



**UNIVERSITE PUBLIQUE DU CENTRE**

**UPC**

**FACULTE DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION**

**FSAA**

**Promotion 2013-2018**

**Effets des fertilisants azotés sur le rendement de la culture du Chou pommé  
(*Brassica oleracea*) (*var. capitata*) dans la localité de Bassin Bœuf, commune de  
Hinche.**

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Agronome

Asnor JEAN

HINCHE-HAITI

Conseiller scientifique : Valdimir VINCENT, Doctorant

Option : Production Végétale(PV)

Décembre 2023

**Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation**  
**FSAA**

Ce mémoire intitulé :

Effets des fertilisants azotés sur le rendement de la culture du Chou pommé (*Brassica oleracea*)  
(*var. capitata*) dans la localité de Bassin Bœuf, commune de Hinche.

Préparé par : Asnor JEAN

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

<b>Prénom et nom</b>	<b>Signature</b>	<b>Date</b>
Israel MILIUS Président, Professeur à la FSAA	_____	_____
Marcela NAROME Lecteur, professeur à la FSAA	_____	_____
Valdimir VINCENT, Doctorant Membre, professeur à la FSAA	_____	_____

## **DÉDICACE**

Ce mémoire est dédié à :

- ❖ Ma mère, Luvorna NOEL
- ❖ Mon fils, Holf-Sandz JEAN, ma source d'inspiration.

## REMERCIEMENTS

Je ne pourrais pas mettre fin à ce projet de recherche sans remercier le bon Dieu, le tout puissant et le Miséricordieux qui m'a donné la santé, l'intelligence et courage afin de pouvoir boucler mon cycle d'étude universitaire. Ensuite, il revient important d'adresser mes vifs remerciements :

- ❖ À l'État haïtien pour avoir investi dans ma formation universitaire en mettant la FSAA/UPC à ma disposition.
- ❖ À mon conseiller scientifique, professeur Valdimir VINCENT, Doctorant pour son accompagnement, ses remarques et conseils permettant la réussite de ce travail ;
- ❖ Au Comité Scientifique de l'UPC pour ses remarques et ses conseils constructifs ;
- ❖ Au corps professoral de la FSAA pour leur contribution à ma formation durant ces cinq années d'études;
- ❖ Aux membres du Jury pour leur participation à l'évaluation de ce travail ainsi que leurs remarques constructives afin d'améliorer la qualité du travail ;
- ❖ À Docteur Wesly JEUNE pour ses conseils et corrections au début de ce travail ;
- ❖ À tous mes camarades Ingénieurs agronomes et amis: Eklésias NOVEMBRE, Willy PARFAIT, Carl-Henry François EXIME ainsi que Dieuson MINDE, pour leur appui considérable ;
- ❖ À Ing.- Agr., Jackenson MAURICETTE, pour ses conseils et support ;
- ❖ À Madame Clermite THOMAS, pour son support moral et physique pendant toute la durée des travaux de terrain;
- ❖ À Eklésias BELISAIRE pour avoir mis à ma disposition le terrain pour réaliser les travaux d'expérimentation et son support physique lors des entretiens ;
- ❖ À tous ceux et toutes celles qui, d'une façon ou d'une autre ont contribué à ma formation académique et à la réalisation de ce travail de recherche.

## RÉSUMÉ

Le chou pommé est l'un des légumes les plus cultivés dans le troisième tronçon de l'Aguahédionde, sur la rive droite, en particulier dans la région du Bassin Bœuf. Il joue un rôle important dans l'économie des agriculteurs, malgré son faible rendement à l'hectare. Les agriculteurs font beaucoup d'efforts pour obtenir un meilleur rendement à l'hectare, mais celui-ci reste très faible par rapport aux différentes agressions qui les affectent, qu'elles soient biotiques ou abiotiques.

L'objectif principal de cette étude a été donc d'évaluer quatre (4) doses d'engrais azotés (164 kg/ha, 214 kg/ha, 314 kg/ha, 414 kg/ha) sur le rendement du chou (*Brassica Oleracea* var. *Capitata*) dans la localité de Bassin Boeuf, dans la commune de Hinche en vue de déterminer une dose permettant d'obtenir un meilleur rendement en chou. Un Dispositif de Blocs Complets Aléatoire (DBCA) a été utilisé, avec trois blocs et trois répétitions pour chaque dose, ce qui donne quinze (15) unités expérimentales. Une fertilisation raisonnée a été réalisée en considérant différentes sources d'engrais azotés : azote du sol, azote du fumier de cheval et engrais minéraux (urée et 12-12-20). Les résidus ont été appliqués en fumure de fond, huit jours avant le hersage, et trois applications minérales ont été réalisées en fumure de surface. Les paramètres étudiés ont été la croissance végétative et le rendement. Les données ont été traitées et analysées à l'aide du logiciel R Console par l'analyse de la variance (ANOVA). Les tests de Kruskal Wallis et de Tukey ont été effectués au seuil de 5% pour détecter les différences significatives entre les traitements.

Les résultats montrent que la meilleure performance en termes de rendement a été obtenue avec la dose T3 (314 kg N/ha), soit un rendement moyen de 24,86  $\text{tha}^{-1}$  et le plus faible a été obtenu avec la dose T0 (164 kg N/ha), soit 3.887  $\text{tha}^{-1}$ . Toutefois, selon les tests de *Kruskal Wallis* et de *Tukey*, les rendements, 21,04  $\text{tha}^{-1}$ , 24,86  $\text{tha}^{-1}$  et 22,85  $\text{tha}^{-1}$ , obtenus dans les parcelles recevant respectivement 214, 314 et 414 kg N/ha n'ont pas été significativement différents. Les attaques des chenilles et paramètres végétatifs ont été plus élevés sous l'effet de la dose T4 (414 kg N/ha).

En résumé, il est clair et évident que le rendement du chou dépend de la dose d'azote appliquée. Pour confirmer les résultats de ce travail, il est conseillé de répéter l'expérience dans des environnements contrôlés, en tenant compte de toutes les sources d'azote, afin de déterminer les besoins précis de la culture du Chou.

**Mots clés : Chou pommé, Fertilisation, Rendement.**

## **SUMMARY**

Cabbage is one of the most cultivated vegetables in the third section of the Aguahédionde, on the right bank, particularly in the Bassin Bœuf region. It plays an important role in the economy of farmers, despite its low yield per hectare. Farmers make a lot of effort to obtain a better yield per hectare, but this remains very low because of the different attacks that affect them, whether biotic or abiotic.

The main objective of this study was to evaluate four (4) doses of nitrogen fertilizers (164 kg/ha, 214 kg/ha, 314 kg/ha, 414 kg/ha) on the yield of cabbage (*Brassica Oleracea* var. *Capitata*) in the locality of Bassin Boeuf, in the commune of Hinche in order to determine a dose allowing a better yield of cabbage. A Randomized Complete Block Design (RBCA) was used, with three blocks and three replicates for each dose, resulting in fifteen (15) experimental units. Reasonable fertilization was carried out by considering different sources of nitrogen fertilizers: soil nitrogen, horse manure nitrogen and mineral fertilizers (urea and 12-12-20). The residues were applied as a bottom fertilizer, eight days before harrowing, and three mineral applications were made as a surface fertilizer. The parameters studied were vegetative growth and yield. The data were processed and analyzed using R Console software by analysis of variance (ANOVA). The Kruskal Wallis and Tukey tests were performed at the 5% threshold to detect significant differences between treatments.

The results show that the best performance in terms of yield was obtained with the T3 dose (314 kg N/ha) with an average yield of 24.86 tha<sup>-1</sup> and the lowest was obtained with the T0 dose (164 kg N/ha), or 3,887 tha<sup>-1</sup>. However, according to the Kruskal Wallis and Tukey tests, the yields, 21.04 tha<sup>-1</sup>, 24.86 tha<sup>-1</sup> and 22.85 tha<sup>-1</sup>, obtained in the plots receiving respectively 214, 314 and 414 kg N/ha were not significantly different. Caterpillar attacks and vegetative parameters were higher under the effect of the T4 dose (414 kg N/ha).

In summary, it is clear and obvious that cabbage yield depends on the dose of nitrogen applied. To confirm the results of this work, it is advisable to repeat the experiment in controlled environments, taking into account all nitrogen sources, in order to determine the precise needs of Cabbage cultivation.

**Keys words: Cabbage, Fertilization, Yield.**

## **LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABREVIATIONS**

<b>ANOVA</b>	Analyse de variances
<b>Cm</b>	Centimètre
<b>CNSA</b>	Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire
<b>CV</b>	Coefficient de variation
<b>DBCA</b>	Dispositif en Bloc Complètement Aléatoire
<b>INRAN</b>	Institut National de Recherches Agronomiques du Niger
<b>FAES</b>	Fond d'Assistance Économique et Sociale
<b>FAOSTAT</b>	Food and Agriculture Organization Statistics
<b>FSAA</b>	Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation
<b>FAMV</b>	Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire
<b>FAO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
<b>Kg/ha</b>	kilogramme à l'hectare
<b>T/ha</b>	Tonne à l'hectare
<b>IHSI</b>	Haïtien de Statistique et de l'Informatique
<b>IICA</b>	Institut Interaméricain de Coopération pour l'Agriculture Institut
<b>M</b>	Mètre
<b>MDE</b>	Ministère de l'Environnement
<b>MPP</b>	<i>Mouvman Peyizan Papay</i>
<b>MRNDR</b>	Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelle et du Développement Rural
<b>NbrF</b>	Nombre de Feuilles
<b>PIB</b>	Produit Intérieur Brut.
<b>PDCH</b>	Plan de Développement de la Commune de Hinche
<b>RGA</b>	Recensement Général Agricole
<b>SERAIL</b>	Station d'Expérimentation Rhône-Alpes Information Légumes
<b>T</b>	Tonne
<b>TM</b>	Tonne Métrique
<b>UNIFA</b>	Union des Industries de la Fertilisation

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Classification botanique du chou pommé .....	6
Tableau 2: Calendrier cultural de la zone .....	16
Tableau 3: Matériels physiques utilisés .....	17
Tableau 4: Contrôle phytosanitaire.....	20
Tableau 5: Apport d'éléments nutritifs en $\text{kg ha}^{-1}$ .....	21
Tableau 6: Résultats du test de Kruskal Wallis pour la hauteur des tiges .....	25
Tableau 7: Effets des blocs sur la hauteur des tiges.....	25
Tableau 8: Résultats du test de Tuckey pour le nombre de feuilles.....	27
Tableau 9: Résultats de test de Kruskal Wallis pour la circonférence du chou .....	28
Tableau 10: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le diamètre d'une pomme.....	30
Tableau 11: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le poids d'une pomme à la récolte. ....	31
Tableau 12 : Résultats du test de Tuckey des effets des doses sur le rendement parcellaire.....	34
Tableau 13: Statistiques descriptives de rendement ( $\text{tha}^{-1}$ ).....	35

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Le cycle de l'azote.....	9
Figure 2: Carte géographique de la commune de Hinche.....	14
Figure 3: Courbe ombrothermique de la commune de Hinche.....	15
Figure 4: Dispositif expérimental .....	19
Figure 5: Croquis de la disposition des plantules sur le billon .....	19
Figure 6: Hauteur des tiges .....	25
Figure 7: Nombre moyen des feuilles sous l'effet des doses.....	26
Figure 8: La circonférence moyenne des pommes à la récolte .....	28
Figure 9: Diamètre moyen d'une pomme de chou .....	29
Figure 10: Poids moyen d'une pomme à la récolte.....	31
Figure 11: Taux d'attaques du chou par les chenilles de lépidoptères. ....	32
Figure 12: Rendement du chou en tonne à l'hectare .....	33
Figure 13: Droite de régression linéaire entre la circonférence et le rendement du chou .....	36
Figure 14: Droite de régression linéaire entre le diamètre et le rendement du chou .....	36
Figure 15: Droite de régression linéaire entre le poids et le rendement du chou.....	37
Figure 16: Droite de régression linéaire entre la hauteur et le rendement du chou .....	37
Figure 17: Droite de régression linéaire entre le NbrF et le rendement du chou.....	38

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Base de données pluviométrique de la commune de Hinche.....	a
Annexe 2: Résultats analyse sol.....	a
Annexe 3 : Statistiques descriptives.....	b
Annexe 4 : Base de données.....	c
Annexe 5 : Boite à moustaches.....	d
Annexe 5 : Photographie.....	d

## TABLE DES MATIÈRES

<b>DÉDICACE</b> .....	<b>iii</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABREVIATIONS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>x</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>xi</b>
<b>CHAPITRE I: INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1-Problématique .....	2
1.2-Objectifs .....	3
1.2.1-Objectif général. ....	3
1.2.2-Objectifs spécifiques .....	3
1.3-Hypothèses de travail.....	3
1.4-Intérêt du travail.....	3
1.5-Limites du travail .....	4
<b>CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE</b> .....	<b>5</b>
2.1-Origine et Historicité.....	5
2.2-Valeur nutritive et propriétés .....	5
2.3-Utilisation.....	5
2.4- Classification du chou pommé.....	6
2.5-Caractéristiques botaniques du chou pommé.....	6
2.5- Éxigences édapho-climatiques du chou pommé.....	7
2.6- Aspect phytotechnique du chou pommé .....	7
2.6.1-Préparation des plantules.....	7
2.6.2-Préparation du sol.....	7
2.6.3-Transplantation.....	7
2.6.4-Entretiens.....	8
2.6.5-Apport d'éléments nutritifs .....	8
2.6.6-Récolte.....	8

2.7-Rendement du chou pommé.....	8
2.8-Présentation de la fertilisation azotée .....	8
2.8.1- Cycle de l'azote.....	9
2.8.2-Approche de déterminer de doses en champ.....	9
2.9-Rôle de l'azote et importance de la fertilisation azotée.....	10
2.10-Fumier d'équins .....	11
2.11- Variétés de chou cultivées en Haïti.....	11
2.12-Problèmes sanitaires et ravageurs .....	11
2.11.1-Maladies parasitaires .....	11
2.11.2-Maladies physiologiques .....	12
2.11.3-Insectes pestes .....	12
<b>CHAPITRE III:CADRE PHYSIQUE ET METHODOLOGIQUE .....</b>	<b>13</b>
3.1-Présentation de la zone de travail.....	13
3.1.1-Population.....	13
3.1.2-Géographie de la zone .....	13
3.1.3-Topographie, .....	14
3.1.4-Type de sol, .....	14
3.1.5-Réseaux hydrographiques .....	14
3.1.6- Climat.....	15
3.1.7-Infrastructures de la zone .....	15
3.1.8- Agriculture et systèmes de cultures.....	15
3.1.9- Production animale.....	16
3.2-Matériels utilisés .....	16
3.2.1-Matériels physiques.....	16
3.2.2-Matériel biologique .....	17
3.2.3-Matériels chimiques .....	17
3.3-Méthodes.....	18
3.3.1-Travaux bibliographiques.....	18
3.3.2- Dispositif expérimental choisi.....	18
3.3.3- Réalisation de l'expérience/description .....	19
3.3.6-Fertilisation.....	20
3.3.7- Echantillonnage.....	21

3.3.8-Collecte des données .....	21
3.3.9-Traitement, analyse et interprétation des données. ....	23
<b>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>24</b>
4.1-Résultats .....	24
4.1.1- Effets des différents traitements sur la hauteur du chou pommé .....	24
4.1.2-Effets des différents traitements sur le nombre de feuille du chou pommé.....	26
4.1.3-Effets des différents traitements sur la circonférence du chou pommé .....	27
4.1.4-Effets des différents traitements sur le diamètre de la pomme chou .....	29
4.1.5- Effet des différents traitements sur le poids du chou .....	30
4.1.6-Taux d'attaque des chenilles .....	32
4.1.7-Effets des traitements sur le rendement à l'hectare .....	33
4.1.8-Effet des variables sur le rendement parcellaire .....	35
4.1.8.1-Corrélation entre la circonférence sur le rendement .....	35
4.1.8.2-Corrélation entre le diamètre sur le rendement du chou .....	36
4.1.8.3-Corrélation entre le poids du chou et le rendement.....	36
4.1.8.4-Corrélation entre la hauteur du chou et le rendement .....	37
4.1.8.5-Corrélation entre le nombre de feuille et le rendement .....	38
4.2- Discussions .....	38
<b>CHAPITRE V : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>41</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>43</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>a</b>

## CHAPITRE I: INTRODUCTION

Les fruits et légumes constituent une part importante du régime alimentaire mondial. Chaque année, 500 millions de tonnes de fruits et 700 millions de tonnes de légumes sont produits (CIRAD, 2023). Parmi ces légumes, le chou pommé est d'une très grande importance. Environ 70 millions de tonnes de choux sont produites chaque année sur une surface de 3,8 millions d'hectares, dans près de 150 pays (FAOSTAT, 2011, cité par Yara, 2023). La production du chou a augmenté de 20 % entre 2000 et 2005 en réponse à l'évolution des besoins et des régimes alimentaires (Ibid). Au cours des dernières décennies, elle a joué un rôle de plus en plus important dans la consommation de la population mondiale. Sa consommation mondiale a culminé à 43,7 milliards de dollars en 2016, mais de 2017 à 2018, cette consommation n'a pas retrouvé son élan (Dublin, 2020).

