

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO
ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE
UNIVERSITE SAINTE-CROIX DE MULO
B.P.22 LUBERO/NORD-KIVU



FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Evaluation de quatre modes de désherbage (sarclage, mulch pailleux, Film plastique et herbicides Glyphosate, 2, 4-D) contre les mauvaises herbes de maïs à Mulo

Par : MUHINDO MAKASI Delphin

Mémoire présenté et défendu en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur Agronome
Département de Phytotechnie

Directeur : Dr, Ir LUKWAMIRWE KASIKA Eric
Professeur associé

ANNEE ACADEMIQUE 2023-2024

EPIGRAPHE

« Qu'est ce donc qu'une mauvaise herbe, sinon une plante dont on n'a pas encore découvert les vertus ? »

Ralph waldo Emerson

Dédicace

Ames oncles, tantes et toutes leurs familles

A mes frères sans distinction d'âge

A la grande famille MAKASI

A mes très chers parents

A l'amitié sans prix aux traits invincibles

MBY ELISEE Nlemvo et aussi à Christel

A tous mes conseillers, amis, indéfectibles

Aux cousins Jackson, Elvine, charmante et Joël

A tous les MAKASI, KASOGHO et à tante Donatienne

Delphin MAKASI

Remerciements

D’emblée, je rends grâce à Dieu le Tout-Puissant, miséricordieux et clément, pour m’avoir donné santé, patience, volonté et courage. Ce travail a connu le concours de plusieurs personnes à qui, nous avons le devoir de présenter notre gratitude.

De prime abord, nous sommes très reconnaissants envers le Professeur LUKWAMIRWE KASIKA Éric qui, par ses belles prestations et ses grandes pensées a suscité en nous, l’idée et le choix de ce sujet. Lui, malgré ses multiples occupations, a accepté de diriger ce travail et nous a initié à la recherche avec patience et gentillesse. Pour son aide matérielle, morale et pour sa compétence professionnelle qui constitue un exemple de rigueur et de droiture dans l’exercice de la profession. Veuillez trouver, professeur, dans ce modeste travail l’expression de notre haute considération, de notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

« La valeur d’un homme tient dans sa capacité à donner et non dans sa capacité de recevoir. » Albert EINSTEIN

A notre maman KAVUGHO MARIE THANENEHA. Merci Maman pour tous les bienfaits à notre égard. **A notre Papa ANEZA NTAKANDRA.** Que ce modeste travail vous soit le témoignage de notre profonde affection et reconnaissance. Que Dieu le Miséricordieux vous accorde santé, bonheur, satisfaction d’esprit et qu’il vous protège de tout mal.

A notre grand-mère PILIPILI Suzanne pour tout ce qu’elle a été pour nous durant ce temps d’études. Sans vous, Grand-mère, je n’aurais jamais atteint ce niveau. Merci infiniment. A Mon Oncle KIZITO Albertus pour son soutien en tout point de vue à mon égard.

A l’Ordre de la Sainte-Croix pour nous avoir permis d’étudier dans des conditions sans pareil, nous permettant de réaliser, petit à petit, nos rêves. Nous n’oublions pas que trop de rêves meurent par manque d’espoir.

A tous nos enseignants qui ont remué ciel et terre pour nous permettre de devenir qui nous sommes aujourd’hui. Veuillez trouver ici l’expression de notre respectueuse considération et profond respect.

A tous nos camarades aspirants Ir Agronomes pour avoir supporté nos caprices pendant cinq ans nous 'ayant permis de découvrir qui sommes nous réellement; singulièrement, nos remerciements s'adressent à MBASUVYAKI, DEU, KATALIKO fiston, ESPERANCE M, providence MARASI, BORA, KALEYIRE, Aubin, Joséphine VUTOKI, José MBY. Que tous ceux qui, les noms n'ont pas été cités ici trouvent le sentiment de notre reconnaissance. A Ceux qui m'ont soutenu sur le champ de bataille. A ce stade très blanc à la note chrétienne A tous ces gentils gens, je dis merci, pour l'éclaircie que vous apportez dans ma vie.

MUHINDO MAKASI Delphin

RESUME

Mots-clés : *mauvaises herbes, adventice, film plastique, mulch, herbicides 2,4D ; Glyphosate*

Dans l'objectif, d'évaluer quatre modes de désherbage (sarclage mécanique, mulch pailleux, Film plastique et désherbage aux herbicides Glyphosate, 2- 4D) contre les mauvaises herbes de maïs, une recherche a été menée dans le Quartier Mulo de la Commune rurale de Lubero, Province du Nord-Kivu en République Démocratique du Congo.

Pour atteindre cet objectif, une méthode expérimentale en blocs randomisés, subdivisés chacun en quatre parcelles portant chacune un des traitements susmentionnés a été appliquée. Les paramètres de croissance et de rendement ont été successivement mesurés et analysés.

A l'issue de cette démarche scientifique, les résultats suivants ont été obtenus : les différents modes de gestion de mauvaises herbes dans les champs de maïs ont influencé différemment, contrôlé l'enherbement sur les parcelles semées de maïs à Mulo. La méthode de désherbage au film en polyéthylène de couleur noire opaque a donné des bons résultats par rapport aux autres méthodes de contrôle d'adventices, avec un rendement de 2,8 t/h. Le mulch-pailleux est arrivé en deuxième position, avec un rendement moyen de 1,5t /h, suivi du désherbage aux herbicides 2,4D et Glyphosate (1,9t/h) et enfin le désherbage mécanique manuel à la houe avec un rendement de 1,6t/h.

L'évaluation de ces différents modes de désherbages, nous a permis ainsi, de nous apercevoir de l'importance du contrôle des adventices du maïs par une méthode rentable et respectueuse de l'environnement, et moins polluante. Ces résultats permettront aux différents acteurs impliqués de répondre efficacement aux trois piliers de la sécurité alimentaire prônés par le Sommet Mondial sur l'alimentation : la disponibilité des aliments, leur accessibilité et leur utilisation. Nombreuses études du domaine devraient succéder dans la zone en vue d'étudier l'efficacité de ces différentes méthodes de désherbage.

Summary

Keywords: weeds, invasive plants, plastic film, mulch, herbicides 2,4D, Glyphosate

To evaluate four weed control methods (mechanical weeding, straw mulch, plastic film, and herbicides Glyphosate, 2-4D) against maize weeds, research was conducted in the Mulo Quarter of the rural commune of Lubero, North Kivu Province, in the Democratic Republic of Congo. To achieve this objective, a randomized block experimental method was applied, with each block subdivided into four plots, each receiving one of the aforementioned treatments. Growth parameters and yield were successively measured and analysed.

The following results were obtained: different weed management methods in maize fields had varying effects on weed control in the maize-sown plots in Mulo. The method using black opaque polyethylene film yielded the best results compared to other weed control methods, with a yield of 2.8 t/ha. Straw mulch came in second, with an average yield of 1.5 t/ha, followed by herbicide treatments 2,4D and Glyphosate (1.9 t/ha), and finally, manual mechanical weeding with a hoe, yielding 1.6 t/ha.

