales est le sarclage parfois difficile à cause du caractère rampant du pois inconnu. Pour la même raison, l'association est très difficilement

praticable dans un système mécanisé (utilisation de machine pmu pour l'entretien des cultures). C'est la raison pour laquelle, l'association céréales-pois inconnu n'est pas beaucoup pratiquée dans la zone Ouest du Burkina Faso où l'agriculture est de plus en plus mécanisée, selon Zongo (2013). L'association ne permet pas non plus la production semencière qui exige la production en culture pure.

#### ❖ **Contraintes économiques**

Le ramassage en plusieurs étapes des gousses de pois souche nécessite plus d'efforts et d'attention dans le travail et de ce fait, entraîne une augmentation de la charge de travail. Ce qui pourrait être plus coûteux pour le producteur. Par ailleurs, dans le cas des systèmes associés, le traitement phytosanitaire est parfois difficile dû à la spécificité des produits de traitement (cas d'un herbicide), selon Zongo (2013).

### **2.1.3. Culture pure**

C'est un mode d'exploitation des sols où toutes les plantes cultivées en même temps sur la parcelle sont de la même espèce (GRET-FAMV, 1990). Mais dans certains cas, surtout dans les systèmes de culture intensive, on peut avoir des parcelles en culture pure jusqu'à l'échelle variétale.

#### **2.1.3.1. Avantages de la culture pure**

La production alimentaire à grande échelle a trouvé dans les monocultures un allié pour optimiser les ressources. Sa principale caractéristique est l'ensemencement massif du même type d'aliment, ce qui permet d'atteindre de grands volumes à moindre coût (Maria, 2020).

Comme il s'agit du même type de produit, le soin des cultures est géré de manière générale en utilisant des techniques et des machines à la pointe de la technologie ou à l'aide de ce qu'on appelle l'agriculture de précision pour semer, fertiliser, contrôler les parasites ou encore récolter (Maria, 2020).

#### **2.1.3.2. Inconvénients de la culture pure**

Comme il s'agit de la même variété de plantation, il est plus facile pour les maladies et les ravageurs de se propager. Et bien qu'il soit également plus facile d'appliquer les produits phytopharmaceutiques correspondants, il y a un plus grand risque que ceux-ci réapparaissent

et même qu'ils génèrent une résistance. Par conséquent, les aliments de la monoculture peuvent contenir un excès de produits chimiques toxiques<sup>3</sup>.

En outre, la surexploitation du sol, qui est soumis aux exigences nutritionnelles d'une même culture pendant longtemps, rend le sol plus facilement fragilisé et érodé, ce qui affecte également l'écosystème naturel composé de micro-organismes, d'insectes ou de différentes espèces (Maria, 2020).

## **2.2. Travaux de recherche déjà réalisés sur l'association de culture en Haïti**

Au cours de l'été 2012, le Centre de Recherche de Développement de Savane Zombi avait commandité à travers le Programme de Développement Économique des Filières Rurales (DEFI) financé par la Banque Interaméricaine de Développement (BID), une étude-diagnostic sur les systèmes de cultures maraîchères pratiquées au niveau du morne des commissaires. Cette étude a permis de constater que les associations culturales ont constitué un fait majeur occupant la deuxième place avec 42 % dans les systèmes de culture du pays (MARNDR, 2012). Parmi les associations de culture se trouvant en place au moment de l'enquête, les plus fréquentes étaient : Pomme de terre/haricot/maïs, Haricot/maïs, Pomme de terre/haricot, Café-banane, entre autres. Les systèmes de culture pratiqués dans la région du Morne des Commissaires se composent souvent d'associations de culture très diversifiées (de 2 à 6 cultures en mélange dans une même parcelle, parfois plus avec les systèmes agroforestiers) (MARNDR, 2012).

## **2.3. Présentation du maïs**

Selon la chambre d'agriculture du Limousin<sup>4</sup>, le maïs (*Zea mays*, famille des Poacées) est une céréale cultivée dans diverses zones agro-écologiques, seul ou en association avec la plupart des cultures. Dans plusieurs pays, le maïs constitue l'aliment de base de nombreuses populations (FNBS, 2012).

### **2.3.1. Origine du maïs**

Cette espèce, originaire du Mexique, constituait l'aliment de base des Amérindiens avant l'arrivée en Amérique de Christophe Colomb. La plante fut divinisée dans les anciennes civilisations d'Amérique centrale et méridionale, et était cultivée par les Nord-Amérindiens avec la courge et le haricot en utilisant la technique dite « des trois sœurs ». Aujourd'hui le

---

<sup>3</sup><https://www.agroptima.com>> blog

<sup>4</sup> Chambre d'agriculture du Limousin, « Maïs, itinéraire technique, du semis à la récolte », 2008.

maïs est cultivé mondialement et devenu la première céréale mondiale devant le riz et le blé (FAO, 2011).

**Tableau 1. Classification botanique du maïs**

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Sous-classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Sous-famille	<i>Panicoideae</i>
Super-tribu	<i>Andropogonodae</i>
Tribu	<i>Andropogoneae</i>
Sous-tribus	<i>Tripsacineae</i>
Genre	<i>Zea</i>
Espèce	<i>mays</i>
Nom binominal	<i>Zea mays</i>

Source : Cronquist (1981)

### 2.3.2. Caractéristiques spécifiques et agronomiques du maïs

Céréale herbacée annuelle, d'environ 2-5m de haut et à très faible ou sans tallage, tige très robuste, épaisse de 3-5 cm, portant entre 14 et 20 feuilles larges, pouvant dépasser 1m de long (Picard, 1991).

Le maïs est une plante diploïde avec 10 paires de chromosomes ( $2n=20$ ). Il est aussi une plante en C4, possède deux types d'inflorescence : les fleurs mâles à l'extrémité de la tige et les fleurs femelles à l'aisselle des feuilles. Cette disposition des fleurs génère un taux



d'allogamie très élevée, jusqu'à 95% qui a des conséquences importantes en sélection et pour la multiplication des semences<sup>5</sup>.

C'est une plante monoïque qui possède une grande panicule au sommet, des épillets mâles biflores de 10-40 cm de longueur. Latéralement, cette plante a un gros épi (souvent unique) cylindrique de fleurs femelles, enveloppé dans de grandes bractées membraneuses (spathes) et coiffé à la floraison, d'un écheveau de stigmates filiformes généralement pourpres de 12-25 cm de longs. Les grains de maïs disposés sur 6-16 rangs, généralement jaune mais peuvent également être blancs, oranges, roux, rouges, verts, violets ou noirs<sup>6</sup>.

### **2.3.3. Phénologie**

La durée du cycle de maïs varie selon le cultivar et les conditions climatiques du milieu. Ainsi, les variétés sont classées en trois groupes : les variétés à durée de cycle inférieur à 90 jours ; les variétés intermédiaires avec une durée de cycle comprise entre 90 et 105 à 110 jours ; les variétés dites tardives à cycle supérieur à 110 jours (Mémento, 2002).

Les variétés précoces sont subdivisées en sous-groupes : les extra précoces (cycle inférieur à 80 jours) et les précoces (80 à 90 jours) (Mémento, 2002). Le cycle se subdivise en trois phases : Une phase végétative correspondant aux étapes de la germination, de la levée et la formation des organes végétatifs ; une phase de reproduction avec la formation des organes reproducteurs et la fécondation ; une phase de maturation comportant le remplissage et la maturation des grains (Mémento, 2002).

### **2.3.4. Conditions favorables à la culture du maïs**

#### **2.3.4.1. Type de sol et condition du terrain**

Le maïs est exigeant pour le sol, il aime les sols profonds, meubles, frais, assez légers, bien drainés, fertiles et riches en matière organique. Il n'est pas adapté aux sols acides, salés et gorgés d'eau. Il préfère les sols à texture intermédiaires : sablonneux, sablo-argileux ou argilo-sableux (ONEFP, 2007). Le maïs n'aime pas les terres trop tassées et les terres creuses, les sols trop argileux ou trop sableux et les sols pauvres en matière organique (moins de 1%). Il répond bien sur le sol à structure continue, bien appuyée, sans zone de discontinuité et sans semelle (Pochier, 1981).

---

<sup>5</sup>Le maïs-son origine et ses caractéristiques, [www.gnis-pedagogie.org](http://www.gnis-pedagogie.org)

<sup>6</sup>Le maïs-son origine et ses caractéristiques, [www.gnis-pedagogie.org](http://www.gnis-pedagogie.org)

#### 2.3.4.2. Besoin en eau

Le maïs est exigeant aussi en eau, un manque d'eau à la formation des épis (floraison) est catastrophique pour le rendement. S'assurer que le semis et la floraison se fassent en saison pluvieuse (Pochier, 1981).

#### 2.3.4.3. Besoin en chaleur

Le maïs est aussi exigeant en chaleur, en dessous de 10 °C, il n'y a pas de germination des graines (Potchier, 1981)

#### 2.3.4.4. Conditions écologiques

Le maïs est cultivé dans de nombreuses régions (forêt équatoriale, savane...), la zone climatique la plus propice est celle des savanes avec une pluviométrie de 800 à 1200 mm et un ensoleillement important qui réduit le parasitisme (MAHRH, 2001). Le maïs a besoin d'une température de 10 °C à 19 °C. L'altitude ne doit pas dépasser 1800m (Pierre, 2016).

#### 2.3.4.5. Exigences nutritionnelles

Un juste équilibre entre les macronutriments et oligo-éléments est essentiel pour obtenir de meilleurs résultats. L'azote est l'élément le plus important pour une meilleure croissance de la plante (UNIFA, 2005). De ce fait, la fumure azotée est la plus efficace parmi les différents types d'engrais utilisés dans la culture du maïs. Les besoins en azote du maïs deviennent intenses à environ dix (10) jours avant la floraison mâle et se termine à la fin de la floraison femelle. Au cours de cette période, 85% de l'azote est absorbé par le maïs (UNIFA, 2005). Pendant une journée, ce dernier en absorbe environ 8 kg/ha mais la quantité maximum est absorbée pendant la formation de l'épi et au stade de brunissement des soies.

Pour le phosphore, elle est de 3.1 kg/ha/j alors que celle de la potasse, intense au stade de 6 feuilles-brunissement des soies, est de 12 kg/ha/j (Chérubin, 1986). Pour boucler son cycle, le maïs mobilise approximativement les quantités suivantes de nutriments :

**Tableau 2. Exigences nutritionnelles du maïs par cycle de production**

Nutriment	Kg/ha	Nutriment	g/ha
N	240	Fer	1900
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	Manganèse	340

K <sub>2</sub> O	270	Zinc	300
SO <sub>3</sub>	65	Bore	200
MgO	40	Cuivre	100
CaO	60	Molybdène	10

Source : [www.yara.fr](http://www.yara.fr), 201

#### 2.3.4.6. Précédents culturaux

Le précédent cultural dépend de la texture du sol et son état de dégradation. La culture du maïs est idéale après la jachère, suivie d'un enfouissement de matières organiques (FAO, 2002). Les meilleurs précédents sont les légumineuses, telles que : l'arachide, les pois, le pois inconnu pour augmenter la teneur du sol en azote et en d'autres éléments nutritifs, ensuite les tubercules et les racines comme par exemple : la pomme de terre ou le manioc pour faciliter un meilleur enracinement du maïs (Nicou, 1981).

#### 2.3.5. Mise en place et conduite de la culture

Pour obtenir de meilleurs rendement, on doit abattre le sous-bois (arbres, branches), car lorsqu'il y a suffisamment de lumière, le rendement est élevé. Ensuite, le déchiffage des herbes et le nettoyage de la parcelle peut permettre un meilleur labour et des travaux d'entretien faciles. Pour éloigner les rongeurs (hérissons, souris), les alentours du champ doivent être nettoyés et dégagés. Enfin, Pour une germination facile des graines, la terre labourée (profondeur 15 à 30 cm) doit être bien ameublie en billon ou en plat (Gay, 1983).

Le semis entraîne l'utilisation de 15 à 25 kilogrammes de semences à l'hectare. Il se fait généralement en ligne sur des billons ou à plat à environ 3 à 4 cm de profondeur. Une distance de plantation de 0,80 m entre les lignes et 0,50 m entre les poquets est généralement recommandée. Il est important de respecter les dates de semis qui se situent en début des saisons de pluie pour que la culture puisse bénéficier d'une bonne pluviométrie et d'un ensoleillement suffisant pendant la croissance (CTA/ISF, 2012).

Le désherbage se révèle extrêmement important afin d'éviter toute compétition de la plante avec des mauvaises herbes. Selon Alphonse (2014), trois (3) désherbages suffisent pour la culture du maïs. Le premier peut avoir lieu 15 jours environ après le semis suivi du second dit sarclo-buttage, 45 jours après le semis et du troisième qui peut se faire à la demande. La récolte intervient 90 jours après le semis pour les variétés précoces et 120 jours après le semis pour les variétés tardives. En ce moment, les grains ont environ 20% d'humidité. L'épi peut être récolté avec ou sans les spathes (CTA/ISF, 2012).

#### **2.3.5.1. Les différents ennemis du maïs**

Le maïs est sensible aux ravageurs (pyrale du maïs, charançons, oiseaux, rongeurs, lépidoptères), et par contre peu sensible aux maladies, d'autant plus que les semences sont traitées (MARNDR, 2009). Les maladies les plus fréquentes en milieu tropical sont les rouilles, les striures et les helminthosporioses qui causent des lésions semblables à des brûlures (Séré, 1990). Heureusement, la plupart des variétés améliorées sont tolérantes à ces maladies. Par contre des viroses, en cas d'attaques précoces peuvent occasionner des baisses significatives de rendement (Lamy et al, 1982). Différents insectes peuvent également causer des dégâts plus ou moins grave sur les tiges, les épis, les feuilles ou mêmes les grains.

#### **2.3.5.2. Valeur nutritionnelle du maïs**

Le maïs contient des protéines et beaucoup de glucides. Son index glycémique est assez faible. En d'autres termes, les glucides qu'il fournit seront assimilés progressivement par l'organisme et ne sont pas stockés sous formes de graisses. Il renferme aussi du magnésium et des carotènes. Le maïs est la seule céréale qui contient ces antioxydants (FAO, 1995).

#### **2.3.5.3. Vitamines trouvées dans le maïs**

Il contient plusieurs vitamines du groupe B, si peu présentes dans les aliments raffinés modernes et pourtant si nécessaires à notre équilibre physiologique et neurologique et à la santé de notre peau. Son apport en vitamines B est 2 à 3 fois plus élevé que dans le reste des légumes frais (FAO, 2003).

### **2.4. La culture du maïs en Haïti**

#### **2.4.1. Conditions habituelles et sites de production**

En Haïti, la culture du maïs se répand à travers tous les départements et se cultive par la majorité des producteurs, que ce soit sous régime pluvial ou sous régime irrigué (MARNDR, 2011). Il est souvent cultivé en association avec des légumineuses en particulier le haricot, p

Par conséquent, la culture associée est répandue dans les montagnes alors que la culture pure dans les plaines et la surface totale cultivée en maïs est de 250 000 ha, la production en 2004 était de 240 000 TM et le rendement moyen/ha était 0.96 T/ha (MARNDR, 2011). Le nombre de producteurs est de 300 000 familles en moyenne et le nombre de commerçants et transformateurs est de 10 000 environ (Michel, 2016). Les grands bassins de production de maïs sont : Plaine des Cayes, l'Ouest, Plateau Central, Grand-Anse, Saint-Marc, entre autres. La longueur du cycle du maïs est variable avec la variété, l'altitude et la température, selon Jean-Pierre (1995), cité par Joanis (2018). Elle a une moyenne de 110 à 115 jours en plaine et peut atteindre 180 jours dans les zones d'altitude, selon Agénor (1977), cité par Joanis (2018).