Dans le but de répondre aux besoins alimentaires mondiaux, les efforts visant à augmenter les rendements des cultures impliquent souvent l'utilisation excessive d'engrais synthétiques contenant de l'azote, du phosphore, du potassium et d'autres oligo-éléments. L'azote a un effet considérable sur le rendement des cultures légumières, en particulier des cultures à feuilles comme le chou (Tremblay et al, 2001). C'est pourquoi les agriculteurs commettent souvent l'erreur d'appliquer trop d'engrais azotés plutôt que de risquer une sous-fertilisation et une perte de revenus (Weier et al 2001). Cela constitue une menace pour l'environnement et la santé humaine en raison de l'eutrophisation (Mathieu, 2010).

En Haïti, par contre, une partie du chou consommé est cultivé dans les principales zones maraichages du pays, mais une grande partie de la consommation provient de la République dominicaine (Bellande, 2005). Les rendements du chou à l'hectare sont insatisfaisants.

Le pays est confronté à une grave pénurie de données agricoles fiables (MARNDR, 2012). Par conséquent, peu de données sont disponibles pour permettre aux agriculteurs d'appliquer les bonnes doses pour obtenir un bon rendement en chou (idem). La situation n'est pas différente dans la commune de Hinche, où la culture est très importante pour les ménages, mais où les rendements à l'hectare restent faibles. L'application de doses adéquates d'azote pour obtenir de bons rendements reste un défi pour les agriculteurs de la région.

C'est dans cette optique qu'on a décidé de mener une étude sur "l'effet de quatre (4) doses d'engrais azotés sur le rendement du chou (*Brassica oleracea var. capitata*) au Bassin Boeuf,

Hinche". L'objectif du projet est de déterminer la dose d'azote appropriée pour obtenir un rendement suffisant et ainsi pallier aux problèmes environnementaux, alimentaires et économiques.

### **1.1-Problématique**

En 2004, Haïti a reçu une aide alimentaire en légumes pour une valeur estimée à 3,7 milliards de dollars US (CNSA, 2005) et en 2005, la consommation nationale était estimée à 250 000 tonnes. Une grande partie de ces légumes était importée de la République Dominicaine (Bellande, 2005). Au niveau national la production de légumes a chuté de 125 000 tonnes en 2013 à environ 120 000 tonnes en 2020 (FAOSTAT, 2022). Il est clair que la production nationale n'est pas suffisante pour répondre aux besoins de la population. La chute de la production légumière en Haïti est due à un rendement faible par rapport aux rendements potentiels des espèces (IICA et al, 2013, cité par Jean Luc, 2022). En effet, la filière fait face à des contraintes techniques et culturelles telles que les attaques d'insectes et de ravageurs, le manque de moyens de production et la pénurie de produits phytosanitaires, qui compromettent l'obtention des meilleurs rendements (Jeanniton, 2017).

Parmi les cultures maraîchères, le chou occupe la première place parmi les légumes-feuilles cultivés en Haïti. En 2009, le chou était cultivé sur une superficie de 5 648 ha, soit 63,64% de la superficie consacrée aux légumes feuilles (MARNDR, 2012). Cependant, cette culture est également confrontée à des problèmes liés à la fois à la fertilisation et aux attaques de lépidoptères, ce qui compromet le rendement par hectare. Sur les parcelles paysannes un rendement de 6  $\text{tha}^{-1}$  a été observé (Lucson et al, 2022), alors que le rendement moyen à l'hectare au niveau mondial est 28,8  $\text{tha}^{-1}$  (Getachew et al, 2022). En Bangladesh et en milieu contrôlé, M.D. Sarkar et al(2014) ont trouvé un rendement de 86,93  $\text{tha}^{-1}$ . En tant que légume-feuille, les nutriments du sol, en particulier l'azote, sont essentiels pour un bon rendement du chou (Hadfield, 1995). Cependant, lors d'expériences sur le terrain en Floride, il a été démontré qu'une augmentation des niveaux de fertilisation azotée augmentait également les problèmes de lépidoptères dans les cultures de choux (Jansson et al, 1991, cité par Mathieu, 2010). Il est donc important de considérer le niveau d'azote qui devrait être appliqué à la culture du chou. Le manque de contrôle sur cet élément serait considéré comme étant à l'origine des problèmes de rendement du chou et de santé des plantes dans les différentes zones de culture du pays.

Dans la commune de Hinche, les agriculteurs se plaignent de problèmes de taille des pommes têtards et de leur perforation par les chenilles, ce qui réduit la valeur marchande du produit (St. pierre, 2022). Ils font usage d'engrais synthétiques, mais ne parviennent pas à obtenir un bon rendement, ce qui peut être dû à un mauvais dosage de l'azote (Weill, 2019).

Ainsi, face à ces problèmes on a été intéressé à ce travail intitulé " Effets de quatre doses d'engrais azotés (164 kg/ha, 214 kg/ha, 314 kg/ha, 414 kg/ha) sur le rendement de la culture du chou pommé (*Brassica oleracea var. capitata*) dans la localité de Bassin Bœuf, commune de Hinche ", qui servira de guide pour la fertilisation azotée dans la zone. Pour répondre à cette problématique, la question de recherche suivante a été formulée : Parmi les quatre doses testées, quelle est celle qui permet d'obtenir le meilleur rendement en chou ? Des objectifs ont été fixés pour répondre à cette question.

## **1.2-Objectifs**

Pour ce travail, on a un objectif général et des objectifs spécifiques.

### **1.2.1-Objectif général.**

L'objectif général de ce travail consiste à évaluer les quatre (4) doses de fertilisants azotés sur le rendement de la culture du chou pommé (*Brassica oleracea var. capitata*) dans la localité de Bassin Bœuf, commune de Hinche.

### **1.2.2-Objectifs spécifiques**

D'une manière spécifique les objectifs suivants sont poursuivis :

- ❖ Etudier les caractéristiques agro-morphologiques de la culture du chou pommé ;
- ❖ Comparer les rendements des quatre doses étudiées sur la culture du chou pommé ;
- ❖ Evaluer la variation du taux d'attaque de lépidoptères et les doses d'azote ;
- ❖ Divulguer la dose la plus performante pour la culture dans la zone de l'étude.

## **1.3-Hypothèses de travail**

L'hypothèse formulée dans le cadre de ce travail est la suivante :

Parmi les doses testées, au moins une permettrait d'obtenir un meilleur rendement à l'hectare.

## **1.4-Intérêt du travail**

Ce travail revêt d'un triple intérêt :

- ❖ Sur le plan académique, il répond à l'exigence faite par la FSAA/UPC pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Agronome ;
- ❖ Sur le plan scientifique, il sera utile aux chercheurs en constituant une base de données ;
- ❖ Sur le plan pratique, il servira un guide de fertilisants azoté pour la culture du chou pour les agriculteurs de la zone.

### **1.5-Limites du travail**

Toutes les entrées et sources d'azote n'ont pas été prises en compte dans ce travail. L'azote des eaux des pluies n'a pas été considéré. Le manque de données disponibles sur la culture du chou au niveau local a été un facteur limitant. Dans ce travail, la rentabilité économique de la fertilisation n'a pas été prise en compte.

## **CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE**

Ce chapitre couvre les points suivants : origine et histoire du chou, valeur et propriétés nutritionnelles, utilisation, classification du chou, caractéristiques botaniques, aspects phytotechniques du chou, rendement du chou, fertilisation azotée, rôle de l'azote et importance de la fertilisation azotée et variétés de chou cultivées en Haïti.

### **2.1-Origine et Historicité**

Le chou Européen (*Brassica oleracea* L., 1753) est une espèce de plantes de la famille des Brassicacées. Le chou sauvage ou « chou des falaises » (*Brassica oleracea* subsp. *Oleracea*) ou *Brassica oleracea* var. *sylvestris* est bien l'ancêtre de tous cultivars (Charles-Marie, 2012). Il est originaire de la région méditerranéenne, dans sa partie qui déborde sur le domaine atlantique d'Europe de l'Ouest (France, Espagne, sud du Royaume-Uni) (Dickson et Wallace, 1986, cité par Yassin, 2012). La culture du chou fut développée au début du Moyen âge en Europe occidentale (Ibid). Les choux nourrissent l'humanité depuis 4 000 à 5 000 ans avant notre ère (Pedneault, 2012).

### **2.2-Valeur nutritive et propriétés**

Le chou est connu comme une bonne source de vitamine C, K, B6, d'acide folique, calcium, potassium, phosphore, fer et magnésium (Agata, 2018). La consommation du chou pendant deux ou trois fois par semaine peut aider à maintenir notre cœur, le sang, les artères ainsi que les veines en bonne santé. Il nous permet de vivre plus longtemps et en plus bonne santé (Zhang et al, 2011 cité par Kowalewska, 2018). Tous les Brassica contiennent des glucosinolates qui, dans les feuilles broyées, sont hydrolysés par l'enzyme myrosinase essentiellement en thiocyanates de goût amer (Agata, 2018).

### **2.3-Utilisation**

Le chou fournissent des feuilles qui sont consommées fraîches, c'est une source de protéines et d'huiles utilisées dans les produits comestibles faibles en graisse, cuits et transformés (Balliu, 2014). Les feuilles sont cuisinées dans les sauces, les soupes ou comme légume d'accompagnement (Roger, 2014).

## 2.4- Classification du chou pommé

L'espèce *Brassica oleracea* est appelé choux européen, elle appartient à la famille des Brassicacées (autrefois appelé crucifères). Elle se divise en plusieurs sous-espèces et variétés (Schilperoord, 2002). La classification phylogénique du chou pommé selon Car Von Linné, 1753 est présentée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1: Classification botanique du chou pommé**

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous classe</b>	Dilleniidae
<b>Ordre</b>	Brassicales
<b>Famille</b>	Brassicaceae
<b>Genre</b>	Brassica
<b>Espèce</b>	<i>Brassica oleracea</i>
<b>Sous-espece</b>	<i>B. oleracea</i> subsp. <i>Capitata</i> var <i>capitata</i>

## 2.5- Caractéristiques botaniques du chou pommé

Les choux pommés (*B. oleracea* convar *Capitata*) se divisent en deux grands groupes : le *B. oleracea* convar *Capitata* var *capitata*, s'appelle « chou Cabus », les limbes sont généralement lisses et le *B. oleracea* convar *Capitata* var *sabauda*, s'appelle « chou de Milan », les feuilles sont frisées/gaufrées ou cloquées (Schilperoord, 2002). Le chou Cabus peut être blanc (var *alba*) ou rouge (var *rubra*) (Pedneault, 2012).

Le chou est une espèce bisannuelle, mais est cultivée comme une plante annuelle. Ses feuilles sont ondulées, larges, épaisses lisses ou frisées. Ces feuilles sont réservées autour du bourgeon central sur une tige courte et trapue constituent la « pomme » (Roger, 2014). La plante adulte développe un système racinaire dont les racines secondaires issues de la principale sont situées entre 45 et 60 cm (Ibid). Les fruits siliques contiennent chacun 10 à 30 graines. Ces dernières sont brunes, globuleuses, de 2 à 4 mm de diamètre et finement réticule. Elles ont une longévité de 4 ans (Roger, 2014).

## **2.5- Exigences édapho-climatiques du chou pommé**

Le chou pommé préfère des sols profonds, limono-argileux et riches en fumures organiques, le pH idéal se situe entre 6,5 et 7,5 (SERAIL, 2013). Il a besoin d'une température optimum se situant entre 15°C et 20°C pour la pomaison avec une variation diurne d'au moins 5°C. Mais avec des températures supérieures à 25°C, la pomaison est retardée (Balliu, 2014). Ces conditions sont manquantes en zones tropicales, au-dessus de 800 mètres d'altitude, c'est pourquoi des variétés hybrides F<sub>1</sub> ont été mises au point. En ce qui a trait aux besoins en eau il varie de 380 à 500 mm, selon le climat et de la durée de la saison de croissance (FAO, 2022). La plante consomme 60 à 70 % des besoins en eau durant le dernier mois de la culture (INRAN, 2014).

## **2.6- Aspect phytotechnique du chou pommé**

L'aspect phytotechnique du chou pommé comprend : préparation des plantules, préparation du sol, transplantation, entretiens, apport d'éléments nutritifs et récolte.

### **2.6.1-Préparation des plantules**

La multiplication du chou se fait généralement par utilisation des semences. Les plantules sont élevées en pépinière sur des plates-bandes dans des lignes espacées de 10 cm et transplantées lors qu'ils ont une hauteur comprise entre 10 à 15 cm, soit 4 à 6 semaines après semis (SERAIL, 2013). Le semis en pépinière pour 1 are en champs est réalisé avec 6 à 10 g, soit 2m<sup>2</sup> de pépinière. Il se fait en ligne espacée de 15 cm, 1 à 2 cm d'écartement sur la ligne et 1 cm de profondeur. La levée lieu de 5 à 6 jours après semis (FAO, 1997).

### **2.6.2-Préparation du sol**

La préparation sol commence par le défrichage et ensuite on fait un labour de 20 à 25 cm de profondeur. On fait le hersage puis l'épandage de la fumure de fond. Des billons / sillons peuvent être en confectionnés à une distance de 40 à 50 cm (Nimpagaritse, 2019).

### **2.6.3-Transplantation**

La transplantation se réalise sur 4 à 7 semaines (Vavrina, 1998, cité par Balliu, 2014), lorsque les plants ont la taille d'un crayon, soit 4 à 6 cm de diamètre (Nimpagaritse, 2019). Elle se fait en quinconce à 25 cm en tous sens pour les variétés moyennes et 40 à 50 cm en tous sens pour les grosses variétés. Le chou est enterré jusqu'aux premières feuilles parce que des racines

adventives peuvent naître rapidement le long de la tige et renforcer le système racinaire (SERAIL, 2013). La densité recommandée pour le chou pommé se situe entre 25 000 à 65 000 plants à l'hectare, la densité moyenne est de 40 000 plants à l'hectare, soit un écartement de 50\*50 cm (INRAN, 2014)

#### **2.6.4-Entretiens**

Pour l'entretien, on observe plusieurs opérations : Remplacement des manquants, sarclage et binage réguliers surtout en début de culture, arrosage au pied de la plante afin d'éviter la pourriture du cœur (Nimpagaritse, 2019). Il faut également faire des buttages fréquents dès le début de la pommaison car la plante ont tendance à se déchausser, la fertilisation se réalise 20 jours après repiquage et avant pommaison (SERAIL, 2013)

#### **2.6.5-Apport d'éléments nutritifs**

Le taux de d'éléments recommandés pour la culture du chou est la suivante : 120-160 kg/ha d'N, 50-100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 180- 200 kg/ha de K<sub>2</sub>O (Haifa Group, 2012, cité par Astrit Balliu, 2014)

#### **2.6.6-Récolte**

La récolte est réalisée environ 90 jours après semis. Selon la densité et la variété, on obtient des choux avec des poids moyens de 1,5 à 1,8 kg en petit calibre et 2 à 2,2 kg en gros calibre (SERAIL, 2013)

### **2.7-Rendement du chou pommé**

Pour le chou pommé précoce le rendement escompté est de 20 à 35 tha<sup>-1</sup> (SERIAL, 2013). Au Benin, Sunday et Kolawole (2013) ont obtenu un rendement optimum du chou pommé, soit 63,8 tha<sup>-1</sup>. Par contre, Hélène VEDIE a trouvé un rendement de 14 tha<sup>-1</sup> avec une modalité de 150 kg Nha<sup>-1</sup>. En Bangladesh, M.D. Sarkar et al (2014) ont trouvé des pommes de chou de 20,93 cm de diamètre et un rendement de 86,93 t ha<sup>-1</sup> sous l'effet d'une dose de 250 kg d'Nha<sup>-1</sup>. Dans un travail réalisé en Inde, A.k. Nair et al ont trouvé des pommes de chou pommé avec un diamètre moyen maximum de 13,30 cm, un poids de 0,454 kg et un rendement de 60,86 tha<sup>-1</sup>.