The evaluation of these different weeding methods has thus demonstrated the importance of controlling maize weeds through a cost-effective, environmentally friendly, and less polluting method. These results will enable the various stakeholders involved to effectively address the three pillars of food security advocated by the World Food Summit: food availability, accessibility, and utilisation. Numerous studies should follow in the area to further investigate the efficiency of these different weeding methods.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Types de nuisibilité des mauvaises herbes dans les cultures (d'après Chiarappa, 1981 in Caussanele 1989)	15
Figure 2 Dispositif expérimental	36
Figure 3: Effets des traitements sur le taux moyen de levée	39
Figure 4: Effets des traitements sur la hauteur moyenne de la plante	40
Figure 5: Effets des traitements sur la hauteur moyenne à l'insertion de l'épi	41
Figure 6: Effets des traitements sur le diamètre moyen au collet	42
Figure 7: Effets des traitements sur le nombre moyen de nœuds par plante	43
Figure 8: Effets des traitements sur le nombre moyen de feuilles par plante	44
Figure 9: Effets des traitements sur le nombre moyen d'épis par plante	45
Figure 10: Effets des traitements sur le rendement moyen en épis	46
Figure 11: Effets des traitements sur le rendement moyen en grains	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Analyse de la variance des données du taux de levée _____	38
Tableau 2: Analyse de la variance des données de la hauteur de la plante _____	39
Tableau 3: Analyse de la variance des données de la hauteur à l'insertion de l'épi _____	40
Tableau 4: Analyse de la variance des données du diamètre au collet _____	41
Tableau 5: Analyse de la variance des données du nombre de nœuds par plante _____	42
Tableau 6: Analyse de la variance des données du nombre de feuilles par plante _____	43
Tableau 7: Analyse de la variance des données du nombre d'épis par plante _____	44
Tableau 8: Analyse de la variance des données du rendement en épis _____	45
Tableau 9: Analyse de la variance des données du rendement en grains _____	46

TABLE DES MATIERES

EPIGRAPHE	i
Dédicace	ii
Remerciements	iii
RESUME	v
Summary	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
TABLE DES MATIERES	ix
0.1. Etat de la question	1
0.2 Introduction	2
0.3 Hypothèses	5
0.4 Objectifs	5
0.5 But et intérêt du sujet	6
0.6 Intérêts	6
0.7 Délimitation du sujet	6
0.8 Subdivision du travail	6
Chapitre 1. Généralités sur les mauvaises herbes et sur la culture du Maïs	7
1.1 Introduction à la malherbologie	7
1.1.1 Définitions mauvaises herbe/adventices	7
1.1.2 Facteurs de développements et distribution de la flore adventice :	8
1.1.3 Les affects de l'environnement écologique sur les adventices :	8
1.1.4 Les effets de l'environnement agronomique sur les adventices :	9
1.1.5 Biologie des mauvaises herbes et mode de reproduction :	10
1.1.6 Phase conceptuelles de l'invasion d'une mauvaise herbe :	12
1.1.7. Nuisibilité et seuil de nuisibilité :	13
1.1.8. Moyen de lutte contre les adventices :	18
1.2. Revue de la littérature sur le maïs	26
1.2.1. Origine et dispersion du maïs	26
1.2.2. Systématique et description botanique du maïs	26
1.2.3. Aspects génétique et diversité chez le maïs	27
1.2.4. Exigences écologiques du maïs	28

1.2.5. Conduite de la culture du maïs	29
1.2.6. Contraintes biotiques et abiotique du maïs	30
DEUXIÈME PARTIE : RECHERCHES PERSONNELLES	31
Chapitre II: MILIEU, MATÉRIELSET MÉTHODES	31
2.1. Milieu d'étude	31
2.1.1 Situation géographique et description de l'entité	31
2.1.2. Délimitation de la commune rurale de Lubero	31
2.1.3. Climat, Relief, Hydrographie, Sol, Végétation	32
2.1.4. Vie socioéconomique	33
2.2 Matériels	33
2.3 Méthodes	35
2.3.1 Dispositif expérimental	35
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSION	38
3.1. Résultats liés aux caractères végétatifs des maïs	38
3.1.1.Taux de levée	38
3.1.2. Hauteur des plants	39
3.1.3.Hauteur à l'insertion de l'épi	40
3.1.4. Diamètre au collet	41
3.1.5. Nombre de nœuds par plante	42
3.1.7. Nombre de feuilles	43
3.1.7. Nombre d'épis par plante	44
3.1.8. Rendement en épis	45
3.1.9. Rendement en grains	46
3.2. Discussions	47
CONCLUSION	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52
Annexes	A

0.1. Etat de la question

L'on ne peut prétendre avoir une connaissance scientifique cohérente et logique sans faire une lecture rétroactive des travaux antérieurs afin de réaliser les synthèses des ceux qui sont proches de l'étude en cours. Certes, nous ne sommes pas le premier ou le dernier à aborder tant peu de manière globale, soit encore dans un cadre scientifique bien déterminé.

Les études de la détermination qualitative et quantitative des stocks des semences des mauvaises herbes dans le sol arable et les modes de désherbage des cultures, ces dernières ne sont pas inexplorées. Notre attention sélective a été focalisée sur les études antérieures des différents auteurs notamment :

Bétia ETIABI *et al* dans son article intitulé «*Inventaire des mauvaises herbes et des méthodes de lutte contre l'enherbement dans les exploitations de la zone cotonnière Est du Burkina Faso* » essayaient d'étudier le stock des semences des mauvaises herbes dans le sol par des inventaire floristique , Les espèces de mauvaises herbes nuisibles au cotonnier ont été répertoriées ainsi que les méthodes de lutte contre celles-ci. Les inventaires floristiques réalisés en 2018 et en 2019, ont permis de recenser 98 espèces de mauvaises herbes. Les dicotylédones sont prédominantes avec 80 et 91,67% des familles de mauvaises herbes recensées respectivement, dans le Koulpélogo et le Gourma. Les analyses des fréquences et des indices d'abondance-dominance ont permis d'identifier 12 espèces de mauvaises herbes nuisibles au cotonnier.

BARRALIS *et al.* (1996), à leur tour aussi avaient mené leurs recherches sur « la relation flore potentielle-flore réelle de sols agricoles de Côte-d'Or ». Pour ce, leur estimation du stock semencier était pendant la saison du semis d'automne et le dénombrement des levées au cours ce même cycle cultural. La valeur médiane du stock semencier viable était estimée à 2 864 semences par mètre carré, et le taux moyen de levée à 5,54 % du nombre de semences viables. Ce taux de levée variait en fonction des espèces de 0,9 % chez *Kickxiaspuria* à 32,8 % chez *Polygonum persicaria*. La dynamique des levées était fortement influencée par les conditions climatiques. Cette étude avait confirmé qu'il existe toujours une relation entre stock et levées, mais la densité des levées dans une culture ne représente qu'une faible proportion du nombre de semences enfouies dans la couche arable

KATAOMBA *et al.* (2019), avaient étudié les plantes adventices du peuplement à *Eucalyptus* sp en ville de Butembo, R.D. Congo dans les concessions DADA, des Pères

Assomptionnistes, des sœurs Orantes de l'Assomption, et dans la concession CAFÉKIT. Cette étude avait pour objectif d'identifier les adventices dans ce groupement et estimer leur indice d'Abondance- dominance. Leurs résultats avaient abouti à un inventaire de 72 espèces réparties en 63 genres inclus dans 37 familles dont les plus importantes sont des Asteraceae (12 espèces) suivis de Poaceae (5 espèces) puis viennent les Malvaceae et Rubiaceae (4 espèces chacune) ; Apiaceae, Lamiaceae et Scrophulariaceae (3 espèces chacune). La répartition de ces espèces était liée au recouvrement des cimes des arbres, aux activités humaines ainsi qu'à l'emplacement.

NDAVARO & KAMBALE (2020) sur les essais de l'évaluation de l'efficacité de quatre modes de désherbage sur le contrôle des adventices de la culture du maïs grain (Zeamays L. var ZM 625) dans les conditions agroécologiques de Beni en RDC. Les résultats avaient montré que le traitement avec film polyéthylène occupait la première place dans l'efficacité de désherbage, suivi du désherbage par paille de riz, puis le désherbage chimique sélectif mais étant limité car n'ayant pas un large spectre d'éradication des adventices, et enfin le désherbage manuel à la houe, le plus utilisé avait occupé la dernière position

Vue cette diversité quant aux adventices, nous avons levé l'option de poursuivre la recherche sur les mauvaises herbes et ainsi, contribuer à l'étude qualitative et quantitative stocks semenciers viables des adventices des champs dans le sol arable du milieu de MULO en R.D Congo pour orienter la recherche sur les méthodes de désherbage les plus efficaces pour la culture de maïs.

0.2 Introduction

Les mauvaises herbes sont pour l'agriculture de tous les pays un fléau dont il est malaisé de chiffrer l'importance. La lutte contre les mauvaises herbes, ou plutôt la gestion à long terme de l'enherbement d'une parcelle dans un contexte agro écologique donné, représente l'un des principaux enjeux permettant la durabilité des systèmes de production.