Les principaux départements du pays où une superficie considérable est emblavée sont le département de l'Artibonite avec 40 075 ha ; le département de l'Ouest avec 37 213 ha ; le département du Centre avec 29 878 ha et celui du Sud'Est avec 24 532 ha (USAI, 2016). La culture du maïs a été présente aux niveaux des dix (10) départements du pays pendant les trois campagnes agricoles de 2016 et la campagne de printemps est la plus importante avec une production de 154 441 tonnes, soit 61% de la production nationale. Les campagnes d'automne et d'hiver représentent respectivement 30% et 9% de la production totale. Les départements de l'Artibonite, de l'Ouest et du Centre représentent les départements qui ont eu les plus grandes parts de la production du maïs en 2016. Ils ont contribué respectivement à hauteur de 28%, 17% et 16% dans la production totale. Le Sud'Est les a suivis avec un pourcentage de 11% (MARNDR, 2016).

#### **2.4.2. Principales contraintes de la culture**

En Haïti, les matériels génétiques utilisés sont généralement à faible potentiel de rendement. Les marchés locaux représentent la source principale d'approvisionnement en semences des agriculteurs. Les systèmes semenciers formels sont quasi-inexistants dans le pays. Ce qui entraîne un manque d'accès aux variétés améliorées déjà introduites (CNSA/MARNDR, 2012).

Aussi, la culture fait face à de nombreuses contraintes biotiques précitées. Les attaques des ravageurs constituent l'une des principales causes de chutes de rendement. La dégradation de nos sols, leur manque d'éléments nutritifs nécessaires à un bon développement du maïs sont autant de facteurs contribuant dans la chute de rendement de la culture. De plus, les possibilités pour que la faiblesse de la production soit aggravée par une dégénérescence des variétés locales de maïs sous l'effet des changements climatiques se sont révélées puissantes. La nécessité

té de les renforcer par de nouvelles variétés présentant des caractéristiques adaptatives aux changements climatiques se fait donc grandement sentir.

### **2.4.3. Travaux de recherche déjà réalisés sur le maïs**

Bon nombre de travaux de recherches sur le maïs en Haïti ont été réalisés de concert avec le CIMMYT (Centre International d'Amélioration du Maïs et du Blé), qui fournit les semences améliorées. C'est une organisation sans but lucratif dont la mission est de contribuer à l'augmentation des moyens de subsistance des populations du tiers-monde par l'amélioration des semences de maïs et du blé, principales cultures vivrières du monde. Cette organisation est issue d'un programme pilote mené au Mexique en 1943.

Le MARNDR, de 1981 à 1985, a entrepris dans le Sud du pays de grandes campagnes d'amélioration du maïs avec l'introduction de deux variétés améliorées de maïs (Maquina 7827 et Maquina 7928).

Avec des croisements entre les variétés indigènes et les variétés améliorées, on espérait obtenir des variétés potentiellement plus performantes que les variétés indigènes. Les résultats ont montré que les deux variétés améliorées du CIMMYT ont donné, de meilleurs rendements que la variété locale. La Maquina a donné en moyenne un rendement de 1.9 TM/ha alors qu'avec la variété locale, on a eu 1 TM/ha (Ferme de Levy), (1985) cité par Sanon, (2003).

En 1994, les travaux ont été poursuivis par la ORE avec la Maquina 7827 et le Chicken corn. Ces travaux avaient conduit, après 9 générations d'auto-croisement, de ségrégation et de sélection, à une quarantaine de lignées stables à partir desquelles des hybrides étaient créés.

De plus, la variété Chicken Corn, introduite par l'ORE a un rendement moyen de 2.50 T/ha. De concert avec CIMMYT, ORE a introduit la variété Hugo dont le rendement maximum est de 4 T/ha. Une étude réalisée sur la ferme de Damien durant la période chaude a montré que la variété locale « Tibourik » a donné un rendement de 2.96 T/ha avec un cycle complet de 121 jours (Fontin, 1995).

Toujours à la recherche de variétés améliorées et de la diversité génétique au niveau du CIMMYT, de nouvelles variétés hybrides riches en protéines ont été créées et des essais d'adaptation multi locaux sont en marche pour trouver la ou les variétés qui s'adapteraient mieux à nos conditions agro-écologiques.

## **2.5. Présentation du haricot**

Le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) est une herbacée annuelle de l'ordre des Rosales selon CIAT, (1987), cité par Neuvième, (2003). Il fait partie de la famille des Fabaceae (Papilionacées) et de la sous-famille des Papilionoideae (Pierre, 2005). Le haricot est une plante autogame faisant partie du groupe des plantes en C3. C'est une plante diploïde avec 11 paires de chromosomes ( $2n=22$ ).

Le haricot a un système racinaire pivotant pouvant descendre jusqu'à 1.20 m de profondeur mais le plus grand nombre de racines n'exploite que les 30 premiers centimètres du sol, à un rayon de 25 cm autour de la tige (Hubert, 1978). La racine est caractérisée par la présence de nodosités sur les radicelles qui, grâce aux rhizobiums, peuvent fixer l'azote atmosphérique. Selon la variété, la tige peut être dressée, grimpante ou procombrante.

Pour le haricot à rames (variété indéterminée), elle peut atteindre 2 à 3 m de long alors que dans le cas du haricot nain (variété déterminée), elle ne dépasse pas 40 cm. Dans le sens ascendant de la tige, le premier nœud est réservé aux cotylédons (Pierre, 2005). Les deux premières feuilles de la plante sont simples et se fixent au deuxième nœud. À partir du troisième nœud, ce sont des feuilles composées qui se forment avec trois folioles ovales d'environ 10 à 12 cm de long terminées chacune d'une pointe. L'inflorescence du haricot est une grappe.

Chaque plante contient en moyenne 10 à 15 grappes de 5 à 15 fleurs. Les fleurs sont de type papilionacé. Elles ont à peu près 2 cm de long et peuvent être de différentes couleurs (blanche, rose, rouge, violette, jaunâtre ou même bicolore). Les fruits sont des gousses de 4 à 25 cm de long à deux valves. Elles renferment en général 4 à 8 graines. Les jeunes gousses sont vertes mais à maturité, elles passent du vert à leur coloration définitive. Les graines de haricot peuvent être sphériques ou cylindriques selon les variétés. Elles peuvent être brillantes ou opaques et de différentes tailles : petites (<25g/100 graines), moyennes (25 à 40 g/100 graines) ou grandes (> 40g/100 graines). Elles peuvent aussi être de différentes couleurs : Blanche, Jaune, Rose, Noire, entre autres (CIAT, 1992).

### **2.5.1. Exigences pédoclimatiques**

Le haricot exige des journées ensoleillées et fraîches. La température moyenne mensuelle doit se situer entre 16°C et 25°C pour un bon développement, d'après Onoya Kitete (2012) cité par Daniel (2016). Le haricot a besoin de 300 à 400 mm d'eau durant son cycle. Pour cela, il nécessite des pluies modérées bien distribuées surtout pendant le stade végétatif. Pendant

les stades de floraison et de maturation, les pluies intenses peuvent être néfastes provoquant la chute des fleurs et l'avortement des graines.

Le haricot s'adapte à différents types de sols allant des sols sablo-limoneux aux sols argilo-limoneux mais tolère mieux les sols légers et bien aérés, selon Félix (1988) cité par Neuvème (2003). Il s'adapte aux pH se trouvant dans l'intervalle 6 à 7.5 mais préfère les sols légèrement acides (pH=6.5)(Hubert, 1978).

## **2.6. Présentation du pois souche**

### **2.6.1. Le pois souche et sa morphogénèse**

L'espèce (*Phaseolus lunatus L.*) appartient à la sous-tribu des Phaseolinae, à la tribu des Phaseoleae, à la famille des Papilionaceae (ou Fabaceae) et à l'ordre des Légumineuses (ou Fabales). Leurs folioles ovales rarement velues, le pétiole renflé à la base qui accélère la vitesse de la ramification. Les fleurs axillaires ou racème blanches, roses ou mauves. Les gousses ont 2 à 4 graines, réniformes, rhomboïdes de couleur (blanche, jaune, rouge, brune ou noire verdâtre). Souvent des taches d'une autre coloration apparaissent sur les graines.

L'habitus, le port, la taille des graines et l'adaptation à la photopériode varient avec le milieu de domestication. Un petit groupe de gènes, des phénotypiques différents. La graine est liée aux gènes, l'héritabilité (0.8) de la taille de grains est quantitative (Motto, 1978). Sa nodulation est croisée. Il y a des formes saisonnières et pérennes, des types volubiles à croissance indéterminée et floraison axillaire et les types nains buissonnants pseudo-déterminés, à floraison terminale et axillaire.

### **2.6.2. Les stades phénologiques**

Bouffil (1951), Boot et al (1982) et le CIAT (1987) distinguent trois phases phénologiques pour les légumineuses : la phase Germination-levée, la préfloraison, et la phase reproductive. La phase germination-levée dure 4 à 12 jours et s'étend de l'imbibition de la semence au déploiement des feuilles primaires. La préfloraison va du déploiement de la première feuille trifoliée à l'initiation du premier bouton floral. La reproduction part des premières pièces florales visibles jusqu'à la maturité physiologique des grains.

### **2.6.3. L'adaptabilité du pois souche**

L'espèce originaire des régions sèches du Pérou et des savanes atlantiques de la Colombie s'acclimate en basses altitudes et régions intermédiaires et en climat chaud et tolère la sécheresse.



heresse (Baudoin et al, 1997). Les basses températures retardent la croissance. L'optimum est de 16 à 27°C et au-delà de 35 °C les rendements chutent, les écotypes à petites graines sont tolérants. À Madagascar les rendements des types buissonnants (1000 à 1500 kg/ha) et jusqu'à (2000 à 2500 kg/ha) en serre, les grimpants (3000 à 4000 kg/ha) et 15000 kg/ha pour les fourragers (Baudoin, 2006 ).

#### **2.6.4. Les exigences édaphiques et la réponse à la fertilisation minérale**

Le pois souche préfère un sol légèrement calcaire, loameux sableux à légèrement de l'argile, riche pour un bon démarrage. La nutrition de la racine est optimale sous un pH (4.2 à 7.0) en région tropicale. Des cultivars tolèrent le pH de 3.1 (Baudoin, 2006 ). L'équilibre azote-phosphore est préjudiciable lors de la fertilisation (CRAAQ, 2003). En sol tropicaux carencé la fertilisation est bénéfique à l'initiation florale, la nouaison et le remplissage des gousses (Jean-Louis, 1995). Le pois souche de type volubile a une réponse optimale pour 120 kg/ha d'azote et 120 Kg/ha de phosphore à Damien. Les rendements sont plus élevés avec une fertilisation en post floraison (Jean-Louis, 1995).

## CHAPITRE III

### III. CADRE MÉTHODOLOGIQUE

#### 3.1. Présentation du site de l'étude

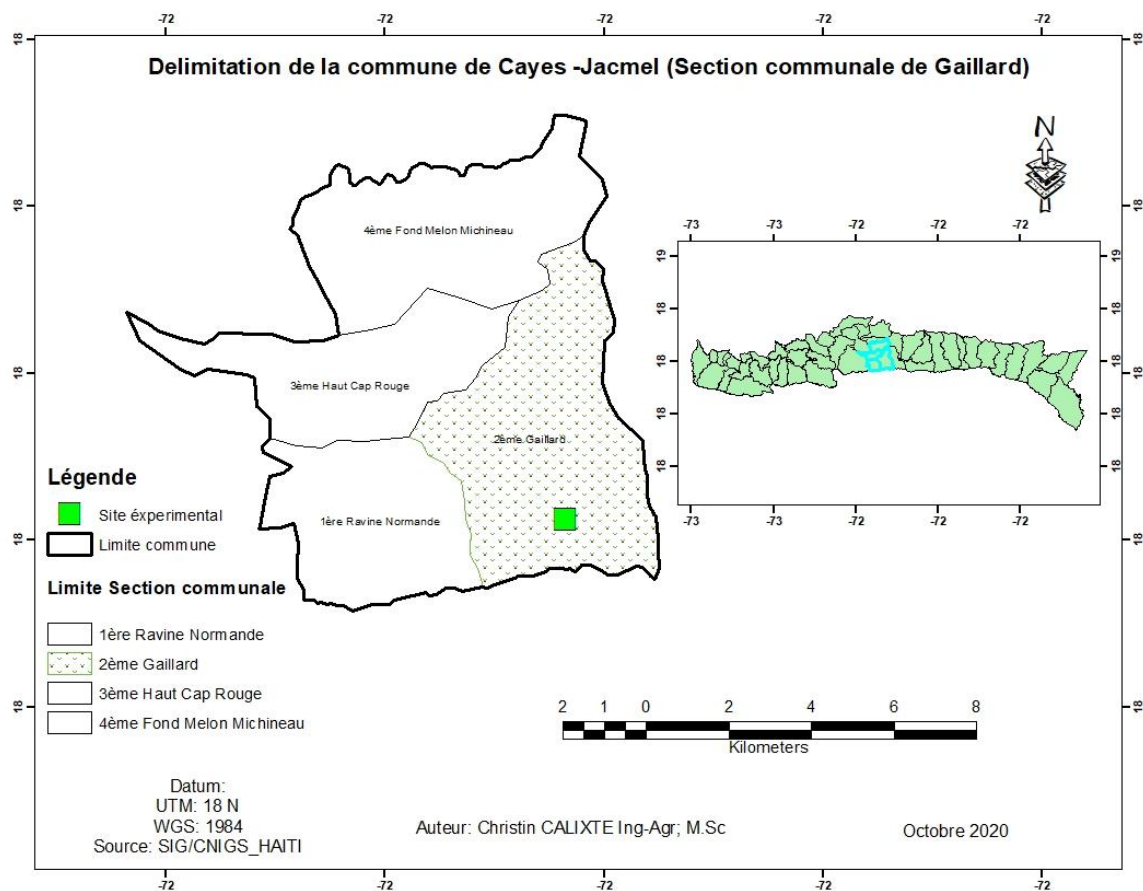
La présentation du milieu dans lequel se trouve le site d'implantation à savoir la Section Communale de Gaillard (SCG) permet de décrire le milieu physique ainsi que ses caractéristiques démographiques, pédoclimatiques et économiques.

##### 3.1.1. Situation géographique et démographique

Cayes-Jacmel était auparavant une section communale de la commune de Marigot, département du Sud'Est d'Haïti. Elle fut élevée au rang de commune en 1934. Elle est subdivisée en quatre (4) sections communales (Ravine Normande, Gaillard, Haut Cap-Rouge, Michineau (Théodart, 2017).

En effet, Gaillard est la 2<sup>ème</sup> section communale de cette commune, elle est bornée au nord par la section communale de Michineau, au sud par la mer des Antilles, à l'est par la section communale de Corail-Soul et à l'ouest par la section communale de Ravine-Normande. Elle se localise au sud de la commune des Cayes-Jacmel et comporte 37 habitations. Elle s'étend de Banlieue à Ti Seguin. Elle a une superficie de 27 km<sup>2</sup> et 15028 habitants environ (IHESI, 2015).