### **2.8-Présentation de la fertilisation azotée**

Dans cette partie, les points suivants sont présentés : le cycle de l'azote, approche de déterminer de doses en champ, rôle et importance de la fertilisation azotée.

### 2.8.1- Cycle de l'azote

Très majoritairement l'azote est prélevé du sol par la plupart des plantes sous forme de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et accessoirement sous forme ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ). Il y a le cycle d'azote à travers lequel l'azote existe sous forme organique et inorganique (Tremblay, 2001). Il est passé par un ensemble d'étapes pour être rendu disponible pour les plantes. Les différentes sources de l'azote sont les suivantes : azote de l'air, résidus de culture précédente, déchets animaux, fumier, compost, engrais chimiques (UNIFA, 2012). Dans la nature il existe quatre processus de transformation d'azote : fixation, ammonification, nitrification, dénitrification (Markov, 2012). Le schéma ci-après représente le flux d'azote au sein d'un champ agricole.

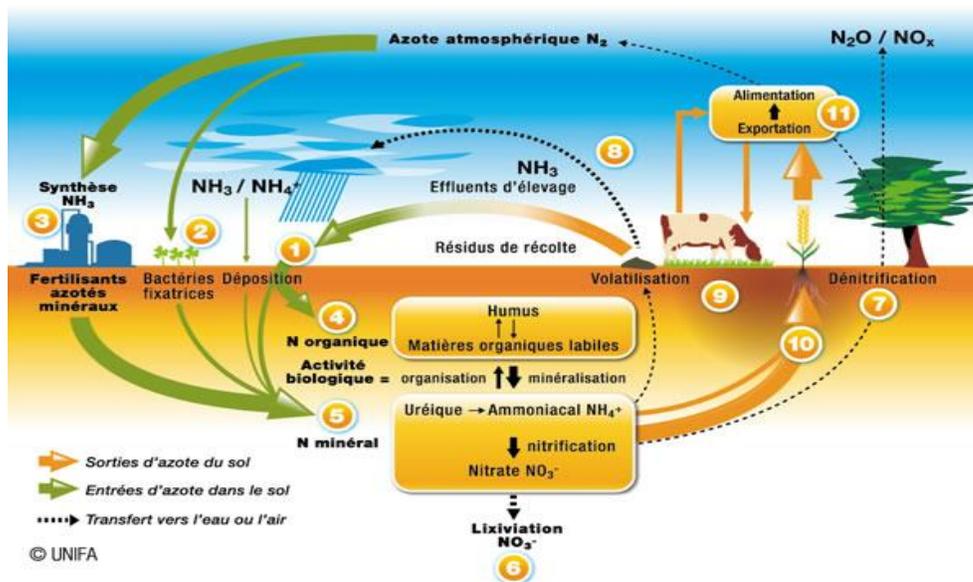


Figure 1: Le cycle de l'azote

Source : (UNIFA, 2012)

### 2.8.2- Approche de déterminer de doses en champ

Il existe deux approches de déterminer des doses d'azote : l'une ne tient pas compte de l'azote déjà présent dans le sol. L'autre tient compte des quantités d'azote minéral présent du sol, d'autres sources ainsi que les pertes.

#### 2.8.2.1- Fertilisation non-raisonnée

Elle se fonde sur des recommandations établies à partir des valeurs moyennes des besoins des cultures. Elles ont souvent pour résultat l'épandage d'une dose d'engrais correspondant au total

des apports nécessaires à la plante et ne tiennent pas compte de l'azote du sol, des résidus de cultures, de l'eau d'irrigation et d'une multitude d'autres sources (Weier, 2001).

Ainsi, les doses recommandées en azote pour la culture du chou sont différentes dans différentes régions du monde. Elles se situent entre 110 et 220 kg/ha (Beaudet et Tremblay, 2006, cité par Lachapelle, 2010).

Pour atteindre des rendements maximaux Aux États-Unis, le chou requiert entre 230 et 458 kg N/ha (Sanchez et al, 1994 cité par Lachapelle, 2010). En Slovénie, la dose optimale d'azote pour obtenir un bon rendement de produits de qualité se situerait entre 225 et 300 kg N/ha (Kacjan Marsic et Osvald, 2007, cité par Lachapelle, 2010).

Mathieu (2010) a déterminé un intervalle de fertilisation azotée dans les sols minéraux de Québec. Il se situe entre 190 et 240 kg /ha. Les conséquences liées à cette approche sont les pollutions de l'environnement et de risque de santé humaine (Mathieu, 2010).

#### ***2.8.2.2-Fertilisation raisonnée***

Mis à part des fertilisations ne tenant compte des différentes sources d'azote il y a la fertilisation raisonnée qui en tient compte. Plusieurs chercheurs prônent cette approche, car il existe de l'azote minéral du sol et celui contenu dans la matière organique du sol. Elle tient compte aussi des pertes pour déterminer la dose idéale : lessivage, volatilisation, dénitrification (Tremblay et al, 2001).

### **2.9-Rôle de l'azote et importance de la fertilisation azotée**

L'azote représente un élément fondamental de la nutrition végétale (Demolon, 1968, cité Lachapelle, 2010). Il entre dans la composition de nombreuses molécules importantes telles que les protéines, les acides aminés, la chlorophylle et plusieurs hormones de croissance (acide 3-indole acétique, les cytokinines) (Michaud, 2005, cité Lachapelle, 2010). L'azote entre également dans la composition des glucosinolates, composés organiques des crucifères jouant un rôle important dans les mécanismes de défenses de cette famille (Zukalova et Vasak, 2002 ; Schonhof et al, 2007). Les isothiocyanates, produits issus de la décomposition des glucosinolates, auraient un effet allélopathique sur les agents pathogènes du sol (Reau et al, 2005).

## **2.10-Fumier d'équins**

Les fumiers équins sont des produits assez bien équilibrés en éléments fertilisants. Les teneurs en azote sont satisfaisantes et permettent un apport substantiel. L'azote contenu dans les fumiers est majoritairement sous forme organique. Donc, l'utilisation de l'azote par les plantes nécessite une minéralisation dans le sol (Mouton, 2012). Un tonne de produits brut de fumiers d'équins contient 10,6 kg d'azote total (Ibid). Des valeurs d'azote total comprises entre 7,6 et 15,4 kg/t ont été obtenues ([www.filierechavalpaca.com](http://www.filierechavalpaca.com))

## **2.11- Variétés de chou cultivées en Haïti**

En Haïti, les variétés de chou cultivées sont des variétés hybrides F1. Diverses variétés sont présentes sur le territoire tels que : Tropicana, Resist crown, Bora verde, Kk cross. Globe master (Innocent, 2012)

## **2.12-Problèmes sanitaires et ravageurs**

Dans cette partie nous passons en revue : problèmes entomologique, maladies fongiques et bactériennes

### **2.11.1-Maladies parasitaires**

Le chou est attaqué par une multitude de maladies, certaines d'entre elles sont décrites dans les lignes qui suivent, elles sont de types fongiques, bactériennes.

#### **❖ Les maladies fongiques**

- La hernie du chou : elle causée par le champignon du sol *Plasmodiophora brassicae*, Elle se manifeste par des excroissances sur la racine pivotante et les racines secondaires. Le champignon peut être encore présent plus de 10 ans après l'infestation, (Pedneault, 2012).
- Pourriture cotonneuse : causée par le champignon, *Sclerotinia sclerotiorum*, dans le cas de cette maladie on observe une pourriture de la pomme commençant par la base (Ibid).
- Taches foliaires nécrotiques : causée par *Phoma lingam*. Ce dernier pouvant être transmis par les semences se manifeste dès la pépinière (Charles-Marie, 2012)

#### **❖ Maladies bactériennes**

- La Nervation noire du Chou : provoquée par *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Ce dernier pénètre par les hydatodes. Ce parasite peut être transmis par les semences et se manifeste dès la pépinière (Charles-Marie, 2012)
- *Pseudomonas cichorii* : Comme symptômes, on observe des taches humides montrant en conditions favorables, des exsudats bactériens sous forme de gouttelettes translucides jaunes à dorées. Cette maladie provoque souvent en saison des pluies une pourriture humide et nauséabonde ( Frantz & Frédéric, 1992).

Dans le cas d'Haïti il y a la nervation noire, la pourriture cotonneuse, alternariose qui est très fréquente (FAMV, cité par Azar, 2018).

### **2.11.2-Maladies physiologiques**

Les maladies physiologiques sont dues à des facteurs environnementaux tels que : climat, sol et fertilisation. Exemples de quelques maladies physiologiques du chou pommé: Pétiole noire, pointe noir, brulure interne de la pointe des feuilles et taches néritiques (Balliu, 2014)

### **2.11.3-Insectes pestes**

- ❖ Piéride du chou (*Pieris brassicae*), ces chenilles sont de couleur jaune-noir poilue, avec des lignes jaunes sur le dos. Elles font des trous sur la plante entière, puis rongent la pomme du chou, sauf les nervures. Elles attaquent en groupes (FIBL, 2019).
- ❖ La fausse teigne des crucifères (*Plutella ylostella*), ce sont des chenilles de couleur vert clair de 10-12 mm environ. Elles causent souvent des ravages jusqu'à l'intérieur des pommes. Les femelles déposent leurs œufs sous les feuilles (Collingwood et al, 1984)

## **CHAPITRE III:CADRE PHYSIQUE ET METHODOLOGIQUE**

Dans ce chapitre, la zone de travail, les matériels utilisés ainsi que les méthodes utilisées sont présentés.

### **3.1-Présentation de la zone de travail**

La présente partie présente les différents aspects biophysiques de la zone d'étude. Elle concerne la commune de Hinche et la troisième section Aguahédionde rive droite où se trouve la localité de Bassin Bœuf. Les points suivants sont présentés: la population, la géographie de la zone, la topographie, le type de sol, réseaux hydrographiques, climat, les infrastructures de la zone, agriculture et systèmes de cultures et production animale.

#### **3.1.1-Population**

La commune de Hinche abrite une population chiffrée à 120 867 personnes et le nombre d'habitants par km<sup>2</sup> est de 205 (IHSI, 2015). La troisième section Aguahédionde rive droite (rural) abrite 20 312 habitants. Le nombre d'habitants par km<sup>2</sup> est de 166(Idid).

#### **3.1.2-Géographie de la zone**

La troisième section Aguahédionde rive droite se trouve dans la commune de Hinche, dans le département du Centre. La section a une superficie de cent vingt-trois et quarante centième(123,040) km<sup>2</sup>. Elle se limite au Nord par la section communale *La Ran* dans la commune de Cerca-Cavajal, au Sud par la deuxième section Marmont dans commune de Hinche, à l'Est par la section *Matèlgat* dans la commune de Thomassique et à l'Ouest par la quatrième section Aguahédionde rive gauche dans la commune de Hinche. La section comprend 53 localités et 93 habitations (FAES, 2012). La figure 3 ci-après est la carte de la commune de Hinche.



**Figure 2: Carte géographique de la commune de Hinche**

### 3.1.3-Topographie,

La troisième section Aguahédionde rive droite a un relief en zigzag. Elle a des mornes, des collines et des ravines, *Palgata* est la zone la plus basse dans la section, elle se trouve à une altitude de 200 m et la zone la plus élevée est Aguahédionde qui est à une altitude supérieure à 600 m (DDSK, 2007 cité par FAES, 2012).

### 3.1.4-Type de sol,

Plusieurs études réalisées à travers des projets de mises en valeur du Plateau Central ont montré que les sols sont marqués par une texture argileuse ou argilo-limoneuse. Ce sont des sols de bonne qualité agronomique si on les compare à la moyenne nationale. Toutefois, ces sols sont souvent hétérogènes et érodés (MDE, 2015, cité par Mercius, 2018).

### 3.1.5-Réseaux hydrographiques

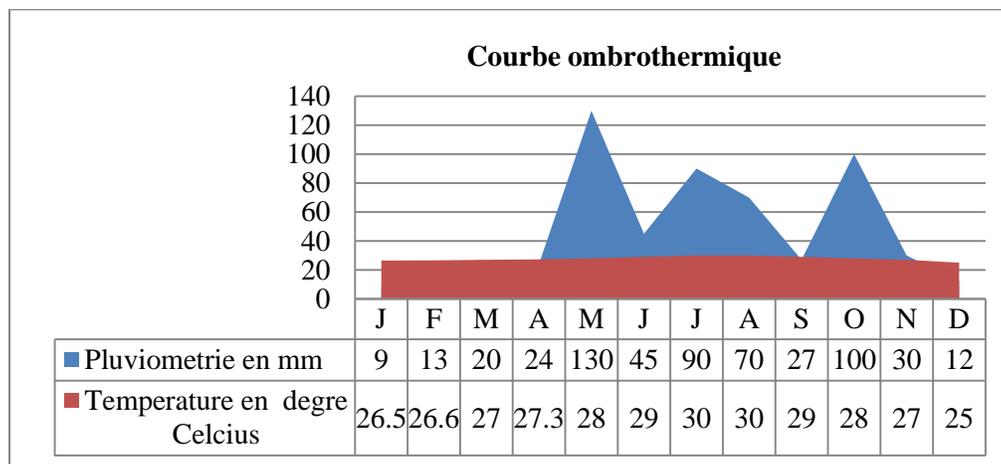
La troisième section est traversée par deux grandes rivières : la rivière Guayamunco et Samana. La rivière Guayamunco est la plus importante avec un débit moyen annuel de  $17.9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (Saintil et al, 2018). À côté de ces rivières il y a aussi *Tchak* et Aguahédionde, lesquelles peuvent être exploitées à des fins d'irrigation mais des études doivent être effectuées à cette fin (FAES, 2012). Plusieurs ravines ont été recensées par FAES (2012). Ainsi 112 ravines ont été identifiées. Il y en a certaines qui restent avec de l'eau même en saison sèche. Exemple : la ravine de Papaye(Ibid).

### 3.1.6- Climat

La commune de Hinche a une pluviométrie annuelle comprise entre 500 et 1000 mm répartie en deux saisons :

- ❖ Une saison sèche qui débute en novembre et se termine au mois de mars
- ❖ Une saison pluvieuse qui débute du mois d’avril et se termine au mois d’octobre, mais il y a une récession dès le début de juillet jusqu’ à la fin du mois d’Août (DDSK, 2007 cité par FAES, 2012).

La température moyenne annuelle est de 29.1<sup>0</sup> c. La figure 3 présente la courbe ombrothermique de la commune de Hinche (**Source** : Saintil et al, 2018).



**Figure 3: Courbe ombrothermique de la commune de Hinche**

**Source: (Saintil et al, 2018)**

### 3.1.7-Infrastructures de la zone

Dans la zone plusieurs institutions interviennent dans les infrastructures. Les institutions catholiques construisent des écoles et des lacs collinaires. FAES intervient dans les loisirs et des puits artésiens. En 2008, plus de 200 citernes ont été construites par MPP, l’église et d’autres instances (FAES, 2012)

### 3.1.8- Agriculture et systèmes de cultures

Au niveau de la commune l’agriculture constitue l’activité principale des habitants. Dans la commune 90% des ménages dépendent des activités agricoles (RGA, 2008). Dans la zone il existe une multitude des systèmes de cultures. Les espèces les plus cultivées sont maïs, pois Congo, arachide, patate douce, canne à sucre, manioc, aubergine, chou, carotte, betterave, épinards, tomate (FAES, 2012). L’association culturale est très pratiquée avec ces cultures. Les

associations suivantes sont les plus rencontrées. Mais-pois inconnue-pois Congo ; Mais-manioc-pois Congo ; Mais- arachide. Le tableau 2 présente le calendrier culturel de la zone (PDCH, 2007)

**Tableau 2: Calendrier culturel de la zone**

Espèces	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Maïs												
Haricot												
Manioc												
Patate d.												
Vigna												
Sésame												
Arachide												
Pois C.												

Dans la zone la saison maraichère débute du mois d’octobre et prend fin en mois de mars

### 3.1.9- Production animale

La commune est réputée comme une région d’élevage à cause de la vocation pastorale des savanes, de vastes étendues de terre où pousse l’herbe *Madan Michel* qui sert d’alimentation pour le bétail. Les espèces élevées sont principalement : les bovins, les caprins, les porcins, les équidés et les volailles (FAES, 2007)

### 3.2-Matériels utilisés

Dans ce travail, des matériels physiques, biologiques et chimiques sont été utilisés, nous présentons ces matériels dans la ligne qui suivent.

#### 3.2.1-Matériels physiques.

Les matériels physiques qui ont été utilisés au cours de la réalisation de ce travail sont présentés dans tableaux ci-dessous.