Les mauvaises herbes constituent l'une des principales contraintes biologiques (Oerke, 2006) qui affectent les productions agricoles mondiales et plus particulièrement celles des pays en voie de développement (Marnotte et Le Bourgeois, 2002). En effet, l'enherbement des exploitations agricoles est considéré par de nombreux auteurs comme étant à l'origine des principales causes des pertes de rendements au champ (Oerke, 2006 ; Touré *et al.*, 2008 ; Boudjedjou, 2010 ; Manalilet *al.*, 2017 ; Ahononet *al.*, 2018). Des baisses de

rendements de 13,8% à 90% dues aux dommages des mauvaises herbes sur les cultures, ont été rapportées par plusieurs auteurs (Oerke, 2006 ; Cardoso *et al.*, 2011 ; Manalilet *al.*, 2017 ; Ghardeet *al.*, 2018).

Par conséquent, Les mauvaises herbes causent depuis la nuit de temps des ennuis aux producteurs agricoles. De lourdes pertes de rendements et de qualité des récoltes résultent de la compétition des mauvaises herbes (Buhler, 2005). La compétition que mènent les mauvaises herbes aux cultures pour l'eau, la lumière, les éléments nutritifs et l'espace de développement, peut avoir un effet négatif direct sur le rendement. Ces pertes sont évaluées à 9,7 % de la production agricole mondiale et sont dans l'ordre de 10 à 56 % en Afrique (Cramer, 1967 in Traore *et al.* 2009). Selon FAO (2009), la perte de production suite aux mauvaises herbes est évaluée à plus de 95 millions de dollars américains par an dans lequel plus 70% proviennent dans les pays pauvres (Quee, 2016).

Il faut mentionner que l'entretien des parcelles repose toujours sur le sarclage manuel et que la main d'œuvre, devenue rare et chère, ne permet plus aux paysans d'assurer un bon désherbage de leurs champs. Or, les maïs sont très sensibles à la concurrence des mauvaises herbes. L'élaboration de techniques de lutte appropriées contre ces plantes, à l'usage des agriculteurs, s'avère donc indispensable. Comme l'affirment Barralis et Chadoeuf (1980), la connaissance de la composition de la flore adventice et de son évolution, sous l'effet des facteurs environnementaux ou phytotechniques, est un préalable indispensable à toute amélioration de ces techniques.

L'acquisition de ces connaissances nécessite d'aborder l'étude des mauvaises herbes en amont des études appliquées concernant la lutte proprement dite (Maillet, 1992). Pour combattre efficacement ces plantes, il convient donc de connaître le mieux possible leur biologie, leur écologie, leur physiologie, leur génétique, etc.

Le changement des pratiques culturales va induire des changements biotiques et abiotiques dans la parcelle cultivée et va alors entraîner une évolution de la composition des communautés de mauvaises herbes ainsi que des variations dans l'abondance des espèces (Mortimer, 1990; Tuesca&Puricelli, 2001).

Cependant les innovations et recherches scientifiques en agronomie cherchent des moyens et méthodes de lutte contre l'enherbement des mauvaises herbes, Pendant la période de culture, la présence d'un paillis à la surface du sol est supposée améliorer la conservation

de l'humidité du sol, réduire les pertes en matière organique et limiter les phénomènes d'érosion (Lal, 1975). Les paillis sont connus pour contrôler la croissance des mauvaises herbes, en créant une barrière physique à l'émergence des plantules, en empêchant la germination et l'émergence des mauvaises herbes photosensibles ou à cause des effets allélopathiques (Akobundu, 1987; Teasdale&Mohler, 2000).

L'application de nouveaux itinéraires techniques (remplacement du brûlis et du nettoyage à la houe par le développement d'une plante de couverture puis son dessèchement par les herbicides) et le semis du maïs sur un sol paillé vont modifier les besoins en main d'œuvre, ainsi que les périodes de désherbage. A terme de tels systèmes de culture sont supposés améliorer les calendriers culturels et limiter les temps de travaux consacrés au désherbage des parcelles.

Le maïs est en compétition avec une diversité de mauvaises herbes qui s'établissent rapidement, freinant ainsi son développement. De façon générale, les mauvaises herbes et adventices engendrent des pertes de rendement estimées à plus de 75% en culture de maïs. Le Striga à lui seul peut engendrer plus de 50% de perte de rendement. (SIKIROU Rachidatou 2018) Pour lutter contre les mauvaises herbes, le sarclage manuel et l'application des herbicides sont des méthodes couramment utilisées. Mais avec la rareté de la main d'œuvre occasionnelle au Bénin, l'application des herbicides se généralise pour le contrôle des mauvaises herbes. Ces herbicides sont souvent mal utilisés par manque d'information et de formation des techniciens et des producteurs.

En République Démocratique du Congo, les mauvaises herbes se sont progressivement multipliées pour couvrir des superficies de plus en plus importantes (surtout en céréaliculture). Les mauvaises herbes les plus couramment recensées sont les Poacées et les dicotylédones. Les agriculteurs et les scientifiques disposent bien peu d'information pour lutter contre les mauvaises herbes. Ces plantes adventices ont moins attiré l'attention que les insectes nuisibles parce qu'elles détruisent les cultures de façon moins spectaculaires. Il est signalé que la RDC ne dispose jusqu'à présent d'aucune liste officielle des mauvaises herbes, néanmoins des études ont été réalisées sur la biodiversité des espèces végétales sans faire allusion à l'action des espèces adventices qui pourtant réduisent de 12% le rendement des productions des cultures.

Par ailleurs, les différents modes de lutte contre les adventices sont méconnus dans le territoire de Lubero et pourtant un facteur de production pouvant facilement augmenter la quantité de rendement de différentes productions à Mulo et partout dans le territoire de Lubero vu que le contrôle des cultures est proportionnel au rendement. C'est dans cette optique que ce travail portant sur une étude des différentes méthodes de lutte contre les mauvaises herbes dans la zone de luberoMulo a été entrepris.

Eu égard à ce qui précède,

Nous nous sommes posé les questions suivantes:

- (1) Parmi les méthodes de désherbage reconnues, laquelle protège mieux le maïs contre la concurrence des mauvaises herbes dans les conditions agro- écologiques de Mulo ?
- (2) Laquelle entre les méthodes de désherbage ; sarclage mécanique, Mulch pailleux, usage du film plastique noir, protection par les herbicides 2,4-D, Glyphosate procure plus de rendement au maïs en milieu de Mulo ?

0.3 Hypothèses

La tentative de répondre au questionnement ci-dessus nous a conduit à formuler les hypothèses suivantes :

- (1) Parmi les méthodes de désherbage reconnues contre les mauvaises herbes, une contrôlerait mieux les adventices gênant la culture de maïs en milieu de Mulo.
- (2) Parmi les moyens de désherbage applicables à la culture de Maïs, le mulch pailleux, pour les avantages qu'il procure au sol, induirait un rendement plus élevé par rapport aux autres méthodes de contrôle des mauvaises herbes.

0.4 Objectifs

Dans la perspective de vérifier les hypothèses ci-haut présentées, nous nous sommes assigné les objectifs suivants :

- Déterminer parmi les méthodes de désherbages connues, celles qui protègent mieux le maïs contre l'enherbement des mauvaises dans les conditions agro-écologique de Mulo.

- Evaluer des différentes méthodes de désherbage du maïs et en sélectionner celles qui procurent plus de rendement à la culture du maïs.

0.5 But et intérêt du sujet

Ce travail a pour but de mettre au point une méthode de désherbage qui contrôle les mauvaises herbes à moindre coût et procurant plus de rendement au maïs, respectueux de l'environnement et de la santé du cultivateur et des consommateurs du maïs.

0.6 Intérêts

Du point de vue socio-économique, ce travail permettra aux différents acteurs de développement et de s'acquies des nouvelles méthodes de désherbage adaptées aux conditions agro-écologiques du milieu, susceptibles de booster la production du maïs. Ceci, permettra à ces derniers d'améliorer leur production et accroître ainsi leur revenu.