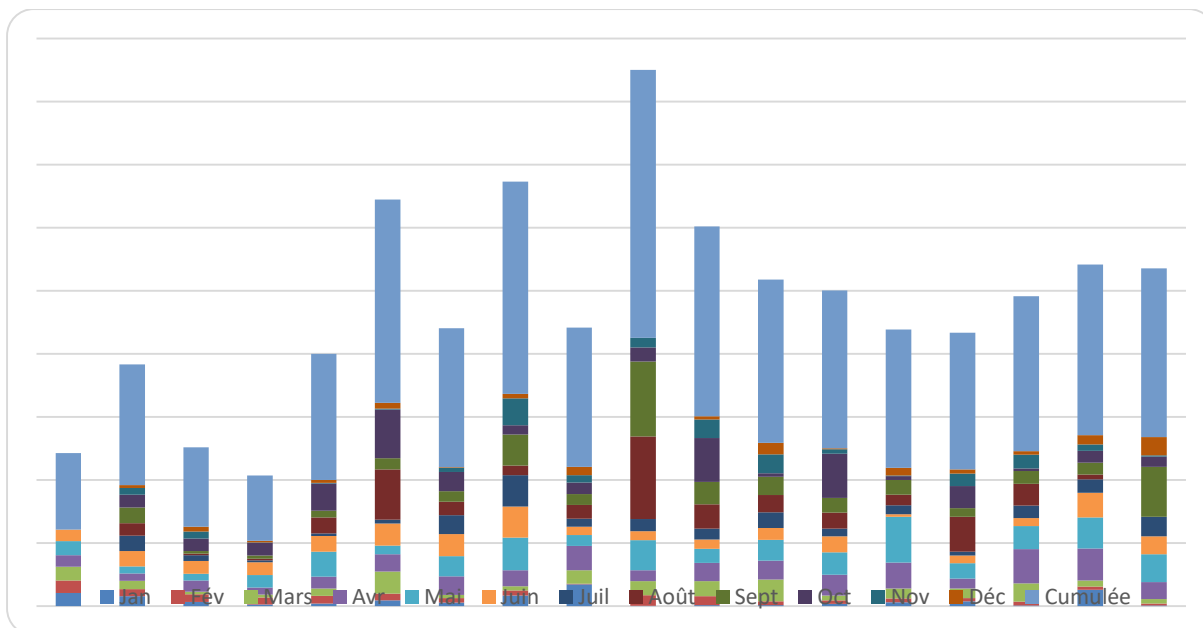
### 3.1.2. La carte de la zone d'étude



**Figure 1. Délimitation géographique de la commune des Cayes-Jacmel (section communale de Gaillard)**

### 3.1.3. Pluviométrie

Le climat de la commune des Cayes-Jacmel est caractérisé par deux saisons pluvieuses allant de Mars à juin, puis Août à novembre et une saison sèche allant de Décembre à Février.

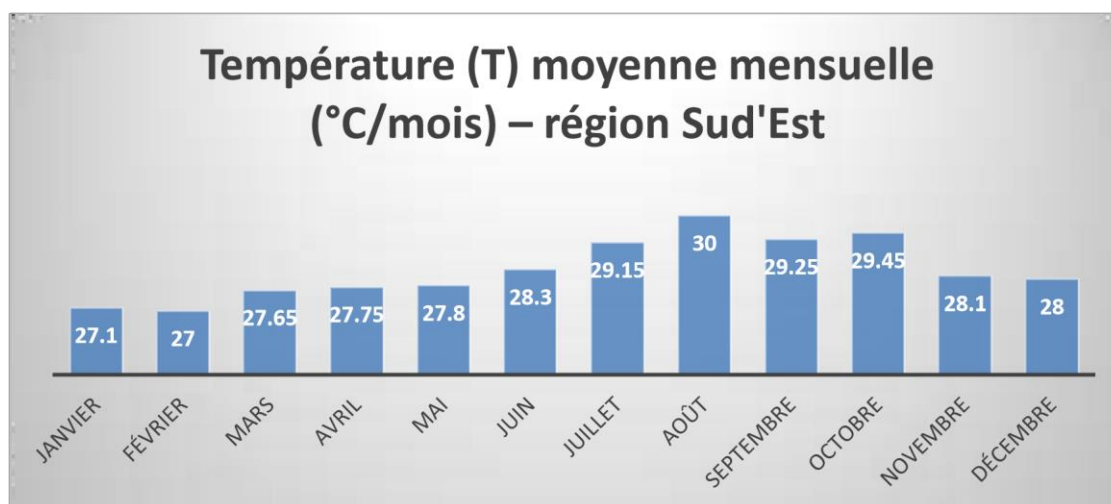


<http://.Statistiques.agriculture.gouv.ht/pluviometrie/station-Jacmel>

**Figure 2. Pluviométrie moyenne annuelle (mm/mois) région Sud-Est Cayes-Jacmel (2000-2017)**

### 3.1.4. Température

Dans la commune des Cayes-Jacmel, on y trouve un climat variable selon le niveau d'altitude. La température moyenne journalière est d'environ 27 à 30°C.



<http://.Statistiques.agriculture.gouv.ht/pluviometrie/station-Jacmel>

**Figure 3. Températures moyennes mensuelles (°C) (2018-2019). Cropwat (2018-2019)**

### **3.1.5. Relief et végétation**

Au niveau de cette section, on trouve différents niveaux d'altitude, c'est-à-dire des montagnes et des pieds-monts. Elle se caractérise à la fois par la présence de zones plus ou moins riches en biodiversité parmi lesquelles l'emblématique du couvert végétal de Lestage, et par des zones de production du fait de la quantité de pluie qu'elles reçoivent très souvent (Monélus, 2018). On a observé que la zone présente une caractéristique semi-humide, le couvert végétal offre l'aspect d'une zone herbacée comportant des strates arbustives dans les zones de montagnes et des strates arborées plus ou moins importantes dans les pieds-monts.

### **3.1.6. Typologie de sols**

Pour la plupart, les terres du terroir sont cultivables. Par ailleurs, des sols qui présentent des caractéristiques argilo-sablonneux sont trouvés, aptes aux cultures comme par exemple : maïs, petit mil, manioc, entre autres ; des sols sableux sont rencontrés bien que soumis au phénomène de dégradation ; les cultures céréalières et maraîchères y sont exploitées (Jean, 2018).

### **3.1.7. L'hydrographie**

Sur le plan hydrographique, on y trouve deux (2) rivières : la rivière de Gaillard et celle venant de Cap-Rouge qui traverse la section communale de Gaillard. Ces deux rivières se rencontrent dans une zone dénommée jet d'eau. Cette section contient plus de 50 sources et une précipitation moyenne annuelle de 900 mm (Jeudy, 2018). Au niveau de la plaine, l'eau traverse par trois canaux d'irrigations, le premier est capté depuis les rivières de Gaillard et de Cap-Rouge appelé canal Jean David, le deuxième se trouve à Cajin et le troisième à Charrette. Donc, avec ces ressources dont elle dispose pour une superficie d'environ 6550 km<sup>2</sup> potentiellement irrigable ; il y en a assez pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation dans la plaine de cette section. En dépit de tout, il n'existe plus des stratégies et des infrastructures pouvant assurer une bonne gestion de l'eau au profit de la production agricole de cette section (Jeudy, 2018).

### **3.1.8. Les systèmes de production**

#### **❖ Le système foncier**

Les agriculteurs possèdent des terres par héritage et par fermage. Pour ceux qui n'en ont pas assez pour travailler, ils ont hypothéqué les terres de la part d'autres paysans. Ils cultivent les terres aussi par le titre de métayage.

### ❖ **Le système de culture**

L'agriculture pratiquée dans cette zone n'est autre qu'une agriculture pluviale avec des cultures comme le maïs, le haricot, la tomate, le piment, l'épinard, le pois inconnu dans les zones de plaines et, le petit mil, le pois congo, le maïs, le manioc, la patate douce, le gingembre, le malanga, le haricot, le pois souche, la banane, l'igname dans les piémonts et dans les mornes, après une minutieuse observation.

### ❖ **Le système d'élevage**

À Gaillard, l'agropastoralisme est marqué avec l'intégration culture-élevage. Le troupeau de la section fournit de la fumure organique aux champs proches assurant un certain niveau de fertilité. Certains agriculteurs ont différentes têtes de bétails pour répondre aux besoins familiaux, toutefois cette pratique reste encore traditionnelle (Bonnet, 2018).

### **3.1.9. Activité socio-économiques**

L'agriculture, l'élevage et la pêche sont les principales activités de production du secteur primaire au niveau de la Section Communale de Gaillard (SCG). Par l'importance de la population qu'elle mobilise, par son rôle prépondérant dans l'alimentation, mais aussi par sa contribution au revenu, l'agriculture joue un rôle de premier plan dans cette section communale (Bonnet, 2018). Les paysans ont tiré de l'agriculture des produits agricoles et en les commercialisant dans le marché de Gaillard ou d'autres marchés de la commune. Cependant, cette activité est caractérisée par une faible productivité malgré l'importance des potentialités agro-écologiques et une pluviométrie encore plus ou moins favorable à l'activité agricole (Monélus, 2018).

En termes d'énergie, la section comporte une centrale hydro-électrique qui alimente Gaillard, Cayes-Jacmel, Marigot et parfois Jacmel. Sa capacité de production électrique fut de 500 KW. Mais, vu le déboisement de la zone et la détérioration des sous bassins versants qui alimentent sa source, elle fournit plus que 200 KW (Jeudy, 2018). Malgré cette faiblesse, elle contribue grandement au revenu des commerçants en vendant de jus glacé, de crème et de glace.

Plusieurs atouts touristiques sont identifiés dans la section comme par exemple : les grottes Jet d'eau et trou zombie, la plage Ti mouillage, le saut Jet d'eau, l'ancienne usine hydro-électrique de Boucard installée en 1925 par une compagnie Suisse avec financement Alleman

d<sup>7</sup>. Cette usine fut déplacée et relocalisée suite à la déviation du cours d'eau qui s'alimentait à près le passage d'un cyclone (Théodart, 2017). En ce qui concerne les loisirs, la zone dispose d'un muni stade sur le littoral pour les activités de détente. Dans la localité de Bernard, il y avait une usine de transformation du café qui transformait les cerises du café recueillies dans la section. Cependant, à ce même endroit, il y a maintenant un autre matériel qui transforme les grains de maïs venant de la section communale de Gaillard.

Au niveau de la section, il y a deux écoles nationales, plusieurs écoles privées et une école professionnelle avec plusieurs filières. Il y a un dispensaire public, un dispensaire privé, un centre médical avec service de chirurgie et deux cliniques privés. On trouve dans la section, plusieurs églises protestantes et une église catholique, plusieurs temples de vaudou et quelques gaguères pour les activités sociales que font les paysans.

### **3.2. Site expérimental**

L'étude a été réalisée sur une parcelle dans la section communale de Gaillard, plus particulièrement, l'habitation de Bernard. Cette section est soumise à un climat semi humide avec une pluviométrie moyenne d'environ 900 mm/an, une température moyenne journalière d'environ 27 à 30 °C.

#### **3.2.1. Matériels**

Sur le plan agricole, le mot matériel est considéré comme l'ensemble des équipements et outillages utilisés dans une exploitation ou encore ensemble des objets et instruments utilisés dans le cadre d'une activité agricole. De ce fait, pour réussir cette étude les matériels ci-dessous avaient été utilisés.

#### **3.2.2. Matériels physiques**

- ❖ Des pioches pour le labourage ;
- ❖ Des houes pour écraser les mottes, pour préparer les allées et les digues et pour faire aussi le désherbage ;
- ❖ Des serpettes pour le désherbage de précision ;
- ❖ Des machettes pour le débroussaillage et préparer les poquets de semis ;
- ❖ Un ruban métrique de précision au centième (1/100) de mètre pour mesurer les distances nécessaires ;

---

<sup>7</sup> Information recueillie dans le bureau d'une autorité de la section, en l'occurrence Casec Junior CHÉRY

- ❖ Équerre pour rendre le tracé rectiligne ;
- ❖ Des piquets pour délimiter la parcelle et gérer la distance de plantation ;
- ❖ Une ficelle pour quadriller le terrain et contrôler aussi la distance de plantation ;
- ❖ Un GPS pour prendre les coordonnées géographiques de la zone ;
- ❖ Balance, précise au dixième (1/10) de gramme pour effectuer les différentes pesées ;
- ❖ Pied à coulisse précis au dixième (1/10) de millimètre pour mesurer le diamètre des plantes ;
- ❖ Pulvérisateur pour faire des applications de phytosanitation ;
- ❖ Marqueur pour marquer les échantillons ;
- ❖ Plume et cahier pour écrire certaines données nécessaires.

### 3.2.3. Matériels chimiques

Ainsi, pour lutter contre les maladies de types « fontes de semis » présentes dans le sol (fusarioses, septorioses), les d'insectes, les perdrix et les rongeurs, les attaques précoces de maladies et d'insectes, chenille, des produits comme par exemple : actara et celcron ont été utilisés.

**Tableau 3. Présentation des matériels chimiques utilisés dans l'étude**

Type	Nom commercial	Formulation	Matière active	Classe chimique	Dose recommandée
Insecticide	Actara	5 EC	Deltaméthrine	-	10ml/gallon d'eau
Insecticide	Celcron	M45	Mancozèbe	Dithio carbamate	60g pour 5 gallons

### 3.2.4. Matériels biologiques

Cette étude a été faite avec les semences provenant de la variété locale dénommée (*Mayi Alizèn*) cultivée dans la section. Ce choix a été fait parce qu'on estime que la variété provenant de la zone peut-être mieux adaptée avec les conditions environnementales du milieu par rapport à d'autres variétés venant de l'extérieur. Aussi bien que les semences de haricot noir et de pois souche locale de cette zone (Annexe A, photo 3).

**Tableau 4. Présentation des différents matériels biologiques utilisés**

Espèces	Variétés
Maïs	Alizèn



Haricot noir	Ore 2000
Pois souche	Beseba

### 3.2.5. Dispositif expérimental

Le dispositif choisi était le DBCA, c'est un Dispositif en Blocs Complètement Aléatoire comprenant quatre traitements et quatre répétitions. En outre, la répartition des traitements a été faite aléatoirement dans chaque bloc. Alors, l'expérimentation a été conduite dans l'année 2021 et ce travail a été réalisé sur une période de 6 mois, allant de Janvier à Juin. La superficie totale est de 513 m<sup>2</sup> ou 3.98 centièmes. On avait des unités en culture pure ou monoculture qui étaient des témoins et des unités en cultures associées qui étaient des tests.

Exemples :

- 1- (T<sub>0</sub>) Témoin, maïs en culture pure ou monoculture ;
- 2- (T<sub>1</sub>) Test, association maïs-haricot noir ;
- 3- (T<sub>2</sub>) Test, association maïs-pois souche nain ;
- 4- (T<sub>3</sub>) Test, association maïs-pois souche rame-haricot noir.

**N.B :** Puisque l'étude se porte sur la performance agronomique de la culture du maïs en culture pure et en culture associée, on a combiné deux pratiques culturales pour effectuer le travail, telles que : la pratique moderne ou innovante qui est identifiée par ces traitements (T<sub>0</sub> ; T<sub>1</sub> ; T<sub>2</sub>) et la pratique paysanne ou empirique qui est identifiée elle-même par le traitement T<sub>3</sub>.