**Tableau 3: Matériels physiques utilisés**

<b>Matériels</b>	<b>Utilisation</b>
Balance	Pour peser le fumier, l'engrais et les pommes du chou ;
Caméra numérique	Pour prendre des photos
Coûteau	pour effectuer la récolte
Crayon	Pour collecter des données
Fiche et feuilles blanches	pour collecter des données
Houe	Pour écraser les mottes, réaliser des billons, sarclage...
Machettes	Pour faire des pieux,
Ordinateur	Pour faire le traitement de texte et rédiger le document final
Pieux	Pour faire le piquetage et la transplantation ;
Pulvérisateur	Pour faire des aspersion
Râteau	Pour faire le nivellement
Règle	Pour mesurer le diamètre des pommes
Ruban métrique	Pour délimiter les parcelles

### **3.2.2-Matériel biologique**

La semence que nous avons utilisée dans cette expérience est une variété hybride de chou pommé, KK Cross F1. C'est une variété sélectionnée pour être cultivée dans les régions tropicales.

Le KK Croix F1 est un chou hybride pommé compacte de taille moyenne, de couleur vert pale, de forme globuleuse aplatie à ellipsoïde, atteignant 30 cm de diamètre, avec un poids moyen de 1,6 kg. La maturité du chou KK Croix F1 est très précoce, environ 58 jours après la transplantation. Dans les cultures tropicales chaudes ce chou excelle sur les hautes terres, au-dessus de 800 m d'altitude. 200 à 250 graines pèsent 1 gramme. Pour une germination optimale, la température du sol doit se situer entre 10 et 30 degré Celsius. PH optimal du sol est : 6-6.8 (<https://greenseeds.net/>)

### **3.2.3-Matériels chimiques**

Dans ce travail les matériels chimiques qui ont été utilisés sont les suivants :

- ❖ Engrais: déchets d'équins, 12-12-20 ; 46-0-0 ;

- ❖ Insecticides: Imidachloprid, deltamethrine, bandit;
- ❖ Fongicides: Mancozeb, metalaxyl.

### **3.3-Méthodes**

Dans cette partie sont présentées les méthodes qui ont été utilisées pour assurer la bonne réussite de ce travail de recherche. On présente: Travaux bibliographiques, dispositif expérimental choisi, réalisation de l'expérimentation, fertilisation, méthode d'échantillonnage, méthodes de collecte de données; traitement, analyse et interprétation des données.

#### **3.3.1-Travaux bibliographiques**

Cette première étape de ce travail consistait à consulter des documents pour tirer des connaissances. Ces dernières ont concerné les cultures maraichères, plus précisément la culture du chou et la zone de travail (données physiques, climatiques,...). Cette étape a été réalisée pendant toute la durée du travail et a permis d'acquérir des connaissances permettant de bien cerner le sujet. On a ainsi consulté des mémoires, des livres, des rapports, des articles de revue, des documents de cours suivis et des sites d'internet ont été également visités.

#### **3.3.2- Dispositif expérimental choisi**

L'essai a été conduit dans un Dispositif en Bloc Complètement Aléatoire (DBCA). Le choix de ce dispositif a permis ainsi de réduire les éventuels effets des variations au niveau du champ expérimental. Les blocs ont été espacés de 1,5 m et chaque traitement dans un même bloc de 1 m. Le schéma ci-après représente le dispositif expérimental.

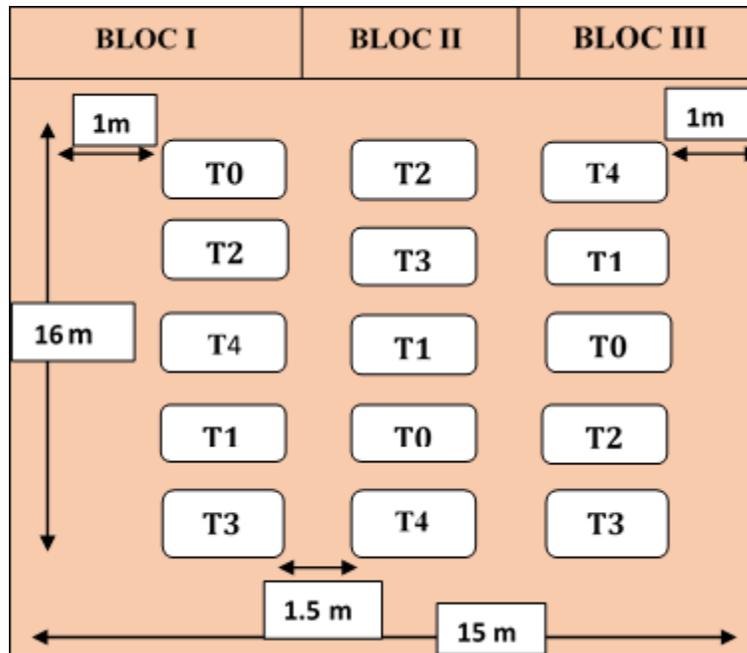


Figure 4: Dispositif expérimental

Significations : T<sub>0</sub>:0kg d' Nha<sup>-1</sup>; T<sub>1</sub>: 164 Kg d' Nha<sup>-1</sup>; T<sub>2</sub>: 214kg d' Nha<sup>-1</sup>; T<sub>3</sub>:314 kg d'Nha<sup>-1</sup> T<sub>4</sub>: 414kg d' Nha<sup>-1</sup>

### 3.3.3- Réalisation de l'expérience/description

L'expérience a été réalisée sur une superficie de 240 m<sup>2</sup>, avec une surface utile de 144 m<sup>2</sup>. Le facteur contrôlé est fertilisation azotée avec cinq(5) niveaux (T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>). Chaque traitement a été répété trois fois, soit quinze unités expérimentales. La superficie de chaque unité expérimentale était de 9,6 m<sup>2</sup> (2.4 m\*4 m). Dans chaque unité, les plantules ont été transplantées sur des billons (soit quatre (4) billons/ unité) espacés de 60 cm, avec un espace entre plantules de 50 cm sur chaque billon. Voici le schéma de la disposition des plantules sur le billon

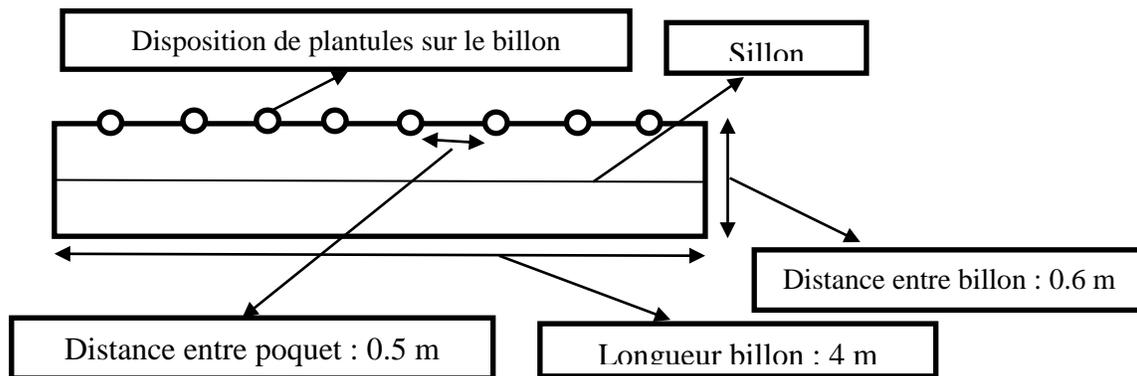


Figure 5: Croquis de la disposition des plantules sur le billon

### 3.3.3.1-Itinéraires techniques mis en œuvre

- ❖ En pépinière, le semis a été réalisé sur une plate-bande de 6 m<sup>2</sup>, avec des lignes espacées de 20 cm et de 1,5 cm de profondeur, puis une distance de 1 cm en moyenne entre chaque graine.
- ❖ Travail de sol, le labour a été réalisé à traction animale à une profondeur d'environ 30 cm. Le hersage a été réalisé 30 jours après le labour,
- ❖ Ecrasement des mottes avant la confection des sillons/billons
- ❖ Piquetage/confection des billons : le piquetage a été réalisé en tenant compte du dispositif expérimental et la distance des billons.
- ❖ Transplantation, les plants ont été transplantés lorsqu'ils ont eu quatre semaines. Les plantules ont été habillées, les racines trop longues ont été enlevées. La distance adoptée est de 50 cm\* 60 cm. Les plantules ont été mises en trou jusqu'au niveau de la première feuille, tassées légèrement, puis arrosées.
- ❖ Arrosage, système gravitaire a été utilisé, l'eau y parvient par des canaux réalisés à cette fin. Ainsi, trois arrosages ont été réalisés.
- ❖ Désherbage, il a été réalisé à l'aide d'une houe pour enlever les mauvaises herbes, afin de limiter la compétition avec les mauvaises herbes, ainsi deux(2) sarclages ont été réalisés : le premier 22 jours après repiquage et 20 jours après le premier.

### 3.3.3.2-Lutte phytosanitaire

Dans le cadre de cette expérience et en vue d'une protection phytosanitaire de la culture, on a procédé à des méthodes préventives et des méthodes curatives.

En pépinière, la plate-bande a été traitée au moyen d'un insecticide, bandit à la dose de 10 cc/gallon en mélange avec un fongicide, Rido-Mz, à la dose de 10g/gallon. Des pulvérisations hebdomadaires ont eu également lieu au moyen des mélanges à bases de bandit et de feuilles de neem.

En champs, la culture a été fortement attaquée par des larves de teigne du chou (*Plutellax ylostella*), et la mouche blanche (*Bemissia tabaci*). En conséquence, on a procédé à l'utilisation des insecticides synthétiques. Du fongicide été également utilisé pour prévenir certaines

maladies. Dans le tableau ci-après sont présentés les différents pesticides utilisés, leurs cibles ainsi que leur posologie.

**Tableau 4: Contrôle phytosanitaire**

Nom commercial	Famille	Matière active	Ravageurs cibles	dosage
Deltamethrine	pyrethrinoides	deltamethrin	Teigne du chou	10cc/gallon
Bandit	organophosphorés	Cypermethrine chlorpyryphos	Teigne du chou	10 cc/gallon
Pyrenophos	organophosphorés		Teigne du chou	10 cc/gallon
Rido-Mz		Mancozeb-metalaxyl	champignons	10 g/gallon
Neem	Méliacées	Azadiractine	Mouche blanche	--

### 3.3.6-Fertilisation

Quatre doses différentes d'azote ont été considérés ce sont: 164 kg/ha, 214 kg/ha, 314 kg/ha, 414 kg/ha. Ceci tenant compte de l'azote minéral du sol, les apports par déchets d'équins, application d'engrais minéral

#### 3.3.6.1-Azote minéral du sol

Avant la transplantation un échantillon du sol a été prélevé à 20 cm de profondeur pour être analysé au laboratoire, à fin de voir la quantité d'azote présente et disponible dans le sol pendant la culture.

Azote des nitrates, NO<sub>3</sub>-N en mg/l et l'azote de l'ion ammoniacal, NH<sub>4</sub>-N en mg/l sont la présentation des résultats d'analyse du sol, la valeur des nitrates en kg/ha est obtenu en divisant la valeur de NO<sub>3</sub>-N par 4.43 (Tremblay et al, 2001). Dans le cadre de ce travail, on a considéré une efficience de 85 % de NO<sub>3</sub> (Bio-en ligne, 2018). Dans le cadre de ce travail on a considéré une efficience de 15% de N-NH<sub>4</sub> (Ibid).

#### 3.3.6.1-Azote du déchet d'équins

Pour le déchet d'équins on a considéré une application de 20 kilogramme à l'hectare et une tonne de déchet contient 13.8 kg d'azote, et seulement 30% de cet azote serait disponible pour la saison. Il est à noter que toutes les parcelles fertilisées ont reçu les mêmes doses de fumier.

#### 3.3.6.2-Application d'engrais minéral

Même dans les meilleures conditions, les végétaux ne sont capables d'absorber que de 60 à 80 % de l'azote contenu dans l'engrais épandu (Tremblay et al, 2001). Car, il va y avoir des pertes

par : lessivage, la dénitrification, l'immobilisation, la fixation de l'ammonium et la volatilisation (Ibid). En effet, dans le cas de ce travail, on a considéré que seulement 70% des engrais complet épandu sont été disponibles et utilisés pendant la culture. Pour l'urée une efficacité de 50% a été adoptée. En pépinière, seule de la matière organique a été utilisée comme source d'éléments fertilisants. En champ, l'azote a été apporté via l'urée (46-0-0) et l'engrais complet (12-12-20). Il est à noter que toutes les parcelles fertilisées ont reçu les mêmes doses d'engrais complet. Trois applications ont été réalisées, une première application d'urée quinze jours après la transplantation, une deuxième quinze jours après la première avec l'engrais complet, et une dernière quinze jours après la deuxième avec l'urée. Le tableau ci-après présente la quantité d'azote disponible provenant de l'analyse du sol et les autres sources.

**Tableau 5: Apport d'éléments nutritifs en kg/ha**

Somme à apporter	Sol	Déchet équins	Engrais complet:12-12-20	Engrais urée : 46-0-0
164	79,78	4,637681159	40	40
214	79,78	4,637681159	40	90
314	79,78	4,637681159	40	190
414	79,78	4,637681159	40	290

### 3.3.7- Echantillonnage

La densité adoptée dans le cadre de travail est 33,333 plants par hectare. Il y a eu huit (8) plants par billon et quatre (4) billons par unité expérimentale, ce qui donne 32 plants par parcelle. Les plantes sur lesquelles les données ont été recueillies ont été choisies selon la méthode d'échantillonnage aléatoire simple au centre de chaque unité expérimentale pour éviter les effets de bordure. Ainsi, 25 % des plantes ont été considérés, soit huit(8) plants par parcelle. Parmi les 480 plants présents sur le champ expérimental, les données ont collectées sur 120 plants.

### 3.3.8-Collecte des données

Dans le présent travail, on a collecté des données depuis le semis en pépinière jusqu'à l'estimation du rendement. Après transplantation, des données ont été collectées tout au long de

la conduite des parcelles, ainsi des fiches de collecte de données ont été disposées concernant les différents paramètres étudiés. Les paramètres sur lesquels les données ont été collectées sont les paramètres de croissance végétative : hauteur des plantes et le nombre de feuille (13 jours après la première application azotée), la circonférence, des paramètres du rendement : le diamètre et le poids d'une tête et le rendement parcellaire. Des données ont été également collectées sur le taux d'attaques des chenilles.

#### **3.3.8.1-Paramètres de croissance végétative**

- ❖ **Mesure de la hauteur:** Les mesures sur la hauteur des tiges ont été prises treize (13) jours après la première application. Ces mesures ont été prises sur huit(8) plantes choisies au hasard une centre de chaque unité expérimentale. Les huit (8) plantes représentent 25 % des plantes de la parcelle. Cela se fait au moyen ruban métrique, que l'on place au collet arrive à la base du bourgeon apical.
- ❖ **Nombre de feuilles :** Le nombre de feuille ont été compté treize (13) jours après la première application. Huit(8) plantes ont été choisies au hasard au centre de chaque unité expérimentale. Les huit (8) plantes représentent 25 % des plantes de la parcelle. Les feuilles cotylédonaire et le bougeon terminale ont été négligés.

#### **3.3.8.2-Paramètres du rendement**

Après la récolte les données ont été collectées sur : circonférence, poids, diamètre rendement parcellaire.

##### **❖ Rendement parcellaire**

Pour déterminer le rendement de chaque parcelle, huit (8) têtes de chou ont été récoltées, mises ensemble dans un sac pour déterminer le poids total en kg. Ceci correspond à une surface de 2,4 m<sup>2</sup>. Cet échantillon représente 25% des plantes. Il est à noter que la partie pesée est celle qui est vendable.

##### **❖ Poids d'une pomme**

Toutes les pommes de chou récolté ont été pesées de manière élémentaire, le poids a été calculé en kilogramme.

##### **❖ Circonférence d'une pomme**

Après avoir pesé une pomme de chou la circonférence a été déterminée au moyen d'un ruban flexible, elle était prise sur huit(8) têtes de chou pour chaque parcelle élémentaire.

#### ❖ **Diamètre d'une pomme**

Après avoir pesé une tête de chou et la circonférence est prise nous avons déterminé le diamètre, le pomme est fendu transversalement avec un couteau tranchant, un ruban métrique a été utilisé pour prendre le diamètre en centimètre.