Du point de vue environnemental, ce travail permettra de mettre au point une méthode de désherbage du maïs respectueux de l'environnement qui minimise les risques de dégradation du sol et de pollution environnementale.

0.7 Délimitation du sujet

Ce travail est circonscrit dans le temps et dans l'espace. Dans l'espace, l'essai sera conduit dans le champ expérimental de l'Université Sainte Croix de Mulo situé dans le quartier Mulo en commune rurale de Lubero. Dans le temps, ce travail sera réalisé pendant six mois du mois de janvier à celui de juin 2024.

0.8 Subdivision du travail

Hormis l'introduction et la conclusion, ce travail est subdivisé à deux parties : la première partie est consacrée à la synthèse bibliographique portant sur quelques considérations générales sur la mauvaise herbe et les techniques de lutte contre les mauvaises. La deuxième partie réservée aux recherches personnelles traitant du milieu d'étude, matériels et méthodes ainsi que la présentation, interprétation et discussion des résultats.

Chapitre 1. Généralités sur les mauvaises herbes et sur la culture du Maïs

1.1 Introduction à la malherbologie

Les adventices, aussi appelées mauvaises herbes, sont des plantes présentes naturellement dans un milieu, qui se développent dans les champs cultivés ou les jardins. Les adventices sont adaptés aux mêmes sols et aux mêmes conditions climatiques que les plantes cultivées. Les pratiques qui favorisent les cultures favorisent aussi les mauvaises herbes (Anonyme1, 2006). Ce sont des plantes qui se propage naturellement (sans l'intervention de l'homme) dans des habitat naturel ou semi naturel (Brunel et al., 2005).

Les mauvaises herbes ont été appelés « plantes qui poussent dans le mauvais endroit ». De manière significative, ils sont les plantes qui sont en concurrence avec des plantes que nous voulons développer. Ils sont en concurrence pour l'eau, la lumière du soleil et des éléments nutritifs dans le sol. Dans certains cas, leurs semences contaminent les cultures de semences et réduisent sa valeur. Certaines mauvaises herbes ont la capacité de modifier la chimie du sol, mais subtil avec des effets néfastes sur les espèces de plantes et, par la suite, les animaux (Anonyme2, 2006)

1.1.1 Définitions mauvaises herbe/adventices

Le mot adventice vient du latin *adventicius* caractérisant quelque chose qui arrive de l'extérieur, du dehors pour d'introduire plus au moins soudainement dans un ensemble ou dans un lieu où sa présence n'est pas prévue . L'adjectif *adventicius* est à rapprocher du verbe *advenire* qui signifie arriver de quelque part. (Pousset, 2016). Toutes les espèces qui s'introduisent dans les cultures sont couramment dénommées adventices ou mauvaises herbes. Bien que généralement employés dans le même sens, ces deux termes ne sont pas absolument identiques : pour l'agronome, une adventice est une plante introduite spontanément ou involontairement par l'homme dans les biotopes cultivés .Bournerias, (1979) Cité par Melakhessou, (2007).

Selon Godinho (1984) et Soufi (1988), une mauvaise herbe est toute plante qui pousse là où sa présence est indésirable. Le terme de « mauvaise herbe » fait donc intervenir une notion de nuisance, et dans les milieux cultivés en particulier, toute espèce non

volontairement semée est une « adventice » qui devient « mauvaise herbe » au-delà d'une certaine densité, c'est à dire dès qu'elle entraîne un préjudice qui se concrétise, en particulier, par une baisse du rendement. (Barralis ,1984) Nos cultures, elles, proviennent pour la plupart de zones lointaines.

La pomme de terre, les citrouilles et le maïs nous arrivent d'Amérique, le blé du Proche Orient, le pommier d'Asie occidentale et centrale, etc. Ce sont, objectivement de véritables adventices ; Cependant des mauvaises herbes courantes chez nous sont des vraies adventices car elles sont arrivées avec les semences des cultures et n'appartiennent pas à la flore spontanée de notre région

1.1.2 Facteurs de développements et distribution de la flore adventice :

Selon Barrallis (1976) in Haouara (1997), la connaissance de l'écophysiologie des mauvaises herbes ou espèces adventices est indispensable et cela pour une meilleure utilisation des techniques de lutte. Le rôle des facteurs de l'environnement dans le développement des adventices a été montré par un certain nombre d'auteurs.

La présence d'une mauvaise herbe étant à la fois liée à un environnement écologique (sol, climat) et à un environnement agronomique (pratiques culturales), c'est à travers le changement de ces environnements que l'on peut tenter de quantifier les impacts des évolutions de l'agriculture (Fried et al.,2008)

1.1.3 Les affects de l'environnement écologique sur les adventices :

Le rôle des facteurs de l'environnement dans le développement des adventices a été montré par un certain nombre d'auteurs. Le bourgeois (1993) ,Fried et al., 2008 .Ils observent que certains facteurs sont responsable de la distribution et de l'abondance des espèces au sein des communautés de mauvaises herbes.

1.1.3.1 Le climat :

Au cours d'une même année, la flore varie en fonction du cycle de développement des espèces en relation avec les variations climatiques saisonnières. Dans les champs cultivés, ces variations sont également déterminées par la croissance de la culture et les pratiques culturales associées .Barralis et Chadoeuf, (1980) in Freid et al.,2008.

Selon Halimi (1980) le régime pluvial joue un rôle essentiel non seulement dans le rythme des phases de développement des plantes, germination bourgeonnement, feuillaison ...etc mais également sur l'abondance.

La température est certainement le facteur le plus important de germination parce qu'elle joue un rôle dans la vitesse des réactions biochimiques (Chaussat et al.,1975).

La classification de Montegut (1980) in Haouara (1997), qui se base sur le facteur thermique, semble être la plus indiquée : en ce sens que chaque espèce adventice exige une période optimale pour sa germination. Ce facteur est étudié avec la levée de dormance des espèces adventices.

1.1.3.2. Le sol :

Le sol intervient plus particulièrement par ses propriétés texturales et chimiques (Bremner et Stroosnijder 1982). La texture conditionne la disponibilité en eau pour la végétation et contribue à l'expression du climat du sol, parfois plus important pour les végétaux que le climat proprement dit. En effet en région sèche, l'eau est plus rapidement disponible dans les sols ferrugineux sableux à texture grossière que dans vertisole à texture très argileuse, surtout au début de saison des pluies.

En revanche la capacité de rétention en eau est beaucoup plus faible dans les sols à texture grossière, qui sont sujets à un dessèchement très rapide en fin de cycle ou lors d'un arrêt des précipitation .(Seghieri,1990) .

1.1.4 Les effets de l'environnement agronomique sur les adventices :

A ces facteurs naturels viennent s'ajouter les effets des pratiques culturales , notamment la préparation du sol (Bridgemohan et al.,1991; Le bourgeois et al.,1992) , Plusieurs auteurs ont montrés le rôle de l'agriculture sur les adventices (Rehali et al.,2011) , le bourgeois (1993) , Loudyi (2006).L'analyse statistique des parcelles suivies par le réseau Biovigilance Flore montre que les choix de l'agriculteur influent plus la composition et la diversité des flores que les conditions naturelles (sol, climat) (Fried et al.,2008)

En créant les conditions de sol, d'éclairement, etc. les meilleures pour son activité l'agriculteur « appelle » inévitablement les plantes spontanées appréciant ces mêmes conditions. Autrement dit : il favorise les mauvaises herbes contre lesquelles il va devoir lutter.(Pousset ,2003)

Selon Abdelkrim (1995) et Pousset (2003) la répétition plus fréquente des cultures aux mêmes endroits entraîna, année après année, la constitution d'un stock de graines d'adventices que les travaux culturaux enterrèrent en partie, les mettant en état de dormance secondaire ou « imposée ». Ces graines dormantes se réveillaient lorsque de nouveaux grattages du terrain les ramenaient vers la surface. Ainsi naquit cette notion de sol « sale » où le stock de graines d'adventices est important, provoquant des envahissements plus ou moins systématiques des cultures.