Pour la pratique moderne ou innovante, le maïs était semé à plat et en jumeler simple pour favoriser une bonne circulation de l'air, le pois souche et le haricot étaient semés en ligne et en colonnes à côté du maïs. Autrement dit, la superficie totale de l'expérimentation est 513 m<sup>2</sup>, sa longueur totale était de 27 m et sa largeur totale était de 19m. La superficie utile était de 425 m<sup>2</sup>, et chaque unité parcellaire avait une superficie de 15 m<sup>2</sup> donc, 5 m de long et 3 m de large (5 m x 3m).

Le maïs était semé en ligne avec une distance de 75 cm entre chaque ligne de maïs et 40 cm entre chaque poquet. On avait 5 lignes de maïs dans chaque unité parcellaire et chaque ligne comportait 12 poquets, soit 60 poquets en tout, donc 120 plantules de maïs sur toute une parcelle, à raison de 2 graines par poquet.

Le haricot noir et le pois souche naine étaient semés dans les lignes et les colonnes de maïs avec un écartement de 20 cm entre chaque poquet. 11 poquets étaient dans les lignes de maïs et 8 poquets étaient dans les colonnes de maïs, donc on avait 55 poquets dans les lignes et 96 poquets dans les colonnes de maïs, soit 151 poquets de haricot noir sur toute une unité parcellaire, donc un total de 302 plantules de haricot noir à raison de 2 graines par poquets sur toute une parcelle. Ce calcul est aussi tenu pour le pois souche.

Pour la pratique paysanne ou empirique, le maïs était semé avec une quantité de 5 ou 6 graines contenues dans des poquets à des distances incontrôlées mélangées avec 2 graines pois souche à rame dans les mêmes poquets. Le haricot noir était inséré au côté des poquets de maïs avec une quantité de 3 ou 4 graines par poquet. Pour que ce travail soit fait de façon appropriée et parallèle à celui des agriculteurs de la zone, un échantillon de deux agriculteurs a été choisi au hasard.

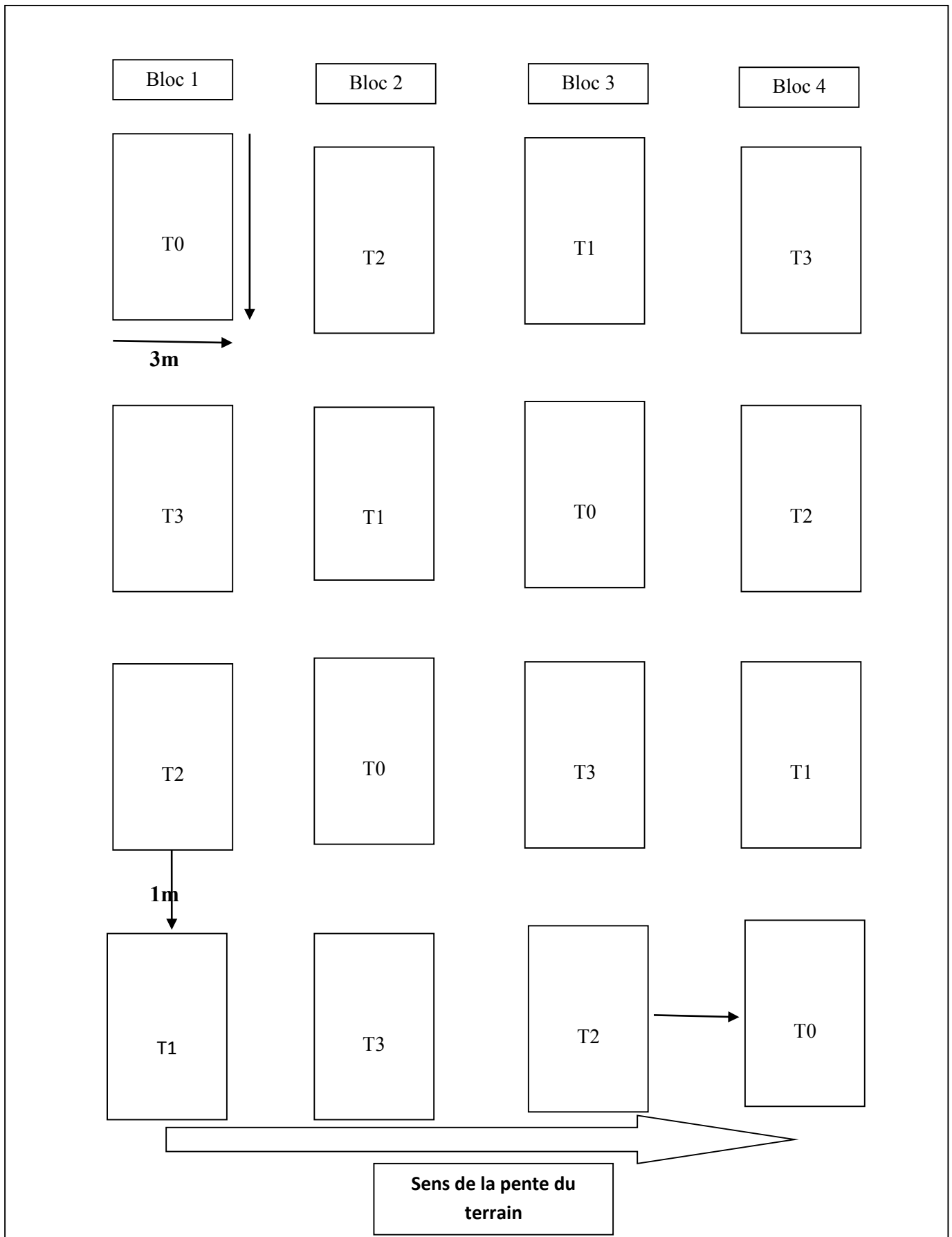


Figure 4. Croquis du dispositif expérimental

### **3.4. Mise en place de l'expérimentation**

#### **3.4.1. Préparation du sol**

Le sol a été labouré de 10 à 20 cm de profondeur avec de pioches pour lui permettre un bon développement et pour permettre aussi un mélange entre la terre arabe et les résidus. Ce travail a été fait par des travailleurs de la section à un prix payé, en date du 2 Janvier 2021. Trois semaines après, on a écrasé les mottes avec de houes pour rendre le sol apte aux cultures.

#### **3.4.2. Choix et préparation des grains**

On procédait à la mise en place par semilles. Par conséquent, les grains ont été choisis par la sélection massale en choisissant des bons épis, de grand calibre, des épis sains (non attaqués) par les maladies. Un test de germination a été fait pour tester le pouvoir germinatif des grains de semences prélevées et le test justifiait que les semences ont un pouvoir germinatif de 100%.

Un jour avant le semis, soit le 23 Février 2021, les semences avaient été traitées dans une solution d'actara contre les maladies de types « fonte de semis » présentes dans le sol (fusarioses, septorioses), les larves d'insectes, les perdrix et les rongeurs, les attaques précoces de maladies et d'insectes, chenilles, criquets et mites. Ce traitement a été fait avec une dose de ½ cuillère par gallon d'eau pendant 5 minutes.

#### **3.4.3. Semis ou plantation**

Le semis a été fait au début de la période pluvieuse, plus précisément le 24 Février 2021. Les grains étaient placés à l'intérieur des poquets, puis fermés et tassés légèrement la terre autour des plants.

#### **3.4.4. Entretien**

Au cours du cycle végétatif et reproductif de la culture, deux sarclages et buttages avaient été exécutés, car le maïs exige beaucoup d'entretien. Le premier sarclage avait eu lieu 20 jours après le semis et le deuxième au milieu du mois d'Avril qui est un sarclo-buttage<sup>8</sup>. Une séance de désherbage a été faite au début du cycle de maturation du maïs (9ème semaine), vue le niveau d'infestation des parcelles par des mauvaises herbes.

Des traitements phytosanitaires ont été réalisés vue l'attaque dévastatrice des insectes nuisibles, en particulier les chenilles. Pour se faire, une séance d'aspersion a été réalisée avec l'actara

---

<sup>8</sup>Le buttage a pour but de maintenir l'humidité du sol et de lutter contre les ravageurs.

(10ml/gallon d'eau). Ensuite, vu les faibles résultats obtenus, le celcron a été utilisé (60 g pour 5 gallons) avec lequel on a eu 3 aspersions à des jours différents.

### **3.4.5. Récolte**

La récolte a été faite afin de caractériser chaque traitement par ces variables (longueur des épis, nombre d'épis/pied, nombre de rangé/épis) et pour mieux évaluer le maïs. Elle consiste à casser les épis manuellement afin de les enlever dans leur spath. Elle était progressive et s'effectuait 119 jours après la plantation, au moment où les feuilles et les épis étaient bien séchés.

### **3.4.6. Post-récolte**

Tous les épis collectés pour chaque unité expérimentale avaient d'abord séchés et égrenés. Ensuite, on procédait à des opérations de vannage et de triage. Enfin, on avait déterminé l'humidité en absence d'humidimètre au moyen d'un test de découpe des grains avec un couteau.

### **3.4.7. Collecte des données**

Deux (2) pieds avaient été choisis comme échantillon dans chaque ligne, on accentuait sur eux pour faire des observations et prendre des mesures sur certaines variables bien définies afin de collecter les données nécessaires à ce travail.

### **3.4.8. Variables étudiées**

Pour parvenir à termes de chacun des objectifs fixés, les variables qui portent sur la performance agronomique de la culture du maïs ont été étudiées telles que : les variables de croissances, de reproduction, de rendement et celles qui se portent sur l'incidence des maladies. Un échantillon de dix (10) plantes avait été choisi aléatoirement dans chaque répétition pour la prise des données de ces variables. Les échantillons ont été marqués avec de marqueur pour que la prise des données puisse se prendre sur les mêmes échantillons.

#### **3.4.8.1. Variables de croissance**

##### **❖ Hauteur des plantes**

Un ruban métrique a été utilisé pour la détermination des différentes hauteurs. Chaque hauteur a été prise en centimètres depuis le collet jusqu'à l'apex de la tige tous les quinze (15) jours, à partir du 15ème jour du semis jusqu'à la floraison en quatre (4) périodes durant le stade végétatif de la plante.

#### ❖ **Diamètre des tiges**

Le diamètre des tiges a été obtenu à l'aide d'un pied à coulisse en centimètres dans le collet tous les quinze (15) jours, à partir du 15<sup>ème</sup> jour du semis jusqu'à la floraison en quatre (4) périodes durant le stade végétatif de la plante.

#### ❖ **Longueur et largeur des feuilles**

La longueur et la largeur des feuilles ont été déterminées à l'aide d'un ruban métrique tous les quinze (15) jours, à partir du 15<sup>ème</sup> jour du semis jusqu'à la floraison en quatre (4) périodes durant le stade végétatif de la plante.

### **3.4.8.2. Variables d'adaptation reproductive**

#### ❖ **La précocité à la floraison**

Le nombre de jours mis par chaque traitement pour que plus de 50% des plantes fleurissent (Fleurs mâles et femelles) a été déterminé sur chaque parcelle élémentaire. La différence entre la date d'observation de la pleine floraison de chaque parcelle élémentaire et la date de semis donnera le nombre de jours mis par le traitement en question.

#### ❖ **Nombre de pieds/mètre carré**

Au moment de la fructification de chaque unité expérimentale (UE), on a déterminé le nombre de pieds par mètre carré en divisant le nombre de pieds présent par la superficie d'une unité expérimentale.

#### ❖ **Nombre d'épis/pieds**

Les plantes ont été observées une par une dans chaque répétition et celles qui ont eu au moins un épi à récolter ont été identifiées à l'aide d'un marqueur puis comptées. Les épis ont été ensuite récoltés puis comptés à nouveau.

#### ❖ **Longueur des épis**

À l'aide d'un ruban métrique, la longueur moyenne des épis au niveau de chaque parcelle élémentaire, a été mesurée sur un échantillon de 10 épis séchés dépouillés de leurs spathes, après la récolte.

#### ❖ **Nombre de rangées de grains (NRG)**

Le nombre de rangée de grains par épi sur un échantillon de 10 a été compté, puis noté.

#### ❖ **Poids moyen de 100 grains**

Cent (100) grains de chaque échantillon ont été comptés et isolés. Une balance pouvant supporter un poids maximal de 2000 grammes avec une précision de 1/10 de gramme a été utilisée pour les peser.

#### ❖ **Rendement estimé et le rendement mesuré**

Le rendement mesuré a été déterminé à l'aide des formules suivantes : «  $Rdt = \frac{NP}{m^2} \times \frac{NE}{P} \times \frac{NG}{E} \times \text{Poids moyen d'un grain}$  ». Cette formule a été utilisée afin de calculer le carré rendement des unités expérimentales. Ensuite, le poids de l'ensemble des grains récoltés dans chaque répétition pour chaque bloc a été déterminé à l'aide d'une balance dont le poids maximal à supporter est de 20 kilogrammes avec une précision de 50 grammes et calculé par cette formule :

$$\text{Rdt. Mes} : = \frac{\text{poids des grains en g}}{\text{Superficie d'une UE en m}^2}$$

Avec : Rdt pour rendement et UE pour Unité Expérimentale.

### 3.4.8.3. Variables d'adaptation relative à la phytosanitation

#### ❖ Incidence des ravageurs

Les différents ravageurs ainsi que les organes atteints au cours de l'expérimentation ont été noté. Le pourcentage de plantes attaquées dans chaque cas a été enregistré pour chaque parcelle.

#### ❖ Incidence des maladies

Ce paramètre a été mesuré en comptant le nombre de plantes attaquées par les maladies et ravageurs au niveau de chaque parcelle élémentaire.

### 3.5. Analyse statistique

Les données brutes collectées pour chaque variable ont d'abord été soumises à des analyses statistiques descriptives calcul des valeurs de tendance centrale [moyenne] et de variation [écart-type] sur Excel en considérant un risque d'erreur égal à 5% selon le test de Fisher, afin de tester leur niveau d'acceptation. Ensuite, elles ont été regroupées sur une matrice. Dans le cas de différences significatives, la méthode de la PPDS (plus petite différence significative) a été utilisée pour comparer les moyennes. Elles ont ensuite été soumises à une analyse de variance avec le logiciel R version 12.1.

## CHAPITRE IV

### IV. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'analyse des résultats constitue l'épine dorsale de la recherche. Le chapitre précédent, celui de la méthodologie présente le devis qui a guidé notre collecte de données et également les démarches d'analyses. Ainsi, dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter les résultats agronomiques sous forme de tableau par des variables suivis des discussions, enfin nous aurons une brève idée sur la culture du maïs à Gaillard.

#### 4.1. Les différentes variables étudiées dans cette expérimentation

##### 4.1.1. Variables de croissance de la plante

Quatre (4) variables ont été retenues pour mesurer la croissance de la plante : Hauteur de la plante, diamètre de la plante, longueur de la feuille et largeur de la feuille. Premièrement, la hauteur de la plante est mesurée depuis au collet jusqu'à l'apex. Le traitement T0 (T0 = Maïs pure) à la hauteur moyenne la plus élevée : **203.57 cm**, suivi du traitement T1 (T1 = Maïs-haricot noir) : **194.22 cm** et le traitement T2 (T2 = Maïs-pois souche nain) : **192.88 cm**, tandis que celle la plus faible est enregistrée sur le traitement T3 (T3 = Maïs-haricot noir-pois souche rame) : **161.80 cm**. L'analyse de variance effectuée sur R démontre qu'il existe de différence réelle entre les traitements en ce qui a trait à la hauteur.