#### **3.3.8.3-Attaque des chenilles de lépidoptères**

Prévalence a été utilisée comme indicateur de morbidité, pour évaluer les dégâts phytosanitaires Le chou a été attaqué par des chenilles. Les données pour estimer la prévalence ont été collectées treize (13) jours après l'application azotée. Elle a été estimée pour chaque parcelle élémentaire. Pour se faire, on a compté huit(8) plant au hasard et parmi ces plantes, les plantes attaquées ont été dénombrées et le pourcentage a été ensuite calculé.

#### **3.3.9-Traitement, analyse et interprétation des données.**

Les données brutes ont été collectées sur le terrain et ensuite mises sur Excel afin de constituer une base de données. La base de données a été transférée sur R Console pour être traitée ensuite transférée sur Word pour être analysée et interprétée. L'analyse des variances a été utilisée pour comparer les moyennes de paramètres étudiés. On a utilisé 0.05 comme valeur de significativité pour faire les interprétations.

La normalité des distributions a été testée en utilisant le test de *Shapiro Wilk*, ensuite un test d'ANOVA a eu lieu pour chaque paramètre. En cas où l'ANOVA montre une différence significative entre les doses, on a fait soit un test *Tuckey* (si la distribution est normale) ou un test de *Kruskal Wallis* (si distribution ne suit pas la loi normale) pour déceler les différences entre les doses.

Des histogrammes (avec les moyennes) et des boites à moustaches (annexe 4) ont été réalisés pour visualiser les différences entre les effets des traitements sur le paramètre concerné. Le test de Spearman a été utilisé pour voir l'existence ou pas de corrélation entre le rendement (variables indépendantes) et les autres variables (dépendantes).

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

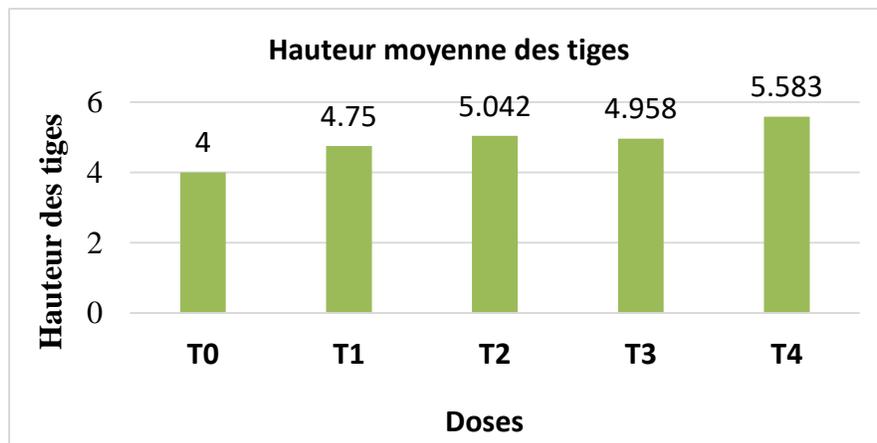
Ce chapitre présente les résultats des analyses statistiques effectuées. Les effets des différents traitements et blocs sur chacun des paramètres étudiés sont inclus : paramètres de croissance végétative et de rendement, ainsi que sur le taux d'attaques par les lépidoptères. Pour chacun de ces paramètres, des histogrammes, des résultats du test d'analyse de la variance, des résultats de tests de comparaisons multiples sont présentés. Des droites de corrélation entre le rendement et les variables sont aussi présentées. Ce chapitre comprend également des discussions basées sur les résultats obtenus.

### 4.1-Résultats

Ce point comprend les effets des traitements sur les paramètres étudiés, le taux d'attaques, ainsi que l'effet des variables sur le rendement.

#### 4.1.1- Effets des différents traitements sur la hauteur du chou pommé

Les données collectées sur la hauteur du chou pommé au 13<sup>e</sup> jour après la première fertilisation varient entre 3 et 8 cm, soit une hauteur moyenne de 4,867 cm avec une dispersion de 1,22 cm par rapport à la moyenne et un coefficient de variation(CV) de 0,25. 50 % des plantes ont eu une hauteur comprise entre 4 et 6 cm (étendu interquartile). Les parcelles ayant reçu la dose T4 (414 kg N Nha<sup>-1</sup>) donnent la hauteur la plus élevée, soit une hauteur moyenne de 5.583 cm avec une dispersion de 1,28 cm par rapport à la moyenne (et un CV=0,23). Dans les parcelles temoins, la hauteur la plus faible a été observée, soit une hauteur moyenne de 4 cm avec une dispersion de 1,06 cm par rapport à la moyenne (et un CV=0,26). La figure ci-dessous présente la hauteur moyenne des tiges.



### Figure 6: Hauteur des tiges

Les résultats du test d'analyse des variances ont montré une différence significative entre les effets des différentes doses sur la hauteur du chou pommé ( $p = (0.0001454 < 0.05)$ ). Pour déceler les différences entre les doses un test de **Kruskal Wallis** a eu lieu. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 6: Résultats du test de Kruskal Wallis pour la hauteur des tiges**

	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>T1</b>	0.18310	-	-	-
<b>T2</b>	0.01051	1	-	-
<b>T3</b>	0.03383	1	1	-
<b>T4</b>	0.00082	0.23503	1	0.088097

*Nb : Les doses avec une valeur de p.adj supérieure à 0.05 ne sont pas significativement différentes entre elles, celles avec une valeur de p.adj inférieure à 0.05 sont significativement différentes entre elles.*

Le test ANOVA a aussi montré une différence significative entre les effets des blocs sur la hauteur des tiges ( $p.adj=0.0002903 < 0.5$ ). Pour déceler lequel des blocs est différent, on a conduit un test de **Kruskal Wallis**. Selon ce test, le bloc 2 est significativement différent de Bloc 3. Aucune différence significative n'a été entre bloc 1 et bloc 2 et entre bloc 1 et bloc 3. Les résultats du test de **Kruskal Wallis** sont présentés dans le tableau ci-après.

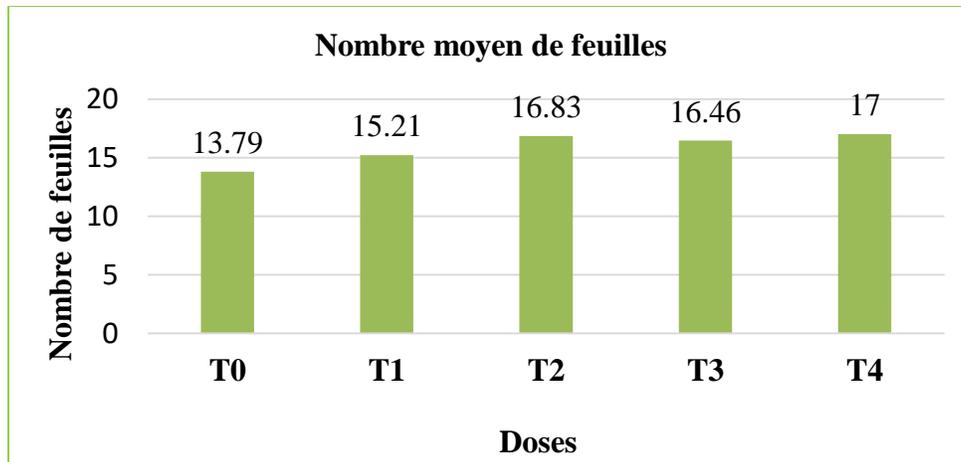
**Tableau 7: Effets des blocs sur la hauteur des tiges**

	<b>B1</b>	<b>B2</b>
<b>B2</b>	0.14379	-
<b>B3</b>	0.20895	0.00024

*Nb : Les doses avec une valeur de p.adj supérieure à 0.05 ne sont pas significativement différentes entre elles, celles avec une valeur de p.adj inférieure à 0.05 sont significativement différentes entre elles.*

#### 4.1.2-Effets des différents traitements sur le nombre de feuille du chou pommé

Le nombre de feuille du chou au 13<sup>e</sup> jour après la première fertilisation varient entre 10 et 23 soit un nombre moyen de 15,86 avec une dispersion de 2,35 par rapport à la moyenne et un coefficient de variation de 0,14. 50 % des plantes ont eu un nombre de feuille compris entre 15 et 18(étendu interquartile). La dose T4 (414kg Nha<sup>-1</sup>) a donné le nombre de feuille le plus élevé, soit un nombre moyen de 17 avec une dispersion de 2,65 par rapport à la moyenne (et un CV=0,15). La dose T0 est celle ayant le nombre de feuille plus faible, soit un nombre moyen de 13.79 avec une dispersion de 1,86 par rapport à la moyenne (et un CV=0,13). La figure ci-dessous présente le nombre moyen des feuilles sous l'effet doses testées.



**Figure 7: Nombre moyen des feuilles sous l'effet des doses**

Les résultats du test d'analyse des variances ont montré une différence significative entre les effets des différentes doses sur le nombre de feuille du chou ( $p=3.404^{-07}<0.05$ ), pour déceler les différences entre les doses un test de **Tukey** a eu lieu. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 8:Résultats du test de Tuckey pour le nombre de feuilles**

	<b>Diff.</b>	<b>p.adj</b>
<b>T1-T0</b>	1.41	0.1270536
<b>T2-T0</b>	3.04	0.0000122
<b>T3-T0</b>	2.66	0.00001649
<b>T4-T0</b>	3.20	0.0000036
<b>T2-T1</b>	1.62	0.549766
<b>T3-T1</b>	1.25	0.2255796
<b>T4-T1</b>	1.79	0.0257415
<b>T3-T2</b>	-0.37	0.9697307
<b>T4-T2</b>	0.16	0.9986261
<b>T4-T3</b>	0.54	0.8919207

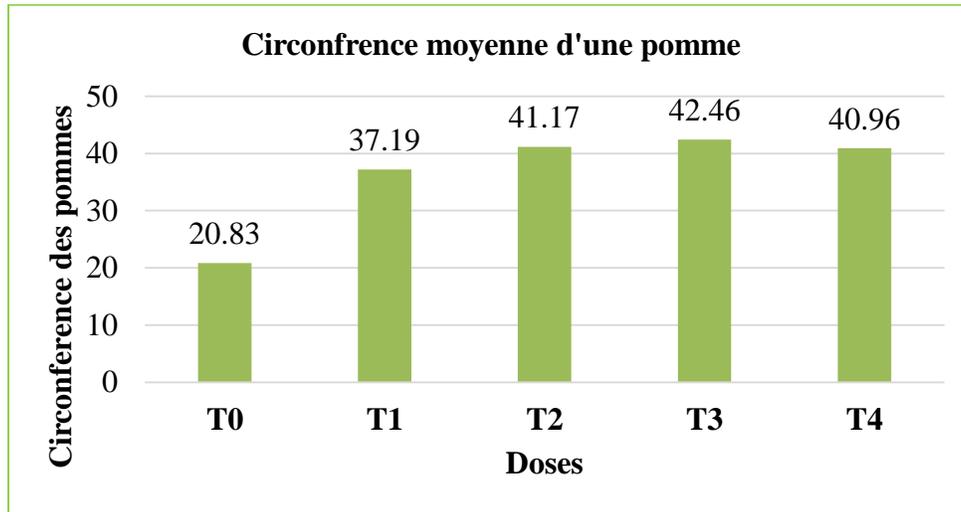
*Nb : Les doses avec une valeur de p.adj supérieure à 0.05 ne sont pas significativement différentes entre elles, celles avec une valeur de p.adj inférieure à 0.05 sont significativement différentes entre elles.*

En ce qui concerne les effets de blocs, les résultats du test d'analyses des variances ont donné un p-value (0.08677) qui est supérieure à notre valeur de significativité (0.05), ce qui a permis d'accepter l'hypothèse d'égalité des effets des blocs sur le nombre de feuille du chou ( $H_0$ ). On conclut qu'il n'y a pas de différence significative en ce qui concerne les effets des blocs sur le nombre de feuille du chou. Donc, le choix du DBCA ne vaut pas la peine.

#### **4.1.3-Effets des différents traitements sur la circonférence du chou pommé**

Les données collectées sur la circonférence des pommes de chou varient entre 14 et 48 cm avec une moyenne de 36.52 cm, soit une dispersion de 8,84 cm par rapport à la moyenne et un coefficient de variation de 0,24. 50 % des plantes ont eu une circonférence comprise entre 34.5 et 42 cm (étendu interquartile). La dose T3 (314kg Nha<sup>-1</sup>) a donné la circonférence la plus élevée, soit une circonférence moyenne de 42.46 cm avec une dispersion de 3,51 cm par rapport à la moyenne avec un CV de 0,08. Les parcelles temoins sont celles ayant la circonférence la plus faible, soit une moyenne de 20.83 cm avec une dispersion de 4,53 cm par rapport à la moyenne

et un coefficient de variation de 0,21. La figure ci-dessous présente la circonférence moyenne des pommes à la récolte.



**Figure 8: La circonférence moyenne des pommes à la récolte**

Les résultats du test d'analyse des variances ont montré une différence significative entre les effets des différentes doses sur la circonférence des pommes du chou ( $p=2.2^{-16}<0.05$ ), pour déceler les différences entre les doses, un test de **Kruskal Wallis** a eu lieu. Les résultats sont présentés dans tableau ci-dessous.

**Tableau 9: Résultats de test de Kruskal Wallis pour la circonférence du chou**

	T0	T1	T2	T3
T1	3.3e-8	-	-	-
T2	2.8 <sup>e</sup> -8	0.0119	-	-
T3	2.9 <sup>e</sup> -8	0.0015	1	-
T4	2.8 <sup>e</sup> -8	0.0153	1	1

*Nb : Les doses avec une valeur de p.adj supérieure à 0.05 ne sont pas significativement différentes entre elles, celles avec une valeur de p.adj inférieure à 0.05 sont significativement différentes entre elles.*

Il est à noter que sans fertilisation(T0), la circonférence du chou est très différent ( $p.adj<0.05$ ) et inférieure par rapport aux autres doses. Cela s'explique par le fait que l'azote du sol est trop

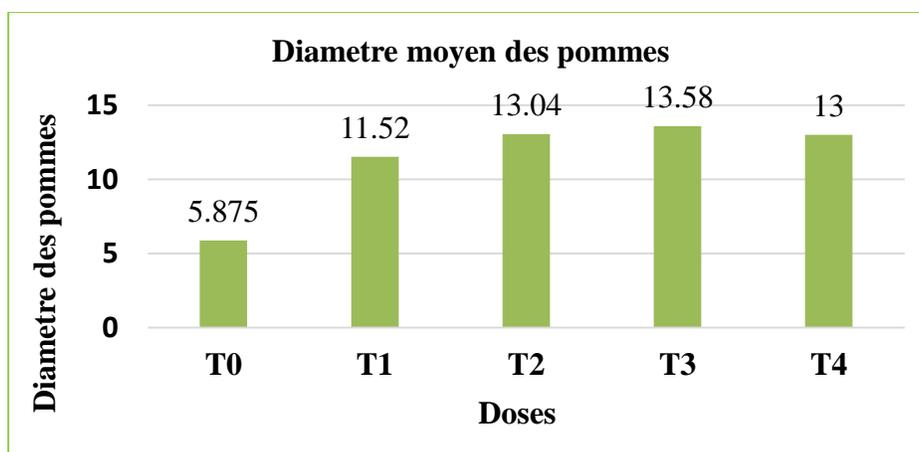
faible ne permettant pas au chou d'exprimer son potentiel. La dose T1 (164kg N/ha) est aussi différente ( $p_{adj}<0.05$ ) et inférieure par rapport aux autres doses.

Sous l'effet des traitements T2 (214 kg N/ha), T3 (314kg N/ha), T4 (414kg N/ha), la circonférence des pommes sont identiques ( $p_{adj}>0.05$ ). N'importe laquelle entre ces doses peut être appliquée, les pommes auront une circonférence qui ne sont pas différentes l'une des autres de manière significative.

Aucune différence significative n'a été observé entre les effets de blocs sur la circonférence du chou pommé ( $p=0.4079$ ). Donc, le choix du DBCA ne vaut pas la peine.

#### 4.1.4-Effets des différents traitements sur le diamètre de la pomme chou

Le diamètre des pommes de chou mesurées varient entre 2 et 16 cm avec un diamètre moyen de 11,32, soit une dispersion de 3,22 cm par rapport à la moyenne (et un CV de 0,28). 50 % des plantes ayant un diamètre moyen compris entre 10 et 13 cm (étendu interquartile). La dose T3 (314kg N/ha) a donné le diamètre le plus élevé, soit un diamètre moyen de 13.58 avec une dispersion de 1,34 cm par rapport à la moyenne (et un CV=0,09). Les parcelles temoins sont celles ayant le diamètre le plus faible, soit un diamètre moyen de 5.875 cm avec une dispersion de 1,19 cm par rapport à la moyenne (et un CV=0,2). La figure ci-dessous présente le diamètre moyen des pommes à la récolte.