Le retournement du sol enfouit à des profondeurs variables les graines qui se trouvent en surface. Certains sont alors placés dans des conditions d'oxygénation ou d'éclairement momentanément au définitivement incompatibles avec leurs germination. Dans le même temps des semences plus anciennes sont remontées en surface et celles qui ont conservé leur viabilité trouvent les conditions favorable à leur germination (Montégut, 1975)

1.1.5 Biologie des mauvaises herbes et mode de reproduction :

D'après Halli et al. (1996), on peut classer les mauvaises herbes en trois grandes

Catégories selon leur mode de vie : annuelles, bisannuelles et vivaces.

1.1.5.1. Les espèces annuelles (thérophytes) :

(du grec theros : saison, phyton : plante) ce sont des plantes qui accomplissent leur cycle au cours d'une année. Elles se reproduisent par graines et effectuent un cycle complet de développement (de la germination à la production d'une nouvelle graine) en une saison (Reynier, 2000). Ce sont les plus importantes de point de vue numérique.

Les mauvaises herbes annuelles sont de deux types, les annuelles d'été et les annuelles d'hiver. Si l'on veut élaborer un programme efficace de lutte contre les mauvaises herbes, il importe de faire la distinction entre les deux types d'annuelles (McCully et al., 2004).

a) Les annuelles d'été :

Les plantes annuelles d'été germent au printemps et en été, produisent des organes végétatifs, des fleurs et des graines et meurent la même année. Les mauvaises herbes annuelles d'été ont en commun la propriété de pousser très rapidement et de produire

beaucoup de graines. Les nouvelles plantes qui poussent à l'automne sont habituellement détruites par le gel (McCully et al.,2004).

b) Les annuelles d'hiver :

Les plantes annuelles hivernantes germent de la fin août début novembre et passent l'hiver à l'état de rosettes. Le printemps suivant, elles poussent très rapidement, fleurissent, produisent des graines puis meurent à la fin de la saison (McCully et al.,2004).

1.1.5.2. Les espèces bisannuelles :

Ces espèces complètent leur cycle au cours de deux années. Les mauvaises herbes bisannuelles germent au printemps, développent leurs organes végétatifs durant la première année et passent l'hiver à l'état de rosette puis fleurissent, produisent des graines et meurent la deuxième année (McCully et al.,2004) .

Les bisannuelles sont : Hémicryptophyte (ou géophyte) la première année, puis thérophyte la seconde

1.1.5.3 Les vivaces (géophytes) :

Ces espèces vivent au moins 03 ans et peuvent vivre longtemps ou presque indéfiniment, ce type d'adventices se propage par ses organes végétatifs (bulbes, rhizomes, stolons...) mais peut aussi se multiplier par graines (Safir, 2007).

Certaines plantes vivaces poussent en solitaire et on les appelle les vivaces simples, qui se multiplient principalement par les graines, mais elles peuvent se reproduire par le mode végétatif lorsque les racines sont coupées et dispersées par un travail du sol. D'autres mauvaises herbes vivaces poussent en grandes colonies ou en plaques à partir de réseaux de racines ou de rhizomes souterrains. On les appelle les vivaces rampantes. Les vivaces rampantes, se reproduisent à la fois de façon végétative et à partir de graines (McCully et al.,2004).(figure 03).

1.1.6 Phase conceptuelles de l'invasion d'une mauvaise herbe :

Selon Williams (1997) in Labrada (2005) les différentes phases d'invasion des adventices sont (

a) Phase de migration :

L'espèce doit atteindre premièrement la limite de la zone. Une fois qu'elle y est arrivée, elle peut, ou peut ne pas, entrer, ce qui dépend de différents facteurs.

b) Phase d'échappement :

Une fois dans la zone elle peut ne s'échapper qu'occasionnellement, ou finalement devenir entièrement acclimatée.

4.3. Phase d'établissement :

Pendant cette phase, la plante peut se reproduire dans le nouvel environnement, et la population commence lentement à se développer.

C) Phase d'expansion :

Finalement, le nombre de sites occupés s'étend au-delà des sites initiaux. L'expansion est plus rapide là où il y a plusieurs sites initiaux. Les causes de cette expansion diffèrent selon les espèces et ne sont pas bien connues. Les facteurs sont divers, y compris les saisons de croissance particulièrement favorables, l'arrivée de nouveaux pollinisateurs ou d'agents de dispersion, l'espèce s'adaptant à son nouvel environnement par la formation de nouvelles dispersions, l'espèce s'adaptant à son nouvel environnement par la formation de nouveaux génotypes. Bien souvent c'est seulement à cette étape que la plante commence à être perçue comme un organisme nuisible.

C) Phase d'explosion :

C'est la période où l'aire occupée par l'organisme nuisible s'étend rapidement et souvent il commence à faire l'objet d'inquiétude officielle.

d) Phase de retranchement :

L'aire de l'organisme nuisible s'étend lentement aux derniers habitats qui restent pour couvrir la totalité de son aire de distribution dans la zone. Ceci ne signifie pas que

l'espèce se rencontre sur toute terre propice à tout moment, mais que la probabilité que cela arrive est élevé.

1 .1.7. Nuisibilité et seuil de nuisibilité :

1.1.7.1. Nuisibilité due aux mauvaises herbes :

Appliqué aux mauvaises herbes, le concept de nuisibilité englobe deux sortes d'effets :

- la nuisibilité due à la flore potentielle, dont il faudrait tenir compte si, pour chaque espèce, chacun des organes de multiplication conservés dans le sol à l'état de repos végétatif (semences, bulbes, tubercules, etc...) donnait un individu à la levée. En fait, ce risque doit être réduit dans les prévisions : en effet, avec un potentiel semencier de l'ordre de 4 000 semences viables par m² et si l'on admet que les levées au champ représentent généralement entre 5% et 10% du nombre de semences enfouies, les infestations prévisibles d'une culture représentent 200 à 400 adventices par m² (Roberts, 1981 ; Barralis&Chadoeuf, 1987)
- la nuisibilité due à la flore réelle, c'est-à-dire aux plantes qui lèvent réellement au cours du cycle de la culture Chaque espèce adventice possède sa propre nuisibilité (nuisibilité spécifique) qui contribue à la nuisibilité globale du peuplement adventice dans des conditions d'offre environnementale définies.

Lorsque la nuisibilité due à la flore adventice réelle n'est prise en compte que par ses effets indésirables sur le produit récolté, cette nuisibilité est dite primaire. Si les dommages dus à l'action conjuguée de la flore réelle et de la flore potentielle s'étendent aussi à la capacité ultérieure de production, soit au niveau de la parcelle (accroissement du potentiel semencier du sol notamment), soit au niveau de l'exploitation agricole (création et multiplication de foyers d'infestation contamination du sol ou du matériel végétal, nuisances et pollution), la nuisibilité est qualifiée de secondaire. (Caussanele, 1989).

En voyant les mauvaises herbes d'une culture gêner la croissance de la plante cultivée et entraver son développement jusqu'à l'étouffer parfois complètement, il est clair que la nuisibilité primaire s'exerce sur la quantité du produit récolté. Mais elle modifie également sa qualité. Par la diminution quantitative de production que leur présence entraîne, les mauvaises herbes manifestent directement leur nuisibilité : cette nuisibilité est dite directe. Par opposition, tous les autres effets indésirables des mauvaises herbes sur l'élévation du coût

de la production du produit commercialisable sont regroupés sous le nom de nuisibilité indirecte.