Ensuite, pour le diamètre de la tige, le traitement T0 présente le diamètre moyen le plus élevé : **2.34 cm** et le traitement T1, a le plus faible diamètre : **1.89 cm**. Ainsi, il y a de différence significative entre ces traitements. Puis, pour la longueur moyenne de la feuille, elle est variée de : **84.40 à 86 cm**. La différence enregistrée n'est pas significative pour cette variable entre les traitements.

Enfin, la largeur moyenne de la feuille la plus élevée se retrouve dans le traitement T0 : **8.32 cm**, suivi respectivement du traitement T1 et T2 : **7.27 cm et 7.28 cm**, tandis que celle la plus faible est enregistrée dans le traitement T3 : **6.96 cm** (Tableau 5). Donc, il existe des différences significatives entre les traitements en ce qui a trait à la largeur de la feuille.



**Tableau 5. Répartition de la hauteur et du diamètre des plantes, ainsi que la longueur et la largeur de la feuille des plantes par traitements**

Traitements	Hauteur plante	Diamètre plante	Longueur feuille	Largeur feuille
T0	4.38± 203.57 a	0.03± 2.34 a	0.40± 86 a	0.02± 8.32 a
T1	0.88± 194.22 b	0.01± 1.89 d	0.28± 85.42 a	0.03± 7.27 b
T2	1.70± 192.88 b	0.03± 2.24 b	0.28± 85.18 a	0.086± 7.28 b
T3	2.18± 161.80 c	0.00± 2.08 c	0.13± 84.40 a	0.131± 6.96 c
<b>PPDS</b>	<b>4.30</b>	<b>0.04</b>	<b>3.82</b>	<b>0.05</b>

**N.B :** Les résultats présentés sont les valeurs moyennes des quatre (4) traitements ± écart-type. Les moyennes de traitements pour une même variable accompagnées d'une même lettre minuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

En ce qui a trait aux variables de croissance du maïs (hauteur de la plante, diamètre de la tige, longueur et largeur de la feuille), elles varient en fonction du type de culture, selon l'écologie et les différents paramètres des itinéraires techniques. Cependant, en situation monoculture, le maïs offre un plus grand résultat à ces variables de croissance par rapport aux associations de culture même que les itinéraires techniques utilisés pour chaque traitement sont identiques. C'est ce qui est expliqué par Traoré dans sa thèse. Il disait que cette différence pourrait être à l'origine de l'un des désavantages de l'association culturale qui peut : accroître la concurrence (aérienne et souterraine) des cultures associées pour l'occupation de l'espace, la lumière, l'eau, l'air et les éléments nutritifs selon Traoré (2009), cité par Baladgui (2018).

Dans cette étude, les résultats moyens trouvés pour la hauteur et le diamètre de la plante, ainsi que la longueur de la feuille sont proches de ceux trouvés dans la littérature (Picard, 1991). Il y a une augmentation de hauteur dans cette étude par rapport à celle que Lubin (2020) a été trouvé dans son étude réalisée sur le maïs. Cette augmentation résulterait par les conditions

climatiques et édaphiques du milieu puisque ces deux études avaient été réalisées dans deux zones qui peuvent être différentes en situation de pluviosité, de température et de sol.

#### 4.1.2. Variables de la floraison de la plante et de la maturation physiologique des graines

D'après l'analyse de variance du nombre de jours allant du semis à la floraison mâle, il existe de différence significative entre les traitements. Le traitement T3 a été le plus tardif (73.4 jours) tandis que le traitement T0 a été le plus précoce (66 jours). Quant aux nombres de jours allant du semis à la floraison femelle, l'analyse révèle encore l'existence de différences significatives entre les traitements. Le traitement T3a été le plus tardif (79 jours) tandis que le traitement T0 et le traitement T1 ont été les plus précoces (71 jours).

Parallèlement, pour le nombre de jour à la maturité physiologique, il est varié de 91 à 95 jours, l'analyse révèle qu'il y a de différence significative entre le traitement T3 comparé aux autres traitements (Tableau 6).

**Tableau 6. Répartition du nombre de jours: à la floraison mâle, à la floraison femelle et à la maturité physiologique par traitement**

Traitements	NJFM	NJFF	NJMP
T0	0.9±65.4 b	0±71 c	0±91 c
T1	0±66 b	0 ±72 b	0±91c
T2	0±66 b	0 ±72 b	0±92 b
T3	0.37±73.4 a	0 ±79 a	0±95 a
<b>PPDS :</b>	<b>0.78</b>	<b>8.20.</b>	<b>5.25</b>

**N.B :** Les résultats présentés sont les valeurs moyennes des quatre (4) traitements ± écart-type. Les moyennes de traitements pour une même variable accompagnées d'une même lettre minuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

L'analyse des variables qui expriment la précocité variétale (le nombre de jours à la floraison mâle et femelle et le nombre de jours à la maturité physiologique) montrent qu'il y a de différence significative entre les traitements. La culture pure présente une meilleure performance de la précocité comparativement aux associations. Cela pourrait être expliqué par

un retard de croissance des plantes de maïs dans les cultures associées par rapport à la culture pure. Puisque les légumineuses cultivées dans cette expérience sont majoritairement des plantes grimpantes à croissance indéterminée, de ce fait, elles utilisent la culture principale qui est le maïs comme tuteur, en retardant sa croissance et en l'empêchant de bien se développer tout comme dans la culture pure afin d'atteindre le même nombre de jour pour entrer en floraison.

Néanmoins, malgré cette bonne performance de la précocité du maïs en culture pure par rapport aux autres associations, cela n'empêche pas que le nombre de jour pris pour atteindre ces variables dépasse celui qui existe dans la littérature et dans d'autres études similaires, comme par exemple dans l'étude que Lubin (2020) a été réalisé sur le maïs, le nombre de jour d'entrée à la floraison mâle pour la culture pure du maïs était 61 jours. Ce retard d'entrée en floraison a été posé aussi dans une autre étude réalisée par Joanis (2018) avec le phénotype utilisé.

La date d'entrée en floraison de la culture du maïs dépend de la variété et les conditions climatiques du milieu (Mémento, 2002). Tenant compte de la variété utilisée qui est une variété locale intermédiaire avec une date d'entrée en floraison comprise entre 55 jours à 60 jours après le semis, l'incapacité d'atteindre le nombre de jour normal pourrait être expliquée par un excès de pluviosité durant la fin du stade végétatif du maïs et qui engendre du même coup un déficit de lumière, en ralentissant l'entrée en floraison de la culture. Selon Agridea (2007), les besoins en eau du maïs sont moins élevés dans les derniers stades végétatifs.

#### **4.1.3. Variables des composantes du rendement**

Concernant les composantes du rendement on a : le nombre de pieds par mètre carré, le nombre d'épis par plante, la longueur des épis, le nombre de rangés par épis et le nombre de grains par épis qui avaient été considérés.

Le nombre moyen de pieds récoltés par mètre carré varie de **10.49 à 10.55 pieds**, l'analyse effectuée sur le logiciel R démontre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements. Le traitement T0 a été identifié comme le traitement portant le plus grand nombre d'épis/plante avec **1.06 épis**, suivi du traitement T3 avec **1.02 épis**, tandis que les traitements T1 et T2 présentent le plus petit nombre d'épis/plante, avec **1 épis** chacun. Il y a de différence significative qui a été observée pour cette variable entre les traitements. Puis, pour la longueur moyenne des épis entre les traitements, elle est variée de **13.85 à 15.33 cm**. Bien que le maïs en monoculture présente une moyenne plus élevée soit 15.33 cm, l'analyse de

variance démontre qu'il n'y a aucune différence significative pour cette variable entre les traitements.

Enfin, pour le nombre moyen de rang/épis, le traitement T0 présente le plus grand nombre de rangs : **11.53**, suivis respectivement des traitements T1 et T2 : **10.9** et **10.6**, tandis que le traitement T3 a été observé comme le traitement qui a le plus petit nombre de rang/épis : **10.17** (Tableau 7). L'analyse de variance effectuée sur R démontre qu'il existe des différences significatives entre les traitements en ce qui a trait au nombre de rang/épis.

**Tableau 7. Répartition du nombre de plantes/m<sup>2</sup>, du nombre d'épis/plante, de la longueur des épis, du nombre de rang/épis par traitement et du nombre de grains/épis.**

Traitements	NP/m <sup>2</sup>	NE/P	LE	NR/E	NG/E
<b>T0</b>	10.55 ±0.12a	0.05± 1.06 a	1.19±15.33 a	0.68±11.53a	370.5 ± 16.70 a
<b>T1</b>	10.50 ±12a	0±1 b	3.35±13.85 a	0.41±10.9 ab	350 ± 15.95 ab
<b>T2</b>	10.49±0.4a	0±1 b	2.01±14.42 a	0.571±10.6 ab	344.5 ± 14 ab
<b>T3</b>	10.52±0.11 a	0.05±1.02ab	1.63±14.42 a	0.75±10.17 b	299.8 ± 12.5 b
<b>PPDS :</b>	<b>0.90</b>	<b>0.05</b>	<b>1.08</b>	<b>1.04</b>	<b>20.79</b>

**N.B :** Les résultats présentés sont les valeurs moyennes des quatre (4) traitements ± écart-type. Les moyennes de traitements pour une même variable accompagnées d'une même lettre minuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

Les variables exprimant les composantes du rendement (nombre de pieds par mètre carré, nombre d'épis par plante, longueur des épis, nombre de rangé par épis, nombre de grains par épis) expliquent que les résultats sont plus élevés au niveau de la culture pure par rapport aux associations culturales. À cet effet, cette différence pourrait être mise en cause par

l'hétérogénéité du sol et d'autres paramètres internes, puisque tous les traitements ont été bénéficiés des attentions culturales identiques durant cette période. Les résultats trouvés pour les composantes du rendement sont proches à ceux trouvés dans la littérature<sup>9</sup>.

#### 4.1.4. Poids de 100 grains et rendement mesuré des traitements

Pour le poids de 100 grains, il est varié de **28 à 31.75 g**. Le traitement T0 a le poids le plus élevé avec 31.75 g. Donc, il n'y a pas de différence significative pour cette variable entre les traitements. Enfin, le rendement mesuré est varié de **0.15 à 0.27 kg** pour une superficie de 425 m<sup>2</sup> (Tableau 8). L'analyse de variance effectuée sur R démontre qu'il existe des différences significatives entre les traitements en ce qui a trait au rendement.

**Tableau 8. Répartition du poids de 100 grains et du rendement mesuré entre les traitements**

Traitements	Poids de 100 grains (g)	Rendement-grain en (Kg/m <sup>2</sup> )
T0	0.5±31.75 a	1.72±0.27a
T1	0.95±30.25 b	1.25 ±0.23ab
T2	0.57±29.5 b	1.02 ±0.22ab
T3	0±28 c	0.44±0.15b
<b>PPDS</b>	<b>0.94</b>	<b>1.41</b>

**N.B :** Les résultats présentés sont les valeurs moyennes des quatre (4) traitements ± écart-type. Les moyennes de traitements pour une même variable accompagnées d'une même lettre minuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité.

Dans cette étude, le traitement T0 présente un nombre moyen plus élevé par rapport aux autres associations culturales, soit 31.75 g et le nombre moyen le moins élevé est observé chez le traitement T3, soit 28 g. L'analyse de variance montre en termes de poids-grain qu'il y a de différence significative entre les traitements. Cette différence pourrait s'expliquer par la meilleure performance que donne la culture pure dans les variables de croissance, de reproduction et de rendement du maïs contrairement aux cultures associées. Les résultats

<sup>9</sup>[www.gnis-pedagogie.org](http://www.gnis-pedagogie.org). Le maïs - Son origine et ses caractéristiques

obtenus pour le poids de 100 grains sont conformes à ceux décrits dans la littérature, qui varie d'environ 19 à 40g pour 100 grains de maïs (FAO, 1993).

La variable de rendement varie en fonction du type de culture, de la variété et des conditions pédoclimatiques du milieu. En effet, le rendement est plus élevé lorsque le maïs est en culture pure, avec un nombre de 0.27 kg/m<sup>2</sup>, puisque c'est dans cette pratique que le maïs a une meilleure performance en longueur d'épis et de nombre de rangé, contrairement aux autres pratiques. Par contre, la plus faible valeur est observée lorsque le maïs est associé au haricot noir et au pois souche, avec un nombre de 0.15 kg/m<sup>2</sup>.

Cependant, lorsque le maïs est associé avec le haricot noir, son rendement est 0.23 kg/m<sup>2</sup>, et quand il est associé au pois souche le rendement est 0.22 kg/m<sup>2</sup>. La différence entre le rendement des traitements serait due par de nombreux facteurs tels que : les systèmes de cultures, la date de semis, les conditions pédologiques. Par conséquent, ces facteurs vont être expliqués dans les lignes suivantes.

#### **4.1.4.1. Effet des systèmes de culture sur la performance agronomique du maïs**

Le rendement de la culture du maïs est fortement influencé par les systèmes de culture. Les paramètres agronomiques évalués, surtout le rendement en grain du maïs est plus élevé dans la culture pure que dans les cultures associées. Des résultats similaires ont été rapportés par Erkut & al (2013) avec l'association haricot et maïs. La diminution des valeurs des paramètres agronomiques des cultures associées s'expliquerait par la compétition pour les ressources environnementales disponibles selon Powers et al (1994). Ainsi, les plantes disposeraient de peu de ressources en cultures associées par rapport aux cultures pures.

Dans un autre cas, les faibles valeurs des rendements observés révélaient que la compétition était plus grande que l'interaction interspécifique ou complémentarité, si bien que l'association aboutissait à une utilisation moins efficace de l'espace par les espèces. Ainsi, la faible performance en termes de rendement est obtenue dans les communautés de plantes à grande compétition selon Nassab et al (2011).

#### **4.1.4.2. Effet de la date de semis des légumineuses sur le rendement du maïs.**

Bien, l'association céréale-légumineuse est bénéfique pour le rendement-grain de la céréale, la racine des légumineuses est caractérisée par la présence de nodosités sur les radicelles qui, grâce aux rhizobiums, peuvent fixer l'azote atmosphérique dont la céréale en a grand besoin. Mais, la date de semis des légumineuses joue un rôle important pour le rendement

du maïs. Quand il y a un décalage dans la date de semis des légumineuses sur le maïs contrairement au semi simultané, cela apporte de bon résultat en termes de performances agronomiques. Il y a une disposition d'éléments nutritifs au moment approprié, ce qui en a amélioré le rendement-grain du maïs selon Powers et al, (1994). Selon également Traoré (2013), le maïs semé 8 semaines avant les légumineuses avait produit le plus grand nombre de rendement par m<sup>2</sup>.

#### **4.1.4.3. Performance du maïs associé avec le haricot noir comparé au maïs associé avec le pois souche**

Le semis simultané maïs-haricot a montré des performances de croissance plus élevées dans quelques variables chez le maïs que le semis simultané maïs-pois souche, et le rendement le plus élevé entre ces deux types de cultures a été observé chez le maïs-haricot, soit 0.23 kg/m<sup>2</sup>. Malgré cela, l'analyse de variance effectuée sur R démontre qu'il n'existe pas de différence significative entre ces deux traitements en ce qui a trait au rendement. Cela pourrait s'expliquer par l'efficacité de ces légumineuses, offrant une bonne aptitude en fixant l'azote atmosphérique au bénéfice du maïs.