**Figure 9: Diamètre moyen d'une pomme de chou**

Les résultats du test d'analyse des variances ont montré une différence significative entre les effets des différentes doses sur le diamètre d'une pomme du chou ( $p=2.2^{-16}<0.05$ ), pour déceler

les différences entre les doses, un test de **Kruskal Wallis** a eu lieu. Les résultats sont présentés dans tableau ci-dessous.

**Tableau 10: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le diamètre d'une pomme**

	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>T1</b>	1.7e-8	-	-	-
<b>T2</b>	1.7e-8	0.00208	-	-
<b>T3</b>	1.7e-8	0.00018	0.39221	-
<b>T4</b>	1.7e-8	0.00208	0.7547	0.32424

*Nb : Les doses avec une valeur de p.adj supérieure à 0.05 ne sont pas significativement différentes entre elles, celles avec une valeur de p.adj inférieure à 0.05 sont significativement différentes entre elles.*

Il est à noter que sans fertilisation(T0), le diamètre du chou est très différent et inférieure par rapport aux autres doses. La dose T1 (164kg N/ha) est aussi différente et inférieure par rapport aux autres doses. Nous faisons ces conclusions car les valeurs de p.adj sont inférieures à 0.05. Ces différences peuvent être dues par l'insuffisance de l'azote du sol et de celui apporté par T1 pour permettre au légume-feuille d'exprimer son potentiel.

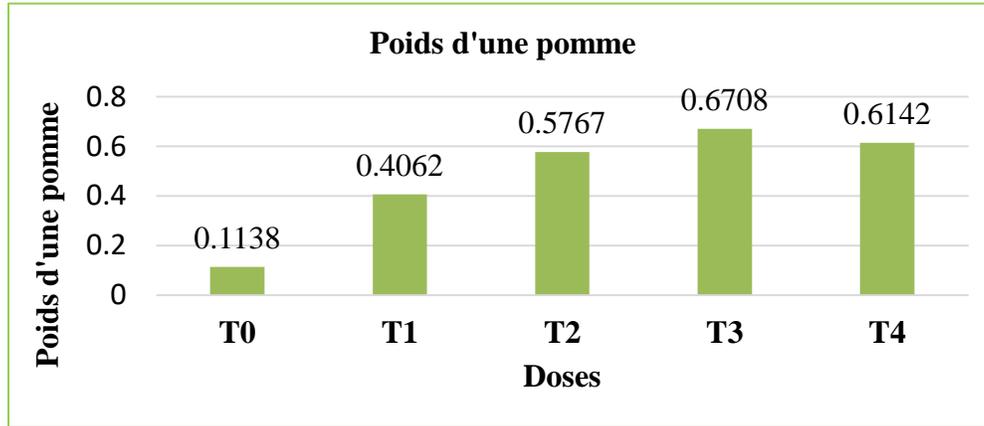
Mais avec les traitements T2 (214 kg N/ha), T3 (314kg N/ha), T4 (414kg N/ha), les effets sur le diamètre des pommes sont identiques (p.adj.>0.05) et sont les plus élevés.

En ce qui concerne les effets de blocs, les résultats de test d'analyses des variances ont montré que la valeur de p-value (0.4297) est supérieure à notre valeur de significativité (0.05), ce qui nous a permis d'accepter l'hypothèse d'égalité des effets des blocs sur le diamètre du chou(H<sub>0</sub>). Nous concluons donc, que le choix du DBCA ne valait pas la peine.

#### **4.1.5- Effet des différents traitements sur le poids du chou**

Les données sur le poids d'une pomme ont été collectées à la récolte, elles varient entre 0.05 kg à 0.97 kg, soit un poids moyen de 0.47 kg avec une dispersion de 0,234 kg par rapport à la moyenne et un coefficient de variation de 0,49 kg. 50 % des pommes ont un poids compris entre 0.3225 et 0.65 kg (étendu interquartile). Les parcelles qui ont reçu la dose T3 (314kg N/ha) donnent le poids le plus élevé, soit un poids moyen de 0.6708 kg avec une dispersion de 0,159

par rapport à la moyenne (avec un CV=0,23). La dose T0 est celle ayant le poids moyen le plus faible, soit une moyenne de 0.1138 kg avec une dispersion de 0,043 kg par rapport à la moyenne (CV=0,35). La figure ci-dessous présente le poids moyen des pommes à la récolte.



**Figure 10: Poids moyen d'une pomme à la récolte.**

Les résultats du test d'analyse des variances ont montré une différence significative entre les effets des différentes doses sur le poids moyen des pommes de chou ( $p=2.2^{-16} < 0.05$ ), pour déceler les différences entre les doses, un test de **Kruskal Wallis** a eu lieu. Les résultats sont présentés dans tableau ci-dessous.

**Tableau 11: Résultats du test de Kruskal Wallis pour le poids d'une pomme à la récolte.**

	T0	T1	T2	T3
T1	3.6e-8	-	-	-
T2	2.5e-8	0.00051	-	-
T3	2.5e-8	2.0e-05	0.46959	-
T4	2.4e-8	4.3 <sup>e</sup> -05	1	1

*Nb : Les doses avec une valeur de p.adj supérieure à 0.05 ne sont pas significativement différentes entre elles, celles avec une valeur de p.adj inférieure à 0.05 sont significativement différentes entre elles.*

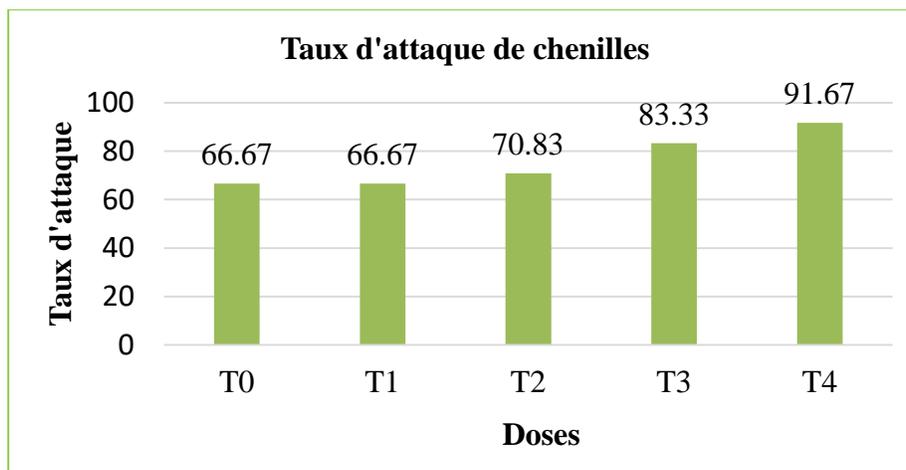
Dans le cadre de ce travail, on peut remarquer que sans fertilisation(T0), le poids du chou est très différent qu'avec fertilisation. La dose T1 (164 kg Nha<sup>-1</sup>) est aussi différente par rapport autres doses ce sont les doses ayant moins d'impact sur la poids d'une pomme de chou. Ces conclusions sont déduites car les valeurs de p.adj sont inférieures à 0.05. Mais avec les

traitements T2 (214 kg Nha<sup>-1</sup>), T3 (314kg Nha<sup>-1</sup>), T4 (414kg Nha<sup>-1</sup>), les effets sur le poids des pommes sont identiques (p.adj.>0.05) et ce sont les doses donnant le poids le plus élevés.

En ce qui concerne les blocs, les résultats de test d'analyses des variances ont montré que la valeur de p-value (0.3849) est supérieure à la valeur de significativité (0.05), ce qui a permis d'accepter l'hypothèse d'égalité des effets des blocs sur le poids du chou(H<sub>0</sub>). Donc, le choix du dispositif en bloc complètement aléatoire ne valait pas la peine.

#### 4.1.6-Taux d'attaque des chenilles

Le taux d'attaques des plantes varient entre 50 % et 100 % avec un taux moyen de 75.83 et une dispersion de 14,53% par rapport à la moyenne (avec un CV=0,19). 50 % des plantes ont un taux d'attaques compris entre 62.5 et 87.5% (étendu interquartile). Les attaques ont été plus élevées dans les parcelles qui ont reçu la dose T4 (414kg Nha<sup>-1</sup>), soit un taux d'attaques moyen de 91.67% avec une dispersion de 7,21% par rapport à la moyenne (et un CV=0,07). Les parcelles sans fertilisations et celles ayant reçu la dose T1 (164 kg Nha<sup>-1</sup>) ont le taux d'attaques le plus faible, soit une moyenne de 66.67 % avec une dispersion de 19,09% par rapport à la moyenne (et un CV=0,28). La figure ci-dessous présente le taux d'attaques du chou par le chenilles de lepidoptères.



**Figure 11: Taux d'attaques du chou par les chenilles de lépidoptères.**

Il revient important de faire remarquer que, selon cette graphe, plus les doses azotées augmentent plus les attaques des lépidoptères augmentent, cela correspond aux expériences en champ faites en Floride, où Jansson *et al.* (1991) ont démontré que lorsqu'on augmente les niveaux de

fertilisation azotée, on accroît du même coup les problèmes de lépidoptères dans les cultures de choux.

La valeur de p-value (0.1029) issu du test d'analyse des variances est supérieure à 0.05 qui est la valeur de significativité. On a donc rejeté l'hypothèse de l'inégalité des traitements vis à vis les attaques des chenilles. L'hypothèse nulle a été acceptée. On conclut qu'il n'y a pas de différence significative entre les attaques des lépidoptères sur le chou dans le cadre de ce travail.

Concernant les blocs, les résultats du test d'analyse de variances ont donné une valeur de p-value (0.2677) qui est supérieure à notre valeur de significativité (0.05), ce qui a permis d'accepter l'hypothèse d'égalité des effets des blocs sur les attaques des lépidoptères sur chou ( $H_0$ ). On conclut que le choix du DBCA ne valait pas la peine.

#### 4.1.7-Effets des traitements sur le rendement à l'hectare

Le rendement moyen à l'hectare varie entre 2.83 et 27.07 tonne avec un rendement moyen de 17.57  $\text{tha}^{-1}$  avec une dispersion de 8  $\text{tha}^{-1}$  par rapport à la moyenne et un coefficient de variation de 0,45. 50 % du rendement se trouvent de 20.80 à 23.13  $\text{tha}^{-1}$ . Le rendement moyen le plus élevé a été obtenu dans les parcelles qui ont reçu la dose T3 (314kg N/ha), soit un rendement moyen de 24,86  $\text{tha}^{-1}$  avec une dispersion de 2,29  $\text{tha}^{-1}$  et un coefficient de variation de 0,09. Les parcelles non-fertilisées sont celles donnant un plus faible rendement à l'hectare, soit 3.887  $\text{tha}^{-1}$  avec une variation de 0,929  $\text{tha}^{-1}$  et un CV de 0,24. La figure ci-dessous présente le

rendement du chou pommé en à l'hectare.

moyen

tonne

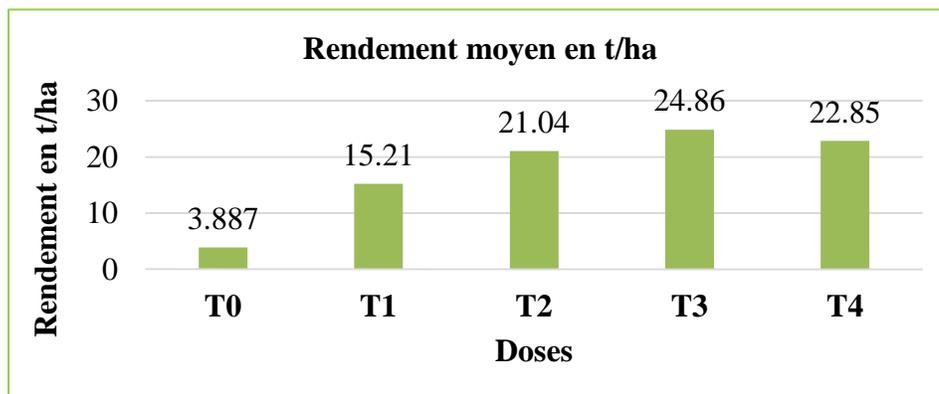


Figure 12: Rendement du chou en tonne à l'hectare

Selon les résultats du test d'analyse des variances on a observé un p-value qui est égale à  $1,21^{-06}$ , la quelle valeur est inférieure à la valeur de significativité (0,05). Cela a permis de rejeter l'hypothèse d'égalité des effets des traitements(H0) sur le rendement parcellaire. L'hypothèse alternative(H1) stipulant l'existence d'une différence significative entre les effets des différents traitements sur le rendement du chou pommé, *Brassica oleracea var capitata* est admise. Un test de **Tuckey** a été conduit afin fin de détecter les différences entre traitements. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tableau 12 : Résultats du test de Tuckey des effets des doses sur le rendement parcellaire**

	<b>Diff.</b>	<b>p.adj</b>
<b>T1-T0</b>	11.32	0.0003508
<b>T2-T0</b>	17.15	0.0000093
<b>T3-T0</b>	20.973	0.0000014
<b>T4-T0</b>	18.963	0.0000037
<b>T2-T1</b>	5.83	0.0357888
<b>T3-T1</b>	9.65	0.0012580
<b>T4-T1</b>	7.64	0.0068587
<b>T3-T2</b>	3.81	0.2233922
<b>T4-T2</b>	1.80	0.8098119
<b>T4-T3</b>	-2.01	0.743545

*Nb : Les doses avec une valeur de p.adj supérieure à 0.05 ne sont pas significativement différentes entre elles, celles avec une valeur de p.adj inférieure à 0.05 sont significativement différentes entre elles.*

Selon le test de Tuckey, on peut voir que les parcelles non fertilisées donnent un rendement qui est différent par rapport aux autres aux parcelles fertilisées (les valeurs de p-adj sont inférieures à 0.05). Cette affirmation est aussi vraie pour la dose T1 (164 kg N/ha). Les effets des doses T2 (214 kg N/ha), T3 (314 kg N/ha) et T4 (414 kg N/ha) ne sont pas significativement différents entre eux, ces doses donnent un même rendement. Les valeurs de p-adj sont supérieures à 0.05.

Cette différence de T0 par rapport aux parcelles fertilisées s'explique par le fait que l'azote présent dans le sol n'est pas suffisant pour permettre au chou d'exprimer son potentiel, en plus

contrairement aux autres parcelles ces parcelles(T0) n'ont reçu aucun apport d'autres éléments tels que phosphore et potassium. Ce qui ne serait sans conséquences sur la performance du chou. Dans le tableau 13, sont présentées les statistiques descriptives de rendement ( $\text{tha}^{-1}$ )

**Tableau 13: Statistiques descriptives de rendement ( $\text{tha}^{-1}$ )**

	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Min</b>	2.830	13.13	19.17	22.50	21.25
<b>1st Quartile</b>	3.540	13.54	20.00	23.75	22.19
<b>Median</b>	4.250	13.96	20.83	25.00	23.13
<b>Mean</b>	3.887	15.21	21.04	24.86	22.85
<b>3rd Quartile</b>	4.415	16.25	21.98	26.04	23.65
<b>Max</b>	4.580	18.54	23.13	27.08	24.17

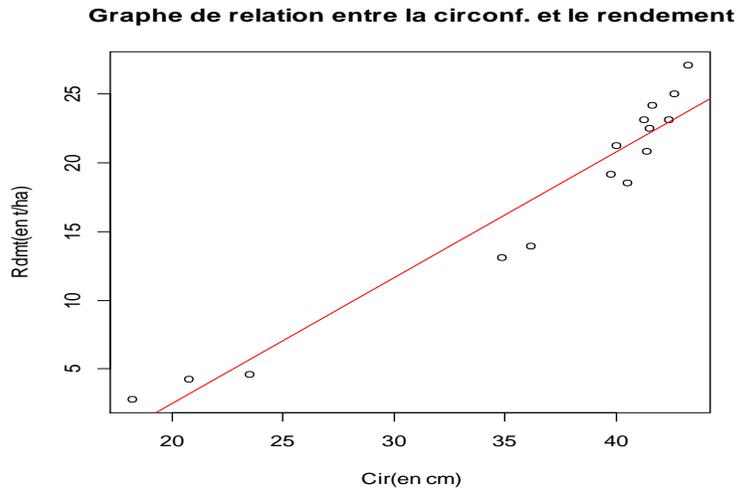
Les résultats de test d'analyses de variances sur l'effet des blocs sur le rendement ont donné un p-value (0.907) supérieure à la valeur de significativité (0.05), ce qui a permis d'accepter l'hypothèse d'égalité des effets des blocs sur le rendement du chou( $H_0$ ). Donc, le choix du DBCA ne valait pas la peine.