Sans qu'il y ait nécessairement réduction quantitative du rendement, la nuisibilité indirecte peut porter soit sur l'abaissement de la qualité et par suite de la valeur commerciale du produit récolté, soit sur la diminution de l'état sanitaire de la culture (plantes adventices réservoirs ou hôtes de divers parasites), soit sur l'augmentation du coût des travaux culturaux. (Caussanele, 1989)

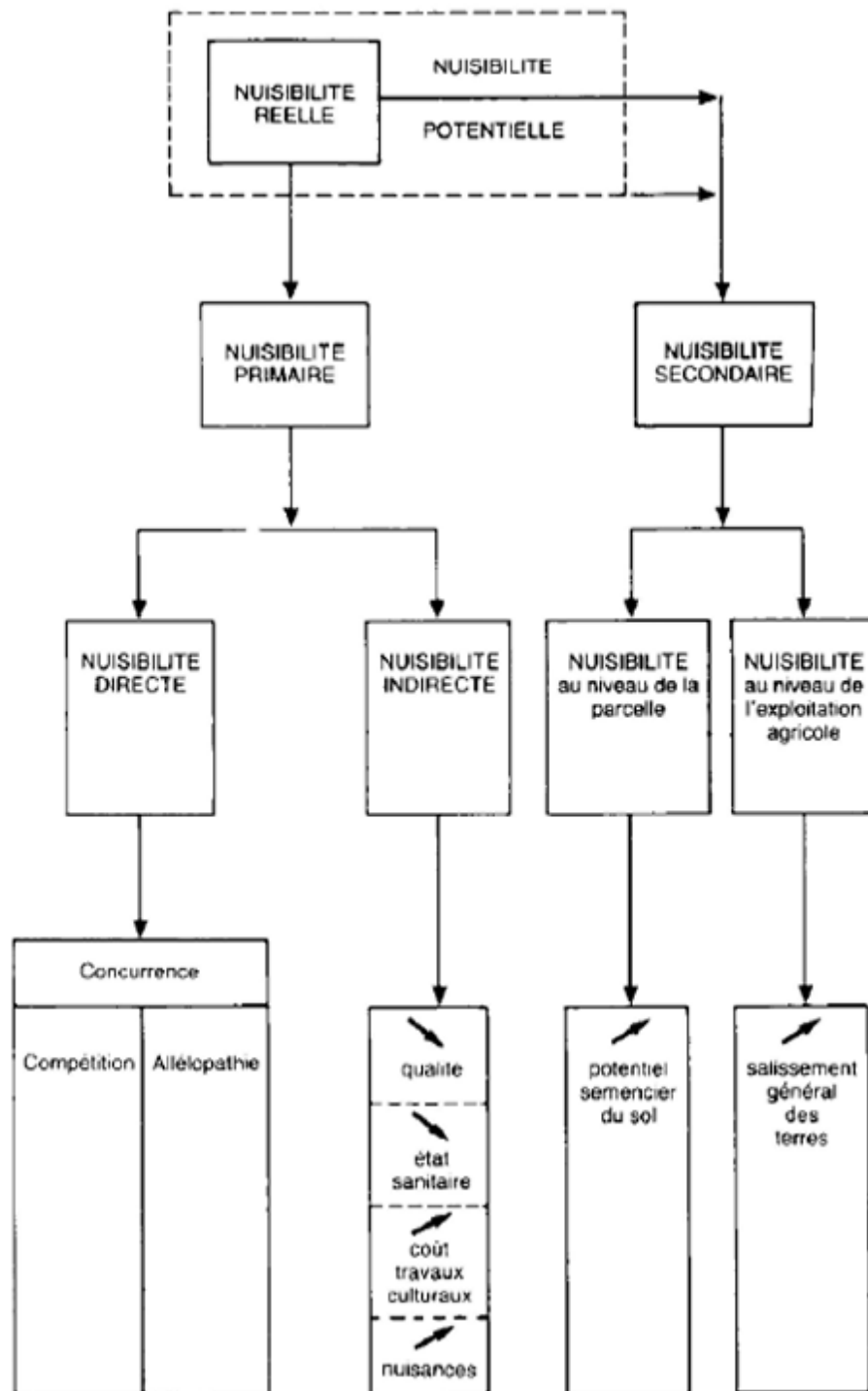


Figure 1 Types de nuisibilité des mauvaises herbes dans les cultures (d'après Chiarappa, 1981 in Caussanele 1989)

1.1.7.2. Aspects de nuisibilité due aux mauvaises herbes :

1.1.7.2.1. Interaction entre mauvaises herbes et plantes cultivés :

La nuisibilité directe due à la flore adventice, nuisibilité dont les effets négatifs sont mesurés sur le rendement du produit récolté, résulte de diverses actions dépressives auxquelles sont soumises les plantes cultivées pendant leur cycle végétatif de la part des mauvaises herbes qui les entourent.

Dans un peuplement végétal, la présence d'une plante change l'environnement des plantes voisines, dont elle peut altérer la croissance et la forme. De telles « interférences », selon la dénomination de Harper (1977), comprenaient dans la définition d'origine les effets dus aussi bien à la consommation de ressources en disponibilités limitées qu'à la production de toxines ou qu'aux changements environnementaux qu'apporte la protection contre le vent, ou que crée le comportement des prédateurs.

1.1.7.2.2. Concurrence des mauvaises herbes :

Compétition due aux mauvaises herbes :

La compétition se définit comme la concurrence qui s'établit entre plusieurs organismes pour une même source d'énergie ou de matière lorsque la demande est en excès sur les disponibilités (Lemée, 1967).

La lumière, les éléments nutritifs du sol (tout particulièrement l'azote) et l'humidité du sol sont les plus connus ; plusieurs mises au point sur leur rôle dans les mécanismes de la compétition ont été présentées (Caussanel et Barralis, 1973; Glauning&Holzner, 1982).

Allopathie due aux mauvaises herbes :

Le terme d'allopathie désigne l'émission ou la libération par une espèce végétale ou par l'un de ses organes, vivants ou morts, de substances organiques toxiques entraînant l'inhibition de la croissance de végétaux se développant au voisinage de cette espèce ou lui succédant sur le même terrain (Whittaker, 1970; Rice, 1974; Putnam, 1985).

Par cette définition, les interactions chimiques entre végétaux comprennent celles qui s'exercent soit directement entre les plantes (choline), soit indirectement par l'intermédiaire de microorganismes pendant la vie active des végétaux et au cours de la décomposition de leurs résidus. (Caussanele, 1989)

1.1.7.2.3. Seuils de nuisibilité due aux mauvaises herbes :

a) Seuils de nuisibilité adventice :

La notion de seuil de nuisibilité est liée au type de nuisibilité adventice que l'on redoute principalement. L'idée simple que le seuil de nuisibilité exprime le niveau d'infestation adventice à partir duquel il est rentable de désherber prête à double confusion. Tout d'abord, la décision de traiter les mauvaises herbes doit être considérée à différents niveaux : celui d'une parcelle cultivée, celui d'une culture de l'assolement, celui d'une exploitation agricole et celui d'une région à caractéristiques socio-économiques définies. Auld et al, (1987).

Par ailleurs, déterminer un seuil de nuisibilité pour chacun de ces niveaux exige de faire une synthèse entre des prévisions biologiques (risques d'infestation adventice et espoirs de production potentielle) et des prévisions économiques à plus ou moins long terme : évaluation des coûts de lutte contre les mauvaises herbes et estimation de la valeur des produits récoltés (Cramer, 1967 ; Cussans et al, 1986)) (figure 02)..

b) Seuil Biologique de nuisibilité :

Il est défini comme le niveau d'infestation, à un moment donné, à partir duquel une baisse de rendement de la culture est mesurée. Relation entre densité adventice et perte de rendement : Connaissant le potentiel de production de la culture, il est tentant de chercher à établir la relation biologique qui lie la densité adventice au rendement ou à la perte de rendement de la plante cultivée, afin de prédire dans une situation donnée les pertes de rendement dues à une mauvaise herbe particulièrement nuisible (Caussanele, 1989).

Structures de la population adventice et pertes de rendement :

En fait, comme le seuil biologique de nuisibilité est défini par rapport à la nuisibilité directe des mauvaises herbes, la densité n'est qu'un des éléments à retenir pour déterminer un tel seuil de nuisibilité (Caussanele, 1989). Adventice ou autre, toute population peut être considérée comme un (ou plusieurs) ensemble(s) d'individus de la même espèce pouvant vivre en commun à un moment de leur cycle de développement et interagir alors sur les mécanismes de leur reproduction ; chaque population présente plusieurs types de structure (sociale, spatiale, temporelle, génétique,) et plusieurs niveaux de structuration (Legay, 1985).