#### **4.1.4.4. Performance du maïs associé avec le haricot noir et le pois souche**

Dans le traitement T3, maïs-haricot-pois souche, qui est la pratique paysanne traditionnelle, le rendement moyen obtenu est très inférieur aux autres traitements, 0.15 kg/m<sup>2</sup>. Par cette pratique culturale, les éléments nutritifs, l'eau, la lumière et l'air qui devraient être disponibles pour le maïs sont vraiment limitées à cause du peuplement interspécifique plus dense, cela engendre une compétition entre les plantes. L'azote et le phosphore sont deux des éléments bénéfiques pour le rendement du maïs. Un manque de ces éléments peut être catastrophique pour le remplissage des graines du maïs (développement de fausses graines). Cette infériorité en termes de rendement en grains pourrait être causée par ces facteurs.

## **4.2. Incidence des ravages**

11 jours environ après la levée des grains de maïs, il y a une espèce de passereaux de la famille des turdidés qui porte le nom de merle noir (*Turdus merula*) ou plus communément merle qui a causé un peu de dégât dans les parcelles. Il a arraché les pieds de maïs pour pouvoir consommer le coléoptile avant son séchage. Cela est causé par un retard de la première pluie qui a toujours été facilité le respect de la date de semis, ce décalage a fait coïncider la date de semis avec l'arrivée de ce ravageur dans la zone (Image A). Cependant, toutes les plantes détruites ont été remplacées immédiatement par repiquage en y prenant dans les plantes de

barrières de cette expérimentation, puisque la période de pluie a été déjà commencée. Enfin, pour éviter la divagation continue de la culture du maïs par ce ravageur, des méthodes naturelles avaient été utilisées comme par exemple : statut, piège.

#### ❖ Autre ravageur

Le ravageur le plus couramment rapporté sur le maïs reste la chenille de la feuille (*Spodoptera frugiperda*), localisée dans le cornet foliaire et qui s'observe en général avant la Sortie des panicules. 49 jours après la plantation, sa présence a été signalée presque dans tous les traitements de l'expérimentation (Image B), mais les dégâts occasionnés par ce ravageur n'ont pas un effet direct sur le rendement du maïs.



Image A : Merle noir (*Turdus merula*)



Image B : Dégâts des chenilles (*Spodoptera frugiperda*)

### 4.3. Brève idée sur la culture du maïs à Gaillard

#### 4.3.1. Les grandes localités de production et les variétés cultivées

La culture du maïs se retrouve dans toutes les localités de la section communale de Gaillard, mais les grandes localités de production sont : Nan Martial, Mahotière, Lestage, Bernard, Belvédère, Grégoire. Les variétés de maïs cultivées dans la Section Communale de Gaillard (SCG) sont presque des variétés populations locales. Elles sont nombreuses, mais les plus cultivées sont : alizèn, gwo mayi, mayi 2 mwa demi.

#### 4.3.2. Les techniques culturales et date de plantation

Dans la section communale de Gaillard, la préparation des sols ainsi que les opérations d'entretien se font avec des outils traditionnels. La gamme des outils manuels utilisés est restée très limitée sur ces 30 dernières années. Ce sont des techniques qui se basent sur la tradition en



labourant le sol et faisant un trou (poquets) pour y mettre les graines. Les plantules sont parfois sarclées un mois après la plantation pour le contrôle des mauvaises herbes. Les agriculteurs n'utilisent pas des pratiques récentes telles que : l'irrigation, la fertilisation et le traitement phytosanitaire.

En ce qui a trait à la date de plantation, cela dépend de la saison pluvieuse de cette zone. Généralement, les agriculteurs de la zone font la plantation du maïs en fin de la période d'hivernale et début de la période printanière qui oscille entre Février et Mars et en période estivale de Juillet à Août.

#### **4.3.3. Récolte et matériel de manutention post-récolte**

Les matériels sophistiqués deviennent de plus en plus un luxe pour les agriculteurs de la section communale de Gaillard, et ce, depuis la préparation de sol jusqu'à la post-récolte. En effet, Les épis sont enlevés ordinairement à la main puis on les met dans des sacs ou paniers pour les transporter à la maison soit sur le dos des équins ou sur la tête des agriculteurs. Les épis sont étendus sur le sol dans le but de les sécher pendant plusieurs jours une fois arrivés au lieu d'entreposage. Puis, on procède à l'égrainage, manuellement. Cette opération se révèle titanesque si les épis ne sont pas bien séchés.

En ce qui concerne le matériel qui permet de transformer le grain de maïs en maïs moulu (mouture), on en trouve un presque chez chaque agriculteur. Mais, ce matériel-là demande un fort travail de mouvement pour pouvoir trouver le produit moulu, qui s'avère être très difficile à réaliser. C'est pourquoi certains préfèrent aller au niveau de la localité de Bernard, chez qui il y a un matériel plus adapté à la réalisation de ce travail afin d'avoir un meilleur accès au produit fini.

#### **4.3.4. Principales utilisations du maïs**

Le maïs est l'aliment de base de l'alimentation humaine (céréale de petit déjeuner) et animale (aviculture notamment). Il est consommé sous formes diverses : épi frais, grillé, tô, coucous, bouillie, en pâtisserie et en boulangerie, etc. Séché, il est moulu ou transformé en AK 100, tchaka, chanm-chanm. Son utilisation dans l'alimentation animale (volaille surtout) connaît un essor considérable dans les grands centres urbains.

Les grains de maïs consomment aussi en salade, en soupe, secs (pop-corn, entre autres), ou utilisés en provenderie ou comme fourrage, frais ou ensilé. On les transforme en farine qui

fait partie des ingrédients courant les plus utilisés dans les préparations culinaires, en semoule et fécule. La farine de maïs contient un pourcentage de fibre très élevé, riche en vitamine B.

#### **4.3.5. Importance de la culture du maïs**

Dans les années antérieures la culture du maïs était très rentable pour les agriculteurs de Gaillard. Il a été participé non seulement dans le renforcement de la sécurité alimentaire de la population mais aussi dans l'accroissement des revenus familial.

#### **4.3.6. Le marché du maïs à Gaillard**

Le maïs se vend en partie dans le marché public de Mahotière tous les Mardi. Mais parfois, il se vend aussi dans d'autres marchés communaux des Cayes-Jacmel et celui de la ville de Jacmel. Les grains sont exposés dans des cuvettes ou des sacs et sont vendus par marmite (de 2.7 Kg) ou pot. Les prix varient en fonction de la période de la commercialisation. Par contre, la marmite a un prix qui varie suivant l'époque, d'environ 125 à 200 gourdes.

## CHAPITRE V

### V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail de recherche qui a été basé sur la performance agronomique du maïs en culture pure et en culture associée dans la section communale de Gaillard pendant la campagne agricole de printemps 2021 a permis de conclure que :

- ❖ La culture pure du maïs présente agronomiquement une meilleure performance en termes de rendement-grain par mètre carré avec  $0.27 \text{ kg/m}^2$  suivie de l'association maïs-haricot avec  $0.23 \text{ kg/m}^2$  et la culture associée maïs-pois souche nain avec  $0.22 \text{ kg/m}^2$  ;
- ❖ Le rendement moyen le moins élevé a été observé dans la pratique paysanne qui est l'association maïs-haricot-pois souche rame avec  $0.15 \text{ kg/m}^2$ .

Il y a de différence significative entre les traitements pour la majorité des paramètres étudiés. Bien que l'étude n'ait été conduite que sur une campagne agricole, elle a permis de mettre en évidence vraiment sur la notion de rendement du maïs qui varie en fonction du type de culture et d'autres facteurs.

En comparaison à ces résultats, deux des trois hypothèses de cette étude ont été vérifiées, il s'agit de la première et la dernière hypothèse. Toutefois, une seule expérience ne suffit pas pour dire que la culture pure est plus performante pour augmenter le rendement du maïs. Dans cette optique, en se fondant sur certaines limites de cette étude, il est pleinement recommandé de continuer à répéter cet essai dans d'autres zones du département, pourquoi pas dans d'autres départements du pays afin d'y pouvoir apprécier la performance agronomique de cette dite culture. En plus, il faut le reproduire dans d'autres saisons pour confirmer ou infirmer ces résultats.

Cependant, conformément à nos résultats, il serait proposé aux agriculteurs de la section communale de Gaillard qui cherchent à améliorer la performance agronomique du maïs, de pratiquer soit la culture pure du maïs, soit la culture associée maïs-haricot et/ou maïs-pois souche nain, mais en respectant certaines normes techniques pour la culture associée qu'ils peuvent être contournées, comme par exemple : nombre de grain par poquet, distance de plantation et entretien des cultures.

## CHAPITRE VI

### VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

AGRIDEA, L. 2007. « Fiche technique du maïs », 7p.

AGPM, sd. 2005- Encyclopédie pratique du maïs, 188p.

AKÉDRIN, T.N, N'guessan K, Aké-Assi E, Ake S.2010 « "Effets de légumineuses herbacées ou subligneuses sur la productivité de maïs".» Journal of Animal & Plant Sciences.8(2). 953-963p.

AMEZIANI E.H, PERSONS E.2006.Agronomie moderne: Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. Hatier-AUPELF-UREP,377-398p.

BAUDOIN, J.P. 2006. Phaseolus lunatus L. In: Brink, M. & Belay, G. (Editeurs). Prota 1 : Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas.

BAUDOIN et al. 1997. Improving Phaseolus genotypes for multiple cropping systems. Euphytica. 96 p. 115–123.

BALADGUI, O. 2018. Effet des dates de semis sur la performance agronomique de Lagenaria siceraria (Molina) Standl. (Cucurbitaceae) et Manihot esculenta Crantz (Euphorbiaceae) en culture associée

BEAUCEJOUR, P. J.2016."L'agriculture en Haiti". Port-au-Prince,

BOULET, J. 2003. Systèmes de production agricole et gestion de l'espace au Sénégal oriental et en Haute Casamance. In « Potentialités, Contraintes et Systèmes de production au Sénégal Oriental et en Haute Casamance » ; Convention SODEFITEX, UCAD et IRD.(s.d).

BONNET, S. 2018. Juin Mardi. interviewer. Cayes-Jacmel (Gaillard).

CHÉRUBIN, M.C. 1986. Essai de détermination de la meilleure dose d'engrais dans la fertilisation de trois (3) variétés de maïs sous les conditions de la ferme de Damien. Damien FAMV, 53p.

CIAT. 1992. Système standard pour l'évaluation du germoplasme du haricot. 50p.

CIRAD. 2009. (Ed.). Mémento de l'agronome : Editions Quae., France.

- CNSA/MARNDR. 2012. Évaluation de la campagne agricole de printemps 2012, 78p.
- CRAAQ. 2003. Guide de référence en fertilisation. 1ere Edition. 294p.
- DUVEILLER, E. et al. 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases and potential epidemics. *Euphytica*, 157(3):417-430p.
- ERKUT, P. & Ali G. 2013. Intercropping efficiency and yields of intercropped maize (*Zea mays* L.) and dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L.) affected by planting arrangements, planting rates and relative time of sowing. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 2(11), 290-299
- FAO. 2011. Le maïs dans la nutrition humaine, collection FAO : Alimentation et nutrition. # 25, Rome, Italie
- FAO. 2003. FAOSTAT. Site de la FAO, consulté le 15 Août 2003.
- FAO. 2002. Le maïs en zones tropicales. Amélioration et production, FAO, Rome, 382p.
- FAO. 1995. Le maïs dans la nutrition humaine. Rome : Food & Agriculture Org.
- FAO. 1993. Le maïs dans la nutrition humaine, collection FAO : Alimentation et nutrition. # 25, Rome, Italie.
- FLORADIN, P. 2014. Le maïs à haute valeur protéique (maïs QPM), pour une meilleure santé nutritionnelle haïtienne. FAMV/UEH, mémoire de fin d'étude
- FNBS. 2012. Projets pilote de valorisation des céréales locales en panification (en ligne). Dakar : Disponible sur <[http://www.asproded.org/IMG/pdf-Projet\\_de\\_valorisation\\_des\\_cereales\\_locales-2pdf](http://www.asproded.org/IMG/pdf-Projet_de_valorisation_des_cereales_locales-2pdf)>. République du Sénégal, Fédération nationale, 41p.
- FONTIN, N. 1995. Évaluation à la ferme de Damien de 24 hybrides de maïs provenant du CIMMYT. FAMV, 33p.
- GAY, J.P. 1983. Le cycle du maïs AGPM, 122, 1-11 In "Physiologie du maïs", Communication au Colloque, INRA, Paris (France). 573p.
- GRET-FAMV. 1990. Manuel d'agronomie tropicale appliquée à l'agriculture haïtienne. 464p.
- HUBERT, P. 1978. Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo.

IHSI. 2015. Institut haitien de Statistiques et d'Information. "Population totale, population de 18 ans et plus ménages et densités estimés en 2015". Port-au-prince.

IHSI. 2015. Diagnostic du secteur agricole Haitien.

JEAN, M . 2018. Typologie texturale des sols de cultures. Cayes-Jacmel, Février, Mardi.

JEAN-BAPTISTE, A. 2006. Procédé de fabrication, composition chimique et population microbienne d'un produit artisanal à base de maïs (L'AK-100), mémoire FAMV-UEH. 54p.

JEAN-LOUIS, A. 1995. Le pois souche(*Phaseolus lunatus* L.) sa nodulation et essai de quatre doses croissantes d'azote minéral. Ed. FAMV. Mémoire. 43p.

JEUDY, H. 2018. Fonctionnement du système d'ouvrage d'eau de Canal Jean-David de Gaillard Commune des Cayes-Jacmel.

JOANIS, Y. 2018. Essai d'adaptation de douze (12) variétés de maïs QPM (*Zea mays* L.) introduites à Saint Marc (Localité Lalouère). Mémoire d'étudiant. St-Marc, Haïti: FAMV. 53 p.

LAMY et al. 1982. Quelques viroses du maïs en côte d'Ivoires. *Agronomie tropicale.*, 35 (2), 133p.

LUBIN, J.R.2020.Évaluation de la performance agronomique du maïs (*Zea mays*, L.) cultivé dans deux associations de culture différentes: (maïs/haricot) et (maïs/Vigna) dans la localité Démontreuille à Bas Cap-Rouge, 26-30p. Mémoire de fin d'étude, UPSEJ

MAHRH. 2001. Plan d'action sur les céréales (mil, sorgho, maïs),13p.

MARIA, F. 2020. La monoculture, une pratique peu amicale pour la planète

MARNDR. 2016. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural. "Recensement général de l'agriculture", Port-au-Prince.

MARNDR. 2016. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural."Politique de développement agricole Politique", Port-au-Prince.

MARNDR. 2012. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural"Étude-Diagnostic des systèmes de culture de quatre zones de production du Morne des Commissaires (Savane Zombi, Oriani, Gros Cheval, Boucan Chatte/Chapotin)". 36-37p.

MARNDR. 2011. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural. "Politique de développement agricole 2010-2015, Port-au-Prince".

MARNDR. 2009. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural. "Recensement général de l'agriculture", P-au-P.

MÉMENTO. 2002. Mémento de l'agronome. 5<sup>ème</sup> édition, 1700p.

MICHEL, W. 2016. La culture du maïs en Haïti. Le nouveliste.

MINISTRY OF AGRICULTURE. 2009. Foods and Rural Affairs. "Insects and pests of field crops, Ontario, OMAFRA Publication 811, August. Canada.