#### **4.1.8-Effet des variables sur le rendement parcellaire**

Dans cette partie on présente les relations qui existent entre les variables, tel que diamètre, circonférence, poids, nombre de feuille, hauteurs (variables dépendantes) et le rendement (indépendante). On va voir comment ces variables font varier le rendement. D'après le test de **Shapiro Wilk**, les données relatives au rendement n'ont pas suivi la loi normale de distribution (p-value=0,02337<0.05), il en est de même pour le autres variables sauf pour la hauteur. De ce fait pour vérifier l'existence ou pas de relation entre ces variables et le rendement, le test de *Spearman* a été utilisé.

##### **4.1.8.1-Correlation entre la circonférence sur le rendement**

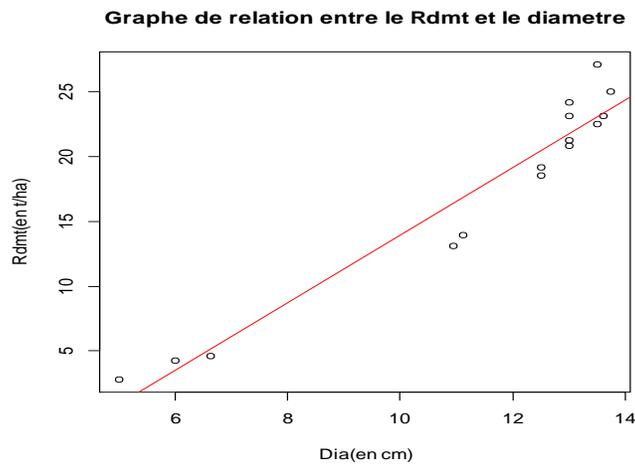
Il existe une forte corrélation( $R=0.95$ ) entre la circonférence et le rendement du chou. Le rendement est influencé à 93%( $r^2=0,93$ ) par la circonférence de la pomme du chou ( $Y=0,9148x-15,8407$ ). La figure 13 représente la régression linéaire entre la circonférence et le rendement du chou.



**Figure 13: Droite de régression linéaire entre la circonférence et le rendement du chou**

#### 4.1.8.2-Corrélation entre le diamètre sur le rendement du chou

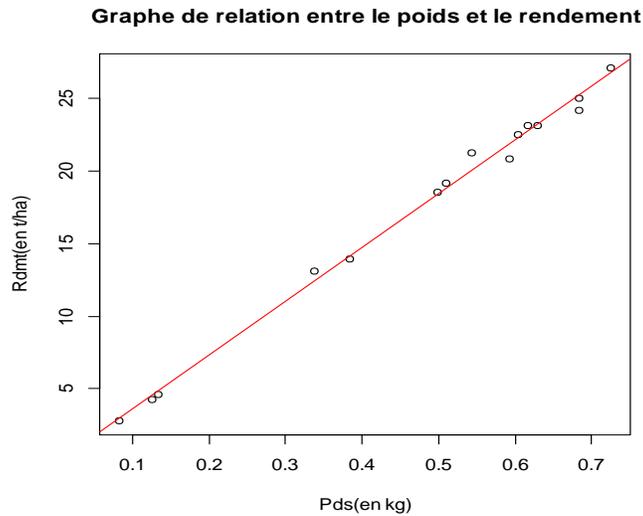
Il existe une forte corrélation ( $R=0.92$ ) entre diamètre et le rendement du chou. Le rendement est influencé à 92% ( $r^2=0,92$ ) par le diamètre de la pomme du chou ( $Y=2.596x-12.031$ ). La figure 14 représente la régression linéaire entre le diamètre d'une pomme et le rendement du chou.



**Figure 14: Droite de régression linéaire entre le diamètre et le rendement du chou**

#### 4.1.8.3-Corrélation entre le poids du chou et le rendement

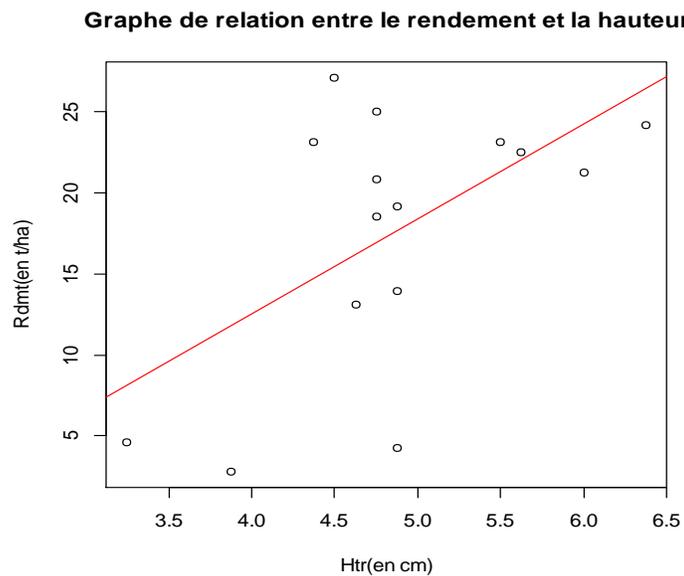
Il y a une forte corrélation ( $R=0.99$ ) entre le poids d'une pomme et le rendement du chou. Le rendement est influencé à 99% ( $r^2=0,994$ ) par le poids d'une tête de chou ( $Y=37.0951x-0.1095$ ). La figure 15 représente la régression linéaire entre le poids et le rendement du chou.



**Figure 15: Droite de régression linéaire entre le poids et le rendement du chou**

#### 4.1.8.4-Corrélation entre la hauteur du chou et le rendement

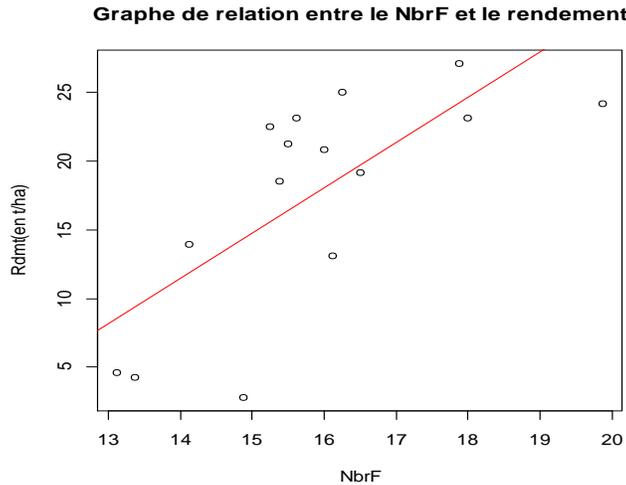
Il existe une corrélation ( $r=0,3042$ ) entre la hauteur et le rendement du chou. Le rendement est influencé à 32% ( $r^2=0.32$ ) par la hauteur d'une plante ( $y=5.851x-10.905$ ). La figure 16 représente la régression linéaire entre la hauteur et le rendement du chou.



**Figure 16: Droite de régression linéaire entre la hauteur et le rendement du chou**

#### 4.1.8.5-Corrélation entre le nombre de feuille et le rendement

Il existe une forte corrélation ( $R=0.7435$ ) entre le nombre de feuille du chou et le rendement. Le rendement est influencé à 52% ( $r^2=0,52$ ) par le nombre de feuille du chou ( $Y=3.286x-34.543$ ). La figure 17 représente la régression linéaire entre le nombre de feuille et le rendement du chou.



**Figure 17: Droite de régression linéaire entre le NbrF et le rendement du chou**

#### 4.2- Discussions

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail montrent que les différentes doses testées n'ont pas eu les mêmes effets sur les paramètres de croissance végétative et ceux du rendement étudiés. Les tests statistiques descriptifs réalisés montrent que la dose T3 (314 kg N/ha) a donné le rendement à l'hectare le plus élevé, soit 24,86 t ha<sup>-1</sup>, suivi par celui de T4 (414 kg N/ha) qui a donné 22,85 t ha<sup>-1</sup>. Lesquels rendements sont comparables à celui d'Hélène VEDIE qui a trouvé un rendement de 14 t ha<sup>-1</sup> avec une modalité de 150 kg N/ha. Par contre, Sunday et Kolawole (2019) ont obtenu un rendement du chou pommé plus élevé, soit 63,8 tha<sup>-1</sup>. En Bangladesh, M.D. Sarkar et al (2014) ont trouvé un rendement en chou nettement supérieur, soit 86,93 tha<sup>-1</sup> avec une dose de 250 kg N/ha, ces différences peuvent être dues aux pratiques culturales et aux autres facteurs parasites comme la distance de plantation par exemple.

Toutefois, aucune différence significative n'a été observé entre les effets ces trois doses en ce qui concerne leurs effets sur les paramètres du rendement étudiés : (T2 (214kg N/ha), T3 (314 kg

N/ha), T4 (414 kg N/ha) selon les tests de *Tukey et de Kruskal Wallis*. Le rendement le plus faible a été obtenu dans les parcelles non fertilisées(T0).

Les doses les plus performantes dans cette étude à savoir T4 (414 kg N/ha), T3 (314 kg N/ha) et T2 (214 kg N/ha) sont comparables à ceux du travail de Sanchez et al (1994) où ils ont trouvé un rendement maximal avec des doses comprises entre 230 et 458 kg N/ha aux États-Unis. Par contre, Mathieu, (2010) a déterminé un intervalle de fertilisation azotée dans les sols minéraux de Québec. Il se situe entre 190 et 240 kg/ha. Donc, les recommandations azotées sont très variées avec les conditions agro climatiques.

En ce qui concerne l'effet des doses sur les paramètres de croissance végétative, T4 (414 kg N/ha) a donné des plantes avec une plus grande hauteur et un nombre de feuille plus élevé. En effet l'azote dans ces parcelles a favorisé une forte croissance végétative. Par contre T3 (314 kg N/ha) a donné le diamètre, la circonférence et le poids les plus élevés.

Le diamètre d'une pomme de chou est un paramètre vital qui influence la taille de la pomme du chou et donc le rendement à l'hectare. Dans cette étude, il a influencé le rendement à 92 %. Le diamètre moyen le plus élevé obtenu est de 13,58 cm, sous l'effet de la dose T3 (314 Kg N/ha) qui a fourni plus de nutriments à la plante lui permettant d'exprimer ce potentiel. Ce diamètre est comparable celui obtenu en Inde par Nair et al, soit 13,3 cm sous l'effet d'une dose de 150 kg N/ha. Par contre, dans un travail réalisé en Bangladesh, Sarkar et al ont obtenu au diamètre nettement supérieur soit 20,90 cm avec une modalité de 250 kg Nha<sup>-1</sup>. Une meilleure pratique culturale peut être à la base de ce résultat.

Le poids moyen d'une pomme est un paramètre très important dans l'obtention du rendement, il l'a influencé à 99%, le poids moyen le plus élevé a été obtenu avec la dose T3 (314 kg N/ha), il est de 0,67 kg. Ce poids est comparable à celui trouvé par A.K. Nair et al où le poids moyen maximum obtenu est de 0,454 kg. Cette dose fournit assez d'élément aux plantes par comparaison au travail d'A. K. Nair et al. Par contre, le poids moyen figuré dans la fiche technique de la variété KK-cross est de 1,6 kg. Ces différences peuvent être par une différence agro climatique de la zone. En effet, la fertilisation azotée n'est pas le seul facteur déterminant le poids de la pomme du chou, dans le cadre de ce travail, la disponibilité des autres éléments chimiques tels que K et P, en quantité suffisante n'ont pas été pris en compte, et sont déterminants pour le rendement du chou.

Le rendement à l'hectare obtenu avec le traitement T4 (414 kg N/ha) est plus faible que T3 (314 kg N/ha). On a remarqué qu'il existe une forte corrélation positive entre le poids d'une tête de chou et le rendement parcellaire (93%). Cela sous-entend que le rendement dépend du poids d'une tête à 93%. Nous avons remarqué que le poids moyen d'une tête de chou pour T4 (0,61 kg) est inférieur celui de T3 (0,67 kg). Cela peut être dû aux attaques de lépidoptères qui ont été plus élevées (91,67%) dans ces parcelles qui ont reçu la dose d'azote la plus élevée. Ce faible poids des têtes du chou va à son tour influencer et affaiblir le rendement parcellaire pour T4.

Les attaques par des chenilles de lépidoptères ont été plus élevées sur le traitement T4 soit une moyenne de 91,67%, suivi par T3 (83,33%). Nous pouvons conclure que selon notre travail, plus l'on augmente la fertilisation azotée plus les attaques par les lépidoptères augmentent. Ce dernier correspond au travail de Jansson *et al.* (1991), où des expériences en champ faites en Floride, ont démontré que lorsqu'on augmente les niveaux de fertilisation azotée, on accroît du même coup les problèmes de lépidoptères dans les cultures de choux.

On a pu remarquer que tous les variables étudiés ont influencé le rendement, le poids influence le rendement à 99 %, le diamètre à 92 %, la circonférence à 93 %, le nombre feuille à 52 %, la hauteur à 32 %. Mais parmi tous ces variables le rendement est moins influencé par la hauteur (32%). Ce dernier s'explique par le fait que la hauteur n'est pas très importante pour obtenir un rendement élevé.

## CHAPITRE V : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail a été mené sur l'effet de quatre doses de fertilisants azotés (164 kg/ha, 214 kg/ha, 314 kg/ha, 414 kg/ha) sur le rendement de la culture du chou pommé (*Brassica oleracea var. capitata*) dans la localité de Bassin Bœuf, commune de Hinche. Dans le cadre de ce travail la question de recherche formulée était la suivante « Parmi les quatre doses testées, quelle est celle qui permet d'obtenir le meilleur rendement en chou? » Les moyennes des performances des paramètres végétatifs et de rendement obtenus sous l'effet de ces doses ont été comparées. Il en ressort des résultats que les performances n'ont pas été le même sous l'effet des différentes doses testées, selon l'ANOVA. Ce qui vérifie notre hypothèse de départ attestant qu'au moins l'une des doses testées permettrait d'obtenir un meilleur rendement.

Selon les tests statistiques descriptifs utilisés, la performance la plus élevée en termes de rendement a été obtenu avec la dose T3 (314 kg N/ha), soit un rendement moyen de 24,86 tha<sup>-1</sup>. Le rendement le plus faible a été obtenu avec la dose T0 (164 kg N/ha), soit un rendement de 3.887 tha<sup>-1</sup>. Toutefois, selon les tests de *Kruskal Wallis* et de *Tukey*, les traitements T2 (214kg N/ha), T3 (314 kg N/ha), T4 (414 kg N/ha) ne sont pas significativement différents en ce qui concerne leurs effets sur les paramètres du rendement étudiés. Ce sont les doses les plus performantes en termes d'impact sur les paramètres du rendement.

En regard du rendement du chou pommé obtenu dans d'autres essais, celui obtenu lors de la présente étude est faible mais acceptable par comparaison à celui obtenu dans les parcelles paysannes. En effet, le chou a besoin d'une pratique culturale et l'application des doses d'azote adéquates permettant au chou d'exprimer son potentiel. Dans les parcelles qui ont reçu la dose la plus élevée T4 (414 kg N/ha), les paramètres végétatifs et le taux d'attaques ont été les plus élevés. Par contre, T3 (314 kg N/ha) a donné une moyenne plus élevée pour tous les paramètres du rendement étudiés.