Aussi, les relations entre plantes cultivées et adventices doivent être abordées sous leurs aspects démographiques, génétiques et fonctionnels. Parmi les aspects démographiques, cinq catégories principales d'effets peuvent être distinguées (Jacquard, 1980) (figure 08) :

- La densité (effets de densité) de la plante cultivée et de chaque mauvaise herbe -L'espèce pour chaque mauvaise herbe et le cultivar pour la plante cultivée (effet partenaire)
- Les proportions des espèces entre elles, soit entre la plante cultivée et les mauvaises herbes, soit entre les mauvaises herbes elles-mêmes (effet proportions)
- La répartition sur le terrain, qu'il s'agisse de l'écartement sur le rang et entre les rangs pour la plante cultivée ou de la distribution des levées de mauvaises herbes sur le terrain (effets de structure spatiale)
- La période de concurrence interspécifique entre la plante cultivée et les mauvaises herbes mais aussi entre les mauvaises herbes elles-mêmes (effets de structure temporelle).

c) Seuil économique de nuisibilité :

Seuil économique annuelle de nuisibilité :

Sur une base annuelle de données, le seuil économique annuel de nuisibilité tient compte du coût des opérations de désherbage de post levée mais aussi, éventuellement, des dépenses supplémentaires engagées pour supprimer la nuisibilité indirecte des mauvaises herbes. (Caussanele, 1989).

Seuil économique pluriannuelle de nuisibilité :

Calculé sur plusieurs années, le seuil économique pluriannuel de nuisibilité fait intervenir les risques de nuisibilité potentielle des mauvaises herbes, dus à la flore potentielle de la parcelle cultivée (seuil économique parcellaire de nuisibilité) et de l'exploitation (seuil économique global de nuisibilité).

1.1.8. Moyen de lutte contre les adventices :

Dans la pratique, les stratégies de gestion des mauvaises herbes doivent intégrer les méthodes indirectes (préventives) et les méthodes directes (culturales et curatives). La première catégorie inclut toutes les méthodes utilisées avant le semis alors que la seconde inclut toutes les méthodes appliquées au cours du cycle cultural (Berbari, 2005).

1.1.8.1. Méthode de lutte préventive :

Une stratégie efficace à long terme de gestion des mauvaises herbes est basée sur l'application pratique du concept écologique de " diversification maximum des perturbations", qui signifie la diversification le plus que possible des cultures et des pratiques culturales dans un agroécosystème donné. (Liebman et Davis, 2000)

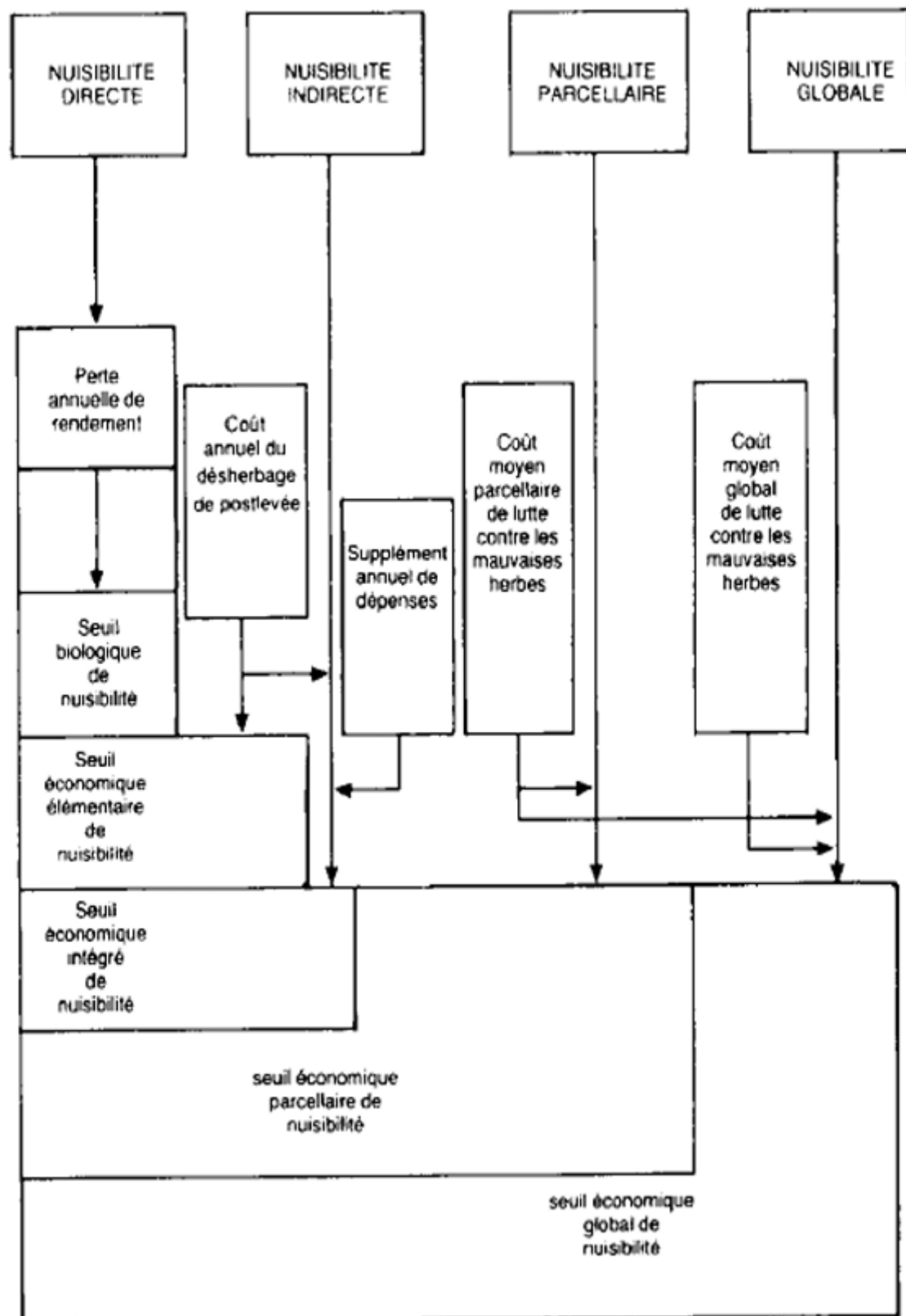


Figure 02 : seuils de nuisibilités des mauvaises herbes (Caussane, 1989)

1.1.8.1.1. Rotation des cultures :

La différenciation des plantes cultivées au cours du temps sur la même parcelle est un des moyens primaires bien connus de contrôle préventif des mauvaises herbes. Evidemment, différentes cultures supposent différentes pratiques culturales, qui agissent comme un facteur dans l'interruption du cycle de croissance des mauvaises herbes pour ainsi prévenir l'inversion de la flore vers une forte augmentation des espèces à problèmes (Karlen, 1994).

Au contraire, la culture continue sélectionne la flore des mauvaises herbes en favorisant ces espèces qui sont plus semblables aux cultures et tolérantes aux méthodes directes de contrôle des mauvaises herbes utilisées (par exemple herbicides) par des applications répétées des mêmes pratiques agricoles d'une année à l'autre. (Berbari, 2005)

1.1.8.1.2. Les plantes de couverture (utilisées comme engrais verts ou paillis vivants) :

L'inclusion des plantes de couverture dans une rotation dans la période de temps entre deux cultures de rente est une autre bonne méthode préventive conseillée dans les stratégies de gestion des mauvaises herbes. Les plantes de couverture ne donnent pas une récolte commercialisable, mais, en prolongeant le temps de couverture des sols par la végétation, elles exercent une série d'effets bénéfiques sur l'agroécosystème, comme l'optimisation de l'utilisation des ressources naturelles (radiation solaire, eau, éléments nutritifs du sol), réduisent l'écoulement de l'eau, le lessivage des éléments nutritifs et l'érosion du sol et enfin mais pas des moindres, la suppression des mauvaises herbes (Lal et al., 1991).