MONÉLUS, R. 2018. Réflexion sur le rendement de la culture du maïs dans la section communale de Gaillard. Interviewer, Avril Mardi 24

MONTPETIT, J. M. et G. Tremblay. 2007. Influence de la date de semis sur la performance agronomique et sur la phénologie du maïs en Montérégie. Conférence lors d'une journée scientifique des comités Maïs et plantes Oléoprotéagineuses du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Saint Hyacinthe, 22 février 2007

MUNDIE, M. et al. 1973. Distribution of biomolecule in humus. J. of soil science.

MRABET et al. 2005. Estimation de la stabilité structurale des sols semi-arides marocains. Influence des techniques simplifiées.

MOTTO, M. et al. 1978. Seed size inheritance in a cross between wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Genetica* 49:31-3.

NASSAB, M.D.A., Amonb T. & Kaul H.-P., 2011. Competition and yield in intercrops of maize and sunflower for biogas. *Ind. Crops Prod.*, 34, 1203-1211.

NEUVIEME, G. 2003. Évaluation de rendement de dix-neuf (19) lignées de haricots importés et un témoin local noir Savane Zombi en condition irriguée de la plaine du Cul-de-Sac. Mémoire de fin d'étude. FAMV/UEH, Damien, Haïti, 55p.

NICOU, R. 1981. Les techniques culturales du maïs en Afrique de l'Ouest. *L'Agronomie tropicale*, 356-363, 36p.

- NYEMERC, B.J. 2004. Analyse des performances productives des exploitations agricoles de la région du centre au Cameroun.
- ONEFP. 2007. Observation National de l'Emploi et de la Formation Professionnelle "Compte d'exploitation d'un hectare de maïs" Études sur les créneaux porteurs, Burkina Faso. Juin, 78p.
- ONROYA KITELE, P. 2012. Effets du thé du compost et des litières de *milletia larentii* sur l'association haricot (*Phaseolus vulgaris*)-manioc (*Manihot esculenta*) en milieu ferrallitique à Kisangani (République démocratique du Congo) Université de Kisangani (Unikis)
- PADGHAM, J. 2009. Agricultural development under a changing climate: opportunities and challenges for adaptation. Washington D.C., The world Bank.
- POWERS, L.E. Mc Sorley, R. 1994. The agroecology of a cucurbit-based intercropping system in the Yeguare Valey of Honduras. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 48, 139-147
- PERRIN, R.M. 1977. Pest management in multiple cropping systems. *Agrosystems* 3, 93-118.
- PICARD. 1991. Physiologie et production du maïs, édition Quae, Paris, 15-78p.
- PIERRE, N. 2016. Essai d'adaptation de cinq (5) variétés de maïs (*Zea mays* L.) introduites à Cabaret (Localité Vigner), FAMV, UEH. mémoire. 36p.
- PIERRE, N. 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique.
- POCHIER, G. 1981. Expérimentation multilocale "Système de culture" Document présenté à l'atelier sur la Recherche Agronomique pour le Milieu Paysan, Nianing Mbou. Sénégal.
- SALEZ, O. 1988. Amélioration de la productivité des cultures.
- SÉRÉ, Y. 1990. La striure et les autres maladies du maïs au Burkina Faso, une lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. *Proceedings du séminaire international de lutte intégrée*" Institut du Sahel, Bamako (Mali).
- THÉODART, M. 2017. Activité économique de la commune des Cayes-Jacmel, , Décembre, Lundi
- UNIFA. 2005. Revue spéciale. Parlons fertilisation, 2p.
- USAI. 2016. Rapport annuel campagne ENEPA.



VETERIMED, OCDE, PAM. 2007. Rapport du colloque national Sur la problématique des micros, petites et moyennes entreprises du secteur Agro industriel en Haïti.

WILLEM, B.C. 1982. Multiple cropping and tropical farming systems. West view Press Inc, 156p.

WILLEY R.W. & Osiru D.S.O. 1972. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. J. Agric. Sci., 79, 517-529.

TRAORÉ, H. 2013. Maize productivity as affected by intercropping date of companion legume crops. J. Agric. Sci., 1(5), 70-82.

## **WEBOGRAPHIES**

<https://www.agroptima.com>> blog. Chambre d'agriculture du Limousin, « Maïs, itinéraire technique, du semis à la récolte », 2008. Consulté le 16 / 02 / 2020

[www.gnis-pedagogie.org](http://www.gnis-pedagogie.org). Le maïs - Son origine et ses caractéristiques. Consulté le 25 / 09 / 2020

[www.yara.fr](http://www.yara.fr), 201. Exigence nutritionnelle du maïs par cycle de production. Consulté le 08 / 02 / 2021

<http://.Statistiques.agriculture.gouv.ht/pluviometrie/station-Jacmel>. Consulté le 13 / 01 / 2021

<http://www.universalis.fr/encyclopedi/hydrologie>. Paris. Potentiel immense encore reconnu. Hubert, 2012p. Consulté le 15 / 02 / 2020

[www6.monpellier.inra.fr/systerra-perfcom](http://www6.monpellier.inra.fr/systerra-perfcom). Consulté le 05 / 07 / 2021

## CHAPITRE VII

### VII-ANNEXES

#### Annexe A. Photos



Photo 1 : Visite de terrain avec l'encadreur



Photo 2 : Labourage du terrain



Photo 3 : Matériels biologiques



Photo 4 : Préparation pour la plantation





Photo 5 : Quelques parcelles



Photo 6 : Collecte des données



Photo 7 : Mesure du diamètre des plantes



Photo 8 : Mesure de la hauteur des plantes





Photo 9 : Attaque des chenilles



Photo 10 : Produit phytosanitaire



Photo 11 : Observation de l'épi du maïs



Photo 12 : Plante à 2 épis





Photo 13 : Échantillons des épis récoltés



Photo 14 : Grains des échantillons



Photo 15 : pesage des échantillons



Photo 16 : balance pour peser les rendements

parcellaires

**Annexe B.** Fiche de collecte des données

Parcelles	BL OC I				BLOC II				BLO C III				BLO C IV				
	Échantillon	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
<b>Moyenne</b>																	

Annexe C.Matrice des données

TraitementT1	Bloc	DiamTig	HautPl	Longfeui	Largfeui	NJFM	Nd'epis/p	Longepis	NRang/epi	NJMP	Pds. G100 (g)	NJFF	Rdt/P(Kg)
T0	Bloc1	2.31	76.56	90.16	8.32	66	1	17.3	11.5	91	32	71	4.426
T0	Bloc 2	2.32	74.19	91.08	8.36	64.2	1	16.3	11.8	91	31	71	3.798
T0	Bloc 3	2.38	79.23	90.82	8.32	66	1.1	14.8	12.2	91	32	71	4.945
T0	Bloc 4	2.32	84.41	90.44	8.29	66	1.1	14.9	10.6	91	32	71	3.294
T1	Bloc 1	1.9	74.92	85	7.3	66	1	10.5	10.4	91	30	72	2.961
T1	Bloc 2	1.91	72.84	85.5	7.29	66	1	17.3	11	91	29	72	3.226
T1	Bloc 3	1.87	73.55	85.58	7.22	66	1	11.5	11.4	91	31	72	5.115
T1	Bloc 4	1.91	73.34	85.6	7.28	66	1	16.1	10.8	91	31	72	2.141
T2	Bloc 1	2.28	72.4	85.41	7.31	66	1	15.1	10.6	92	30	72	2.961
T2	Bloc 2	2.21	72.57	85.25	7.34	66	1	15	11.3	92	29	72	4.816
T2	Bloc 3	2.26	75.8	85.3	7.16	66	1	11.5	10.6	92	29	72	2.518
T2	Bloc 4	2.21	74.97	84.76	7.34	66	1	16.1	9.9	92	30	72	2.943
T3	Bloc 1	2.08	61.1	83.56	7.03	72.9	1.1	14.6	10.6	95	28	79	2.791
T3	Bloc 2	2.09	65.32	84.18	6.95	73.5	1	14.3	10.8	95	28	79	1.775
T3	Bloc 3	2.08	66.04	84.9	7.08	73.4	1	12.4	9.1	95	28	79	2.595
T3	Bloc 4	2.09	64.36	84.97	6.78	73.8	1	16.4	10.2	95	28	79	2.327

## Annexe D. Réponse ANOVA

Call:

```
lm(formula = DiamTig ~ TraitementT1 + DiamTig, data = ANOVA)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.0300	-0.0200	0.0025	0.0125	0.0400

Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept)	2.34000	0.01495	156.528	< 2e-16	***
TraitementT1[T.T1]	-0.44250	0.01978	-22.375	1.60e-10	***
TraitementT1[T.T2]	-0.10000	0.01978	-5.057	0.000368	***
TraitementT1[T.T3]	-0.25500	0.01978	-12.894	5.54e-08	***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02589 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9821, Adjusted R-squared: 0.9772

F-statistic: 201.3 on 3 and 11 DF, p-value: 6.86e-10

```
>Anova(LinearModel.3, type="II")
```

Anova Table (Type II tests)

Response: DiamTig

Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
--------	----	---------	--------

TraitementT1	0.40492	3	201.32	6.86e-10	***
--------------	---------	---	--------	----------	-----

DiamTig	0
---------	---

Residuals	0.00737	11
-----------	---------	----

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
>LSD.test(LinearModel.3,"Traitement")
```

Study:LSD t Test for DiamTig

Mean Square Error: 0.0006704545

TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI

DiamTig	std.err	replication	LCL	UCL
---------	---------	-------------	-----	-----



T0	2.3400	0.020000000	3	2.295980	2.384020
T1	1.8975	0.009464847	4	1.876668	1.918332
T2	2.2400	0.017795130	4	2.200833	2.279167
T3	2.0850	0.002886751	4	2.078646	2.091354

alpha: 0.05 ; DfError: 11

Critical Value of t: 2.200985

Least Significant Difference 0.04194381

Harmonic Mean of Cell Sizes 3.692308

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	T0	2.34
b	T2	2.24
c	T3	2.085
d	T1	1.8975

```
> LinearModel.6 <- lm(HautPl ~ Traitement +HautPl, data=ANOVA)
```

```
>summary(LinearModel.6)
```

```
Length Class Mode
```

```
1 try-error character
```

```
> LinearModel.7 <- lm(HautPl ~ TraitementT1 + HautPl, data=ANOVA)
```

```
>summary(LinearModel.7)
```

Call:

```
lm(formula = HautPl ~ TraitementT1 + HautPl, data = ANOVA)
```

Residuals:

```
Min 1Q Median 3Q Max
```

```
-5.0867 -1.0938 -0.0467 1.1862 5.1333
```

Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

```
(Intercept) 203.57 1.534 51.682 1.75e-14 ***
```

```
TraitementT1[T.T1] -5.614 2.029 -2.767 0.0183 *
```

TraitementT1[T.T2] -5.342 2.029 -2.632 0.0233 \*

TraitementT1[T.T3] -15.072 2.029 -7.427 1.31e-05 \*\*\*

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.657 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8459, Adjusted R-squared: 0.8039

F-statistic: 20.13 on 3 and 11 DF, p-value: 8.975e-05

>Anova(LinearModel.7, type="II")

Anova Table (Type II tests)

Response: HautPI

SumSqDf	F value	Pr(>F)
TraitementT1	426.24 3	20.128 8.975e-05 ***
HautPI	0	
Residuals	199.65 11	

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

>LSD.test(LinearModel.7,"Traitement")

Study:

LSD t Test for HautPI

Mean Square Error: 7.058758

TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI

HautPIstd.errreplication	LCL	UCL
T0 203.27667 2.9503521	3 72.78299	85.77035
T1 194.66250 0.4448291	4 72.68344	74.64156
T2 192.93500 0.8548343	4 72.05352	75.81648
T3 161.20500 1.0906993	4 61.80439	66.60561

alpha: 0.05 ; DfError: 11

Critical Value of t: 2.200985

Least Significant Difference 4.303753

Harmonic Mean of Cell Sizes 3.692308

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	T0	203.57
b	T2	194.22
b	T1	192.88
c	T3	161.80

```
> LinearModel.8 <- lm(Largfeui ~ TraitementT1 + Largfeui, data=ANOVA)
```

```
>summary(LinearModel.8)
```

Call:

```
lm(formula = Largfeui ~ TraitementT1 + Largfeui, data = ANOVAMAESTRO)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.18000	-0.02167	0.01750	0.04458	0.12000

Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept)	8.32333	0.04936	168.61	< 2e-16 ***
TraitementT1[T.T1]	-1.05083	0.06530	-16.09	5.43e-09 ***
TraitementT1[T.T2]	-1.03583	0.06530	-15.86	6.32e-09 ***
TraitementT1[T.T3]	-1.36333	0.06530	-20.88	3.37e-10 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0855 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9772, Adjusted R-squared: 0.971

F-statistic: 157.2 on 3 and 11 DF, p-value: 2.596e-09

```
>Anova(LinearModel.8, type="II")
```

Anova Table (Type II tests)

Response: Largfeui

SumSq	Df	F value	Pr(>F)
TraitementT1	3.4475	3	157.19 2.596e-09 ***
Largfeui	0		

**Residuals 0.0804 11**

**Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

**>LSD.test(LinearModel.8,"Traitement")**

**Study:**

**LSD t Test for Largfeui**

**Mean Square Error: 0.007310606**

**TraitementT1, means and individual (95 %) CI**

<b>Largfeuid. errreplication</b>	<b>LCL</b>	<b>UCL</b>
<b>T0 8.323333 0.02027588</b>	<b>3 8.278706</b>	<b>8.367960</b>
<b>T1 7.272500 0.01796988</b>	<b>4 7.232949</b>	<b>7.312051</b>
<b>T2 7.287500 0.04308422</b>	<b>4 7.192672</b>	<b>7.382328</b>
<b>T3 6.960000 0.06570134</b>	<b>4 6.815392</b>	<b>7.104608</b>

**alpha: 0.05 ; DfError: 11**

**Critical Value of t: 2.200985**

**Least Significant Difference 0.1385032**

**Harmonic Mean of Cell Sizes 3.692308**

**Means with the same letter are not significantly different.**

**Groups, Treatments and means**

<b>a</b>	<b>T0</b>	<b>8.323333</b>
<b>b</b>	<b>T2</b>	<b>7.2875</b>
<b>b</b>	<b>T1</b>	<b>7.2725</b>
<b>c</b>	<b>T3</b>	<b>6.96</b>

**> LinearModel.9 <- lm( ~ TraitementT1 + Longfeui, data=ANOVA)**

**>summary(LinearModel.9)**

**Call:**

**lm(formula = ~ TraitementT1 + Longfeui, data = ANOVA)**

**Residuals:**

**Min 1Q Median 3Q Max**

**-3.0882 -1.4467 0.5314 1.2004 3.4001**

**Coefficients:EstimateStd. Error t value Pr(>|t|)**

**(Intercept) -41.2620 148.9499 -0.277 0.787**

**TraitementT1[T.T1] 1.8583 8.9732 0.207 0.840**

**TraitementT1[T.T2] 2.5829 9.3595 0.276 0.788**

**TraitementT1[T.T3] 3.0676 10.6145 0.289 0.778**

**Longfeui 0.6234 1.6407 0.380 0.712**

**Residual standard error: 2.335 on 10 degrees of freedom**

**Multiple R-squared: 0.07738, Adjusted R-squared: -0.2917**

**F-statistic: 0.2097 on 4 and 10 DF, p-value: 0.9272**

**>Anova(LinearModel.9, type="II")**

**Anova Table (Type II tests)**

**Response: Longfeuil**

**Sum SqDf F value Pr(>F)**

**TraitementT1 1.707 3 0.1044 0.9556**

**Longfeui0.787 1 0.1444 0.7119**

**Residuals 54.524 10**

**>LSD.test(LinearModel.9,"Traitement")**

**Study:**

**LSD t Test for Longfeuil**

**Mean Square Error: 5.452443**

**TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI**

**Longfeuilstd.errreplication LCL UCL**

**T0 15.33333 0.4841946 3 14.25448 16.41219**

**T1 13.85000 1.6760569 4 10.11551 17.58449**

**T2 14.42500 1.0061271 4 12.18321 16.66679**

**T3 14.42500 0.8189170 4 12.60034 16.24966**

**alpha: 0.05 ; Df Error: 10**

**Critical Value of t: 2.228139**

**Least Significant Difference 3.829163**

**Harmonic Mean of Cell Sizes 3.692308**

**Means with the same letter are not significantly different.**

**Groups, Treatments and means**

a	T0	15.33333
a	T2	14.425
a	T3	14.425
a	T1	13.85

**·p,**