Cette étude serait utile aux chercheurs et aux agriculteurs pour prendre des décisions, même si le coût économique des engrais et les autres dépenses encourues lors des travaux sur le terrain n'ont pas été mis en évidence. Cependant, cette expérience n'est pas suffisante pour conclure que le chou est toujours plus performant sous l'effet de doses maintenues. Il est donc recommandé de :

- ❖ Reprendre l'expérience dans des environnements plus contrôlés, en tenant compte des toutes les sources d'azote afin de déterminer avec précisions le besoin du chou pommé ;
- ❖ Prendre en compte des autres éléments fertilisants tels que : K et P ;
- ❖ Reprendre l'essai dans la zone en tenant compte de la rentabilité économique de la culture

## Références bibliographiques

- AGATA, Kowalewska. (2018). Cabbage Family Vegetables Nutritional Value and Recipes-Feed the Future. 1p.
- A.K. NAIR et al. (2020). Performance of Cabbage (*Brassica oleracea l.var capitata*) in relation to Fertigation using Variable Rates and Sources of Fertilizers. Inde. 946p.
- AZAR, Mchel Sylvestre. (2018). RESEPAG II: Projet de Renforcement des Services Publics Agricoles. 24p.
- BALLIU, Astrit. (2014). Handbook of vegetables Vol. III- Cabbage-Agricultural University of Tirana. 4-107p.
- BELLANDE A. (2005). Les filières fruits, tubercules, légumes, plantes ornementales et fleurs coupées en Haïti. MARNDR/BID. 82p.
- BIO-ENLIGENE. (2019). Bio-enligne.com, [en ligne] <https://bio-enligne.com/> (consulté le 12 Juin 2023).
- BRUN, F. Collin et L. (2005). Produire des semences de Chou dans un itinéraire agrobiologique (2005, édition juillet ed.). Paris. 4p.
- CHARLLES-MARIE, Messiaen. (2012). Le potager tropical (4ème édition refondue. ed.). 674p.
- CNSA (2005). Bilan de la Sécurité Alimentaire. Haïti. 58P.
- DAANE, J. Mongbo R. & SHAMART. (1992). Méthodologie de la recherche socioéconomique en milieu rural africain.
- DOREUS, Gelin. (2012). Production et productivité du manguier en Haïti, étude de cas : Marigot, une petite région agricole du Sud-est. HAÏTI. 82p.
- DUBLIN. (2020). Research and markets, [en ligne], <https://www.researchandmarkets.com/> (consultée le 23 Juin 2023)
- E.F. COLLINGWOOD et al. (1984). Les principaux ennemis des cultures maraichères au Sénégal-République Sénégal. (2ème, Ed.) Sénégal. 42p.
- FAES. (2007). Plan de Développement Communal. Hinche. 20p.
- FAES. (2012). Plan Devolpman Seksyon Kominal Agwayedyond riv dwat, DDSK. Hinche. 31p.
- FAO. (1997). Développement des cultures maraichères en zones tropicales humides. Madagascar. 80p.
- FAO. (2005). Bilan de la sécurité alimentaire. Coordination Nationale de la sécurité Alimentaire. 56p.
- FAO. (2020). L'état de la Sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde. Rome. 17p.
- FAOSTAT, 2022. Données sur les légumes <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>

[Consulté le 21 juillet 2023].

- FEWS NET. (2014). Haiti insécurité alimentaire en bref.
- FIBL. (2019, Novembre 09). Regulations des ravagerurs en culture de chou pommés bio-Fiche technique (Edition Suisse ed.). 4p.
- GATECHEW et al (2022). Effects of spacing on yield on head characteristics of cabbage (*Brassica oleracea var capitata*) in two agro ecologies of Ethiopia. Ethiopia. 322p.
- GERMANIE, Molin et al. (2010). Zouti payizan, Platfòm Ayisyen kap Plede pou yon(PAPDA). Potoprens, HAITI.
- HUMEAU, L. (2013, Décembre). Test ammonium. 2p.
- IHSI. (2015). Institut Haitien de Statistique et d'Informatique.
- IICA. (2013). Filière des cultures maraicheres et opportunités pour un crédit sécurisé. Institut Interaméricain de Coopération pour l'Agriculture(IICA), HAITI.
- INNOCENT, Lucson. (2012). Etude- Diagnostic des systemes de culture quatre de production du Morne de Commissaire. MARNDR, Port-au-Prince. 38p.
- INRAN. (2014). Note technique pour la culture du chou. Niger: Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger. 4p.
- JEANNITON, Edgard Jean. (2017). Innovations agricoles-Cles, Rapport de Consultation. MARNDR, Haiti. 59p.
- KOHLER Frantz & PELLEGRIN Frédéric. (1992). Phathologie des vegeteaux cultive,Nouvelle-Caledonie . Polinesie francaise . Wallis et Futuna,. (ORSTOM, Ed.) Paris. 20p.
- MARKOV, A. Sergei (2012). Nitrogen cycle. Austin Peay State University. 348p
- MARNDR. (2009). Recensement General de l'Agriculture(RGA). Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelle et du Développement Rural. 10p.
- MARNDR. (2012). Synthese nationale des resultats de Recensement Generale de l'Agriculture. MARNDR. , Damien. 121P.
- MARNDR. (2013). Projet de Developpement de la petite irrigation (PPI-II). Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelle et du Développement Rural. 65p.
- MATHIEU, Lachapalle Jean. (2010). Réévaluation des besoins en azote, phosphore et potassium des cultures de brocoli, de chou et de chou-fleur en sols minéraux au. Québec. 6-20P.
- MDE. (2015). Programme aligné d'action national de lutte contre la désertification. Haiti. 104P.
- M.D. Sarkar et al (2014). Growth, yield and profitability of cabbage (*Brassica oleracea L.*) as influenced by applied nitrogen and plants spacing. Bangladesh. 44p.

- MOUTION, Rémy. (2012). Fumiers et composts d'quins. Provence Alpes. 3p.
- NIMPAGARITSE, Dévote. (2019). Guide des bonnes pratiques e production des fruits et legumes-World Vegetable Center. 39P.
- PACA. (2020). Fumier Cheval Paca, [en ligne], <https://www.filierechavalpaca.com/> (consulté le 21 septembre 2023).
- PEDNEAULT, André. (2012). La feuille de chou. Montréal.
- PEER, Schilperoord. (2002). Plantes Cultivees en Suisse- Le chou(*Brassica oleracea*). Suisse. 26P.
- ROGER, Kidima. (2014). Performance du chou pommé a base de bouse e porc et le chromalaena odorata a base de kikwit. 1-2P.
- SEEDS. (2018). Greenseeds, [en ligne], <https://greenseeds.net/> (consulté le 12 Juillet 2023).
- SERAIL. (2013). Chambre d'Agriculture Rhone Alpes-Agriculture biologique, culture biologique des choux. Chambre d'Agriculture Rhone-Alpes.1P.
- ST. PIERRE Jean Luc. (2022).*Contribution au maraichage périurbain par l'analyse de la production maraichère dans la commune de Kenscoff (Haïti) : Cas de la section communale de Grand Fond*. Thèse en Master de spécialisation de production intégrée et préservation de ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain. Gembloux Agro-Bio Tech. LIÈGE université. Haïti. 10p.
- SUNDAY et al (2013). Growth and yiel of cabbage(*Brassica oleracea L.*) as influenced by poultry manure and NPK application. Nigerien Journal of Agriculture , Food and Environment. Nigeria. 23p.
- TREMBLAY, Nicolas et al. (2001). Regie de l'azote cher les cultures maraichères-Guide pour une fertilisation raisonnée. Canada. 6-8p.
- UNIFA. (2011). Bien nourrir les plantes pour mieux nourrir les hommes- le cycle de l'azote.
- VEDIE. Hélène (2008). Fertilisation du chou frisé en AB: test de différentes doses d'azote et de types d'engrais. France. 3p.
- V. DEYTIEUX et al. (2011). Expérimentation de systèmes de culture innovants : avancées méthodologiques et mise en réseau opérationnelle.
- WEIER, Ulrike et al. (2001). Régie de l'azote chez les cultures maraichères- Guide pour une fertilisation azotée. Canada.8p.
- WEILL, Anne et al. (2009). Guide de gestion globale de la ferme maraichère biologique et diversifiée. 7p.
- YASSIN, Souhayla. (2021). Scrib, [en ligne], <https://www.fr.scrib.com/> (consultée le 12 septembre 2023).



## ANNEXE

### Annexe 1 : Base de données pluviométrique de la commune de Hinche

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
2006	23	38	160	290	231	130	110	216	118	62	22	17	1407
2007	40	70	100	120	200	160	170	180	200	150	70	45	1505
2008	40	70	100	120	200	160	170	180	200	150	70	40	1500
2009	13	19	46	137	290	209	191	170	207	179	56	15	1532
2010	17	23	38	136	292	231	176	189	222	197	62	23	1606
2011	30	40	50	100	200	150	180	190	191	150	60	35	1376
2012	43	18	45	120	150	110	190	200	78	184	63	49	1250
2013	27	37	61	105	194	145	182	183	191	154	67	34	1378
2014	9	13	20	24	130	45	90	70	27	100	30	12	570

Source : Saintil Nadia et al. (2018)

### Annexe 2: Résultats analyse sol

	Analyses effectuées	
#labo	N03-N(mg/l)	NH4-N(mg/l)
00185	639.14	237.37

Source : Campus Henry Christophe de Limonade

### Annexe 3: Statistiques descriptives

T0		NbrF	Htr	Cir	Dia	Pds	Prev	Rdmt
	<b>Min</b>	10.00	3	14.00	4.000	0.0500	50.00	2.830
	<b>1st Qu</b>	12.75	3	18.00	5.000	0.1000	56.25	3.540
	<b>Median</b>	14.00	4	20.50	6.000	0.1000	62.50	4.250

	<b>Mean</b>	13.79	4	20.83	5.875	0.1138	66.67	3.887
	<b>3rd</b>	15.00	4	24.00	6.250	0.1400	75.00	4.415
	<b>max</b>	18.00	6	30.00	9.000	0.2000	87.50	4.580
T1	<b>Min</b>	12.00	3.00	29.00	9.00	0.1800	62.50	13.13
	<b>1st Qu</b>	15.00	4.00	35.25	10.75	0.3225	62.50	13.54
	<b>Median</b>	15.00	4.00	37.00	11.00	0.3800	62.50	13.96
	<b>Mean</b>	15.21	4.75	37.19	11.52	0.4062	66.67	15.21
	<b>3rd</b>	16.00	6.00	39.25	12.62	0.5000	68.75	16.25
	<b>max</b>	18.00	7.00	45.00	14.00	0.7200	75.00	18.54
T2	<b>Min</b>	13.00	3.000	35.00	10.00	0.4000	62.50	19.17
	<b>1st Qu</b>	16.00	4.000	39.75	12.75	0.5000	68.75	20.00
	<b>Median</b>	17.00	5.000	41.00	13.00	0.5500	75.00	20.83
	<b>Mean</b>	16.83	5.042	41.17	13.04	0.5767	70.83	21.04
	<b>3rd</b>	18.00	6.000	42.00	13.25	0.6575	75.00	21.98
	<b>max</b>	20.00	7.000	48.00	16.00	0.8400	75.00	23.13
T3	<b>Min</b>	13.00	3.000	36.00	11.00	0.4400	75.00	22.50
	<b>1st Qu</b>	15.00	4.000	40.00	12.75	0.5000	75.00	23.75
	<b>Median</b>	17.00	5.000	43.00	13.50	0.6750	75.00	25.00
	<b>Mean</b>	16.46	4.958	42.46	13.58	0.6708	83.33	24.86
	<b>3rd</b>	18.00	5.250	45.00	15.00	0.7500	87.50	26.04
	<b>max</b>	19.00	7.000	48.00	16.00	0.9700	100.00	27.08

T4	<b>Min</b>	13	3.000	37.00	12	0.4000	87.50	21.25
	<b>1st Qu</b>	15	5.000	38.00	12	0.5000	87.50	22.19
	<b>Median</b>	17	5.500	41.00	13	0.6000	87.50	23.13
	<b>Mean</b>	17	5.583	40.96	13	0.6142	91.67	22.85
	<b>3rd</b>	18	7.000	43.25	14	0.7000	93.75	23.65
	<b>max</b>	23	8.000	45.00	15	0.8000	100.00	24.17

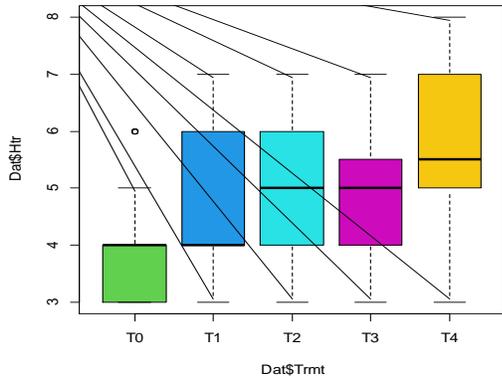
#### Annexe 4 : Base de données

```

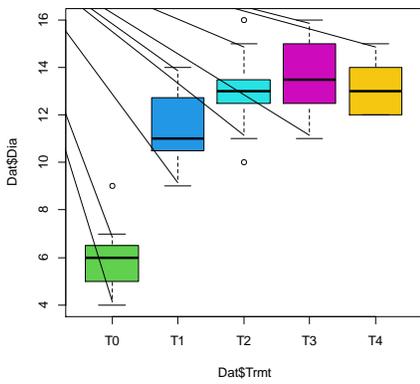
> Data<-read.csv(file.choose())
> Data
  Bloc Trmt  NbrF  Htr   Cir   Dia  Pds  Prev  Rdmt
1  b1  T0 14.875 3.875 18.250  5.000 0.083  87.5  2.83
2  b2  T0 13.125 3.250 23.500  6.625 0.134  50.0  4.58
3  b3  T0 13.375 4.875 20.750  6.000 0.125  62.5  4.25
4  b1  T1 14.125 4.875 36.188 11.125 0.384  62.5 13.96
5  b2  T1 15.375 4.750 40.500 12.500 0.498  62.5 18.54
6  b3  T1 16.125 4.625 34.875 10.938 0.338  75.0 13.13
7  b1  T2 16.500 4.875 39.750 12.500 0.509  75.0 19.17
8  b2  T2 16.000 4.750 41.375 13.000 0.593  62.5 20.83
9  b3  T2 18.000 5.500 42.375 13.625 0.629  75.0 23.13
10 b1  T3 16.250 4.750 42.625 13.750 0.684  75.0 25.00
11 b2  T3 17.875 4.500 43.250 13.500 0.725  75.0 27.08
12 b3  T3 15.250 5.625 41.500 13.500 0.604 100.0 22.50
13 b1  T4 15.500 6.000 40.000 11.625 0.543  87.5 21.25
14 b2  T4 15.625 4.375 41.250 13.000 0.616  87.5 23.13
15 b3  T4 19.875 6.375 41.625 13.000 0.684 100.0 24.17

```

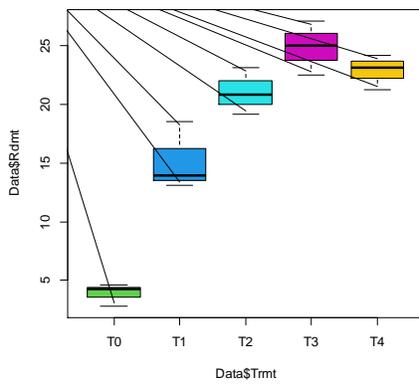
## Annexe 5 : Boite à moustaches



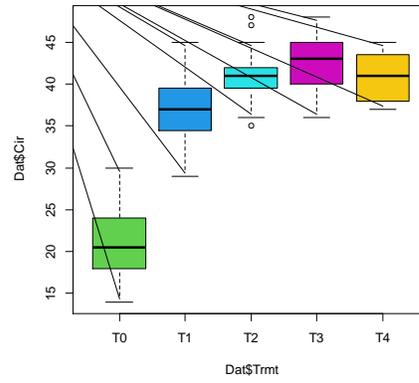
Boite à moustaches 4: Hauteur des tiges



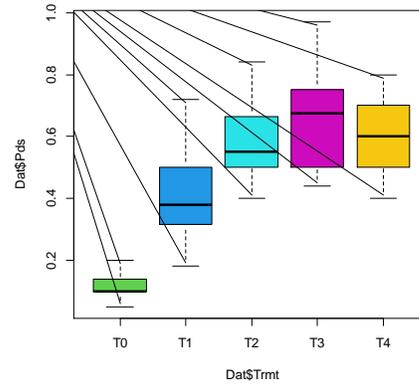
Boite à moustaches 3: Diamètre d'une pomme



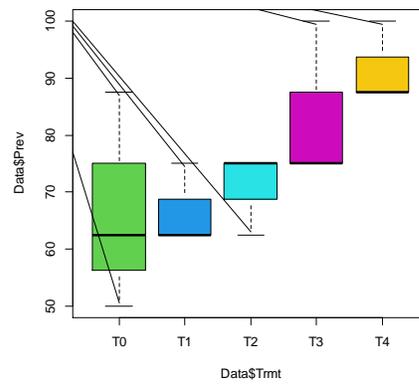
Boite à moustaches 6: Rendement (t/ha)



Boite à moustaches 1: circonférence d'une pomme



Boite à moustaches 2: Poids d'une pomme



Boite à moustaches 5: taux d'attaques

## Annexe 6 : Photographie



Photo 4: Irrigation



Photo 3: Apport urée



Photo 2: Mesure de la hauteur



Photo 1 le chou en croissance



Photo 5: Pèse du rendement parcellaire



Photo 7: Prise de poids du fumier d'équins



Photo 8: Récolte



Photo 6: Prise de poids d'une tête de chou



Photo 9: Mesure de la circonférence



Photo 10: Mesure de diamètre