La suppression des mauvaises herbes est exercée partiellement à travers la compétition pour les ressources (pour la lumière, les éléments nutritifs et l'eau) pendant la période de croissance de la plante de couverture et partiellement par les effets physiques et chimiques qui apparaissent quand les résidus des plantes de couvertures sont laissés à la surface du sol comme du paillis non vivant ou enfouis par le labour et utilisés ainsi comme de l'engrais vert (Mohler et Teasdale, 1993; Teasdale et Mohler, 1993).

1.1.8.1.3. Les systèmes de labour :

L'effet du premier labour sur les mauvaises herbes est principalement lié au type d'instrument utilisé et à la profondeur du labour. Ces facteurs influencent considérablement la distribution des semences et des propagules des mauvaises herbes à

travers le profil du sol et de ce fait ils affectent directement le nombre de mauvaises herbes qui peuvent émerger dans un champ. (Berbari, 2005)

Le labour en traction attelée, peu profond (12 cm de profondeur) et le labour motorisé (20 cm) sont ceux qui offrent le meilleur enfouissement mais remontent les semences situées en profondeur. Lorsqu'ils sont réalisées dans de bonnes conditions (humidité suffisante et niveau d'enherbement initial faible), leur action de nettoyage est importante. A long terme et en absence de désherbage chimique, le labour profond réduit 50% le potentiel de semences d'adventices de la parcelle, par rapport à un travail superficiel. (Dessaint et al., 1990).

Il permet d'éliminer la plupart des espèces pérennes et des espèces annuelles dont la dormance a été levée par les fortes chaleurs de la saison sèche et qui vont germer en profondeur, sans pouvoir émerger (Fontanel, 1987)

Les perturbations causées aux mauvaises herbes par le labour dépendent plus des types d'outils utilisés que de la profondeur de labour. Les outils qui ne retournent pas le sol (par exemple les ciseaux) augmentent la densité des mauvaises herbes et changent la composition de la flore des mauvaises herbes dans le sens d'une présence accrue de bisannuelles, de vivaces et d'herbes annuelles qui ne sont liées à aucune saison.

La plupart de ces espèces sont caractérisées par des semences disséminées par le vent, avec des longévités et des dormances réduites et sont incapables d'émerger des couches profondes du sol (Zanin et al., 1997). Dans un système cultural donné, la densité des mauvaises herbes peut être réduite à une grande échelle quand les méthodes de labour changent plutôt que quand le même système de labour est utilisé d'une année à l'autre.

1.1.8.1.4. Préparation des lits de semence :

La préparation de lits de semence présente deux effets contrastés sur les mauvaises herbes : (i) il élimine la végétation qui émerge suite au premier labour ; et (2) il stimule la germination des graines des mauvaises herbes et l'émergence des plantules, grâce au retournement du sol et à la redistribution des semences à travers les couches superficielles de sol. Ensemble, ces deux effets peuvent être exploités par l'application de la technique de faux lit de semences, une méthode préventive, avec l'objectif spécifique de réduire l'émergence des mauvaises herbes dans le cycle cultural suivant.

La technique de faux lit de semence consiste en une anticipation du temps du sarclage pour la préparation du lit de semences, en vue de stimuler le plus possible l'émergence des mauvaises herbes avant le semis. Les mauvaises herbes émergées seront détruites par le second passage du cultivateur ou par l'application d'un herbicide total (glyphosate), le dernier étant utile spécialement là où les mauvaises herbes pérennes sont présentes.

a) Le désherbage thermique Principe :

Détruire par la chaleur humide sans combustion des mauvaises herbes ; la chaleur tue les cellules des mauvaises herbes en provoquant la coagulation du protoplasme et l'inactivation des enzymes. Le temps d'exposition est fonction de la température se situant entre 45° et 55°C.

b) Les techniques d'entretien des sols

Les techniques d'entretien des sols peuvent être indirectes car elles éliminent certains adventices par :

- Un drainage qui fera disparaître les espèces acidophiles comme le carex et le roseau ;
Un amendement calcaire : éliminera certaines espèces comme la petite oseille et limitera les prêles ;
- 14 Le paillage du sol : bonne maîtrise de l'enherbement mais trop exigeant en approvisionnement de pailles (pour bien couvrir le sol : 7T/Ha).

Les techniques directes de désherbage présentent d'amples avantages notamment : un gain de temps ; une réduction de la pénibilité par rapport au sarclage manuel ; l'absence d'intrants car n'induisant pas des charges supplémentaires à la trésorerie puisque le travail est exécuté par les travailleurs internes à la station ; combinaison des interventions : enfouissement des engrais + buttage qui réalise en même temps le sarclage mécanique.

A côté de ces avantages, il existe des inconvénients comme : dégradation de la structure en terre battant et augmentation de l'érosion à pentes ; création d'une semelle de labour ; destruction des racines des arbres dans la partie superficielle la plus riche et la plus aérée ; les blessures devant servir de porte d'entrée aux maladies. Le plus gros désavantage de cette méthode est son prix de revient si les passages devant être fréquents.

Ces désavantages seront levés par des techniques minimum d'utilisation des engins (ridgecultivation) agricoles et de manipulation de sol (Tillage : minimum and zero). ▪ Le

paillage avec film plastique noir Ce paillage crée un effet de serre qui entraîne une montée en température sous le plastique ce qui permet la destruction des adventices levées (LANRINOU, 2014). Le paillage plastique noir est installé au cours de semis ou de plantation. Il donne une meilleure croissance des plantes en maintenant une meilleure humidité du sol car évitant l'exaspération et donc en économisant l'eau ; il protège le sol des intempéries et maintient sa structure pour la circulation de la solution du sol ; il empêche le lessivage des nitrates et favorise la vie microbienne ; il permet une meilleure exploitation de la zone superficielle plus fertile, par les racines mais mal exposée en sol nu à cause de la sécheresse.

Il faut désherber toute fois les trous de semis ou de plantation (EQUITERRE, 2009). Les défauts du paillage plastique sont tels qu'il risque de servir de refuge pour les rongeurs ; et il peut être rapidement déchiré par les vivaces.

- Le mulching

Le mulch a les mêmes avantages que le précédent. Il augmente la matière humique du sol mais il assure un refuge encore plus important aux rongeurs, il revient cher et contient déjà un stock énorme des semences d'adventices d'où leur choix devra être très judicieux. Enfin, il facilite l'amplification des incendies.

1.1.8.2. Moyens de lutte curatives :

a) La lutte culturale

Les travaux du sol contribuent de façon prépondérante à la réduction des mauvaises herbes, aussi bien en cultures annuelles qu'en cultures pérennes. Les moyens utilisés sont : la jachère travaillée, les façons superficielles, l'assolement et rotation rationnelle (INPV, www.inpv.edu.dz, consulte 12/02/2023).

b) La lutte chimique :

Le désherbage chimique est une opération sélective qui impose le choix d'un herbicide n'exerçant aucune action dépressive sur la plante cultivée (Fenni, 1991). Il complète les moyens culturaux et permet d'éliminer les mauvaises herbes, et ne peut en aucun cas les remplacer. Donc, Il serait faux de considérer le désherbage chimique comme un remède miracle. Dans bien de cas, le simple respect des techniques de travail du sol limiterait beaucoup l'infestation en adventices et pourrait éviter un traitement aux herbicides.

Les adventices doivent être détruits dès qu'ils sortent de la terre par des herbicides sélectifs. Les traitements selon le moment d'application sont de l'ordre de trois :

▪ **Le traitement de pré-semis**

Ce traitement est à la fois considéré comme labour chimique en utilisant : le Paraquat ou le Glyphosate lorsqu'on cible les adventices pérennes à rhizome. Le maïs réclame un sol bien travaillé au préalable, puis un labour chimique convient bien si on veut obtenir un bon rendement.

▪ **Le traitement de pré-émergence**

Ce traitement est effectué avant ou après le semis sur un sol humide, mais non détrempé. Simazine et Atrazine sont sélectifs et peuvent s'appliquer en pré-semis, pré émergence et post-émergence. Pour les graminées et dicotylédones, il faut utiliser l'association du Métachlore et de l'Atrazine : 4+2.

▪ **Le traitement de