```
> LinearModel.11 <- lm(NJourFlo male~ TraitementT1 + NJourFlo, data=ANOVA)
```

```
>summary(LinearModel.11)
```

**Call:**

```
lm(formula = NJourFlomale ~ TraitementT1 + NJourFlomale, data = ANOVA)
```

**Residuals:**

```
Min 1Q Median 3Q Max
```

```
-1.20 0.00 0.00 0.05 0.60
```

**Coefficients:Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)**

```
(Intercept) 65.4000 0.2796 233.897 < 2e-16 ***
```

```
TraitementT1[T.T1] 0.6000 0.3699 1.622 0.133
```

```
TraitementT1[T.T2] 0.6000 0.3699 1.622 0.133
```

```
TraitementT1[T.T3] 8.0000 0.3699 21.628 2.3e-10 ***
```

**Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

**Residual standard error: 0.4843 on 11 degrees of freedom**

**Multiple R-squared: 0.9849, Adjusted R-squared: 0.9808**

**F-statistic: 239.6 on 3 and 11 DF, p-value: 2.678e-10**

```
>Anova(LinearModel.11, type="II")
```

**Anova Table (Type II tests)**

**Response: NJourFlomale**

**Sum Sq Df F value Pr(>F)**

**TraitementT1 168.60 3 239.61 2.678e-10 \*\*\***

**NJourFlomale 0**

**Residuals 2.58 11**

**Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

**>LSD.test(LinearModel.11,"Traitement")**

**Study:**

**LSD t Test for NJourFlo**

**Mean Square Error: 0.2345455**

**TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI**

NJourFlo	std.err	replication	LCL	UCL
T0	65.4	0.6000000	3 64.07941	66.72059
T1	66.0	0.0000000	4 66.00000	66.00000
T2	66.0	0.0000000	4 66.00000	66.00000
T3	73.4	0.1870829	4 72.98823	73.81177

**alpha: 0.05 ; Df Error: 11**

**Critical Value of t: 2.200985**

**Least Significant Difference 0.7845067**

**Harmonic Mean of Cell Sizes 3.692308**

**Means with the same letter are not significantly different.**

**Groups, Treatments and means**

a	T3	73.4
b	T1	66
b	T2	66
b	T0	65.4

**LinearModel.11 <- lm(NE/P~ TraitementT1 +NE/Pdata = ANOVA)**

**Residuals:**

```

    Min    1Q  Median    3Q    Max
-0.06667 -0.01250 0.00000 0.00000 0.07500

Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      1.06667    0.02072  51.482 1.83e-14 ***
TraitementT1[T.T1] -0.06667    0.02741  -2.432 0.0333 *
TraitementT1[T.T2] -0.06667    0.02741  -2.432 0.0333 *
TraitementT1[T.T3] -0.04167    0.02741  -1.520 0.1567

Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.03589 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4097, Adjusted R-squared: 0.2487

F-statistic: 2.545 on 3 and 11 DF, p-value: 0.1096

>Anova(LinearModel.10, type="II")

Mean Square Error: 0.001287879

TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI
T0 1.066667
T1 1.000000
T2 1.000000
T3 1.025000

    std.err replication    LCL    UCL
T0 0.03333333      3 0.9933005 1.140033
T1 0.00000000      4 1.0000000 1.000000
T2 0.00000000      4 1.0000000 1.000000
T3 0.02500000      4 0.9699754 1.080025

alpha: 0.05 ; Df Error: 11

Critical Value of t: 2.200985

Least Significant Difference 0.05813272

Harmonic Mean of Cell Sizes 3.692308

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means
a    T0    1.066667

```



ab T3 1.025

b T1 1

b T2 1

```
> LinearModel.12 <- lm(NRang.epi ~ TraitementT1 + NRang.epi, + data=ANOVA)
```

```
>summary(LinearModel.12)
```

Call:

```
lm(formula = NRang.epi ~ TraitementT1 + NRang.epi, data = ANOVA)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.0750	-0.3000	0.0250	0.4625	0.7000

Coefficients : Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept) 11.5333 0.3739 30.844 4.93e-12 \*\*\*

TraitementT1[T.T1] -0.6333 0.4947 -1.280 0.2268

TraitementT1[T.T2] -0.9333 0.4947 -1.887 0.0858 .

TraitementT1[T.T3] -1.3583 0.4947 -2.746 0.0190 \*

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6477 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4201, Adjusted R-squared: 0.262

F-statistic: 2.657 on 3 and 11 DF, p-value: 0.1003

```
>Anova(LinearModel.12, type="II")
```

Anova Table (Type II tests)

Response: NRang.epi

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
--	--------	----	---------	--------

TraitementT1	3.3432	3	2.6567	0.1003
--------------	--------	---	--------	--------

NRang.epi		0		
-----------	--	---	--	--

Residuals	4.6142	11		
-----------	--------	----	--	--

```
>LSD.test(LinearModel.12,"Traitement")
```

Study:

**LSD t Test for NRang.epi**

**Mean Square Error: 0.4194697**

**TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI**

NRang.epi	std.err	replication	LCL	UCL
T0	11.53333	0.4807402	3 10.475231	12.59144
T1	10.90000	0.2081666	4 10.441828	11.35817
T2	10.60000	0.2857738	4 9.971016	11.22898
T3	10.17500	0.3794184	4 9.339906	11.01009

**alpha: 0.05 ; Df Error: 11**

**Critical Value of t: 2.200985**

**Least Significant Difference 1.04914**

**Harmonic Mean of Cell Sizes 3.692308**

**Means with the same letter are not significantly different.**

**Groups, Treatments and means**

a	T0	11.53333
ab	T1	10.9
ab	T2	10.6
b	T3	10.175

**> LinearModel.13 <- lm(Rdt.g.ha. ~ TraitementT1 + Rdt.g.ha., + data=ANOVA)**

**>summary(LinearModel.13)**

**Call:**

**lm(formula = Rdt.g.ha. ~ TraitementT1 + Rdt.g.ha., data = ANOVA)**

**Residuals:**

Min	1Q	Median	3Q	Max
-367.00	-51.25	13.00	98.75	236.00

**Coefficients:Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)**

**(Intercept) 979.00 97.62 10.029 7.18e-07 \*\*\***

**TraitementT1[T.T1] -74.00 129.14 -0.573 0.5781**

TraitementT1[T.T2] -94.50 129.14 -0.732 0.4796

TraitementT1[T.T3] -237.00 129.14 -1.835 0.0936 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 169.1 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2537, Adjusted R-squared: 0.05019

F-statistic: 1.247 on 3 and 11 DF, p-value: 0.3398

>Anova(LinearModel.13, type="II")

Anova Table (Type II tests)

> LinearModel.4 <- lm(NJFF ~ TraitementT1 + NJFF, data=DENISANOVA)

>summary(LinearModel.4)

Call:

lm(formula = NJFF ~ TraitementT1 + NJFF, data =ANOVA)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.546e-15	0.000e+00	0.000e+000	0.000e+00	7.587e-16

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept) 7.100e+01 2.662e-16 2.667e+17 <2e-16 \*\*\*

TraitementT1[T.T1] 1.000e+00 3.765e-16 2.656e+15 <2e-16 \*\*\*

TraitementT1[T.T2] 1.000e+00 3.765e-16 2.656e+15 <2e-16 \*\*\*

TraitementT1[T.T3] 8.000e+00 3.765e-16 2.125e+16 <2e-16 \*\*\*---

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5.324e-16 on 12 degrees of freedom

Multiple R-squared: 1, Adjusted R-squared: 1

F-statistic: 1.928e+32 on 3 and 12 DF, p-value: < 2.2e-16

>Anova(LinearModel.4, type="II")

Anova Table (Type II tests)

Response: NJFF

```

      Sum SqDf  F value  Pr(>F)
TraitementT1  164 3 1.9283e+32 < 2.2e-16 ***
NJFF          0
Residuals    0 12 ---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>LSD.test(LinearModel.4,"Traitement")

```

Study:

LSD t Test for NJFF

Mean Square Error: 2.834969e-31

TraitementT1, means and individual( 95 %) CI

NJFF std.errreplication LCL UCL

T0	71	0	4	71	71
T1	72	0	4	72	72
T2	72	0	4	72	72
T3	79	0	4	79	79

alpha: 0.05 ; Df Error: 12

Critical Value of t: 2.178813

Least Significant Difference 8.20312e-16

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	T3	79
b	T1	72
b	T2	72
c	T0	71

```
> LinearModel.5 <- lm(NJMP ~ TraitementT1 +NJMP, data=ANOVA)
```

```
>summary(LinearModel.5)
```

Call:

```
lm(formula = NJMP ~ TraitementT1 + NJMP, data = ANOVA)
```

**Residuals:**

Min	1Q	Median	3Q	Max
-7.496e-16	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	7.597e-16

**Coefficients:**

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	9.100e+01	1.705e-16	5.336e+17 < 2e-16 ***
TraitementT1[T.T1]	7.692e-16	2.412e-16	3.189e+00 0.00778 **
TraitementT1[T.T2]	1.000e+00	2.412e-16	4.146e+15 < 2e-16 ***
TraitementT1[T.T3]	4.000e+00	2.412e-16	1.659e+16 < 2e-16 ***---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.411e-16 on 12 degrees of freedom

Multiple R-squared: 1, Adjusted R-squared: 1

F-statistic: 1.232e+32 on 3 and 12 DF, p-value: < 2.2e-16

>Anova(LinearModel.5, type="II")

Anova Table (Type II tests)

Response: NJMP

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
TraitementT1	43	3	1.2322e+32	< 2.2e-16 ***
NJMP	0			
Residuals	0	12		---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

>LSD.test(LinearModel.5,"Traitement")

**Study:**

LSD t Test for NJMP

Mean Square Error: 1.163262e-31

TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI

NJMP std.errreplication LCL UCL

T0	91	0	4	91	91
----	----	---	---	----	----

T1 91 0 4 91 91  
 T2 92 0 4 92 92  
 T3 95 0 4 95 95

alpha: 0.05 ; DfError: 12

Critical Value of t: 2.178813

Least Significant Difference 5.254648e-16

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a T3 95  
 b T2 92  
 c T0 91  
 c T1 91

```
> LinearModel.6 <- lm(Pds.G100..g. ~ TraitementT1 + Pds.G100..g.,
+ data=DENISANOVA)
>summary(LinearModel.6)
```

Call:

```
lm(formula = Pds.G100..g. ~ TraitementT1 + Pds.G100..g., data = ANOVA)
```

Residuals:

```
Min 1Q Median 3Q Max
-1.2500 -0.3125 0.0000 0.3125 0.7500
```

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

```
(Intercept) 31.7500 0.3062 103.695 < 2e-16 ***
TraitementT1[T.T1] -1.5000 0.4330 -3.464 0.004682 **
TraitementT1[T.T2] -2.2500 0.4330 -5.196 0.000223 ***
TraitementT1[T.T3] -3.7500 0.4330 -8.660 1.65e-06 ***---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6124 on 12 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8667, Adjusted R-squared: 0.8333

F-statistic: 26 on 3 and 12 DF, p-value: 1.551e-05

>Anova(LinearModel.6, type="II")

Anova Table (Type II tests)

Response: Pds.G100..g.

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
TraitementT1	29.25	3	26	1.551e-05 ***
Pds.G100..g.		0		
Residuals	4.50	12	---	

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

>LSD.test(LinearModel.6,"Traitement")

Study:

LSD t Test for Pds.G100..g.

Mean Square Error: 0.375

TraitementT1, means and individual ( 95 %) CI

	Pds.G100..g.	std.err	replication	LCL	UCL
T0	31.75	0.2500000	4	31.20530	32.29470
T1	30.25	0.4787136	4	29.20697	31.29303
T2	29.50	0.2886751	4	28.87103	30.12897
T3	28.00	0.0000000	4	28.00000	28.00000

alpha: 0.05 ; DfError: 12

Critical Value of t: 2.178813

Least Significant Difference 0.9434536

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	T0	31.75
b	T1	30.25
b	T2	29.5

c T3 28

```
> LinearModel.7 <- lm(Rdt.P.Kg. ~ TraitementT1 + Rdt.P.Kg., data=ANOVA)
```

```
>summary(LinearModel.7)Call:
```

```
lm(formula = Rdt.P.Kg. ~ TraitementT1 + Rdt.P.Kg., data = ANOVA)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.2225	-0.4506	-0.2250	0.3381	1.7575

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept)	4.1175	0.4583	8.984	1.12e-06 ***
TraitementT1[T.T1]	-0.7550	0.6481	-1.165	0.2667
TraitementT1[T.T2]	-0.8075	0.6481	-1.246	0.2366
TraitementT1[T.T3]	-1.7425	0.6481	-2.689	0.0197 * ---

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9166 on 12 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3774, Adjusted R-squared: 0.2217

F-statistic: 2.424 on 3 and 12 DF, p-value: 0.1163

```
>Anova(LinearModel.7, type="II")
```

Anova Table (Type II tests)

Response: Rdt.P.Kg.

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
TraitementT1	6.1105	3	2.4244	0.1163
Rdt.P.Kg.	0			
Residuals	10.0817	12		

```
>LSD.test(LinearModel.7,"Traitement")
```

Study:

LSD t Test for Rdt.P.Kg.

Mean Square Error: 0.8401375



**Traitement T1, means and individual ( 95 %) CI**

Rdt.P.Kg.	std.err	replication	LCL	UCL
T0	4.1175	0.3624310	4 3.327831	4.907169
T1	3.3625	0.6300050	4 1.989837	4.735163
T2	3.3100	0.5134524	4 2.191283	4.428717
T3	2.3750	0.2196399	4 1.896446	2.853554

**alpha: 0.05 ; DfError: 12**

**Critical Value of t: 2.178813**

**Least Significant Difference 1.412148**

**Means with the same letter are not significantly different.**

**Groups, Treatments and means**

<b>a</b>	<b>T0</b>	<b>4.1175</b>
<b>ab</b>	<b>T1</b>	<b>3.3625</b>
<b>ab</b>	<b>T2</b>	<b>3.31</b>
<b>b</b>	<b>T3</b>	<b>2.375</b>

**Annexe E. Calendrier des différentes opérations effectuées au cours de l'essai**

<b>Opération</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Date</b>
Labourage	1	02/01/2021
Émiettage	3	Du 25 au 27/01/2021
Mise en place du dispositif	1	16/02/2021
Semis	1	24/02/2021
Sarclage	1	15/03/2021
Sarclo-buttage	1	05/04/2021
Traitement phytosanitaire	4	Du 12 au 18/04/2021
Désherbage	1	30/04/2021
Récolte	1	20/06/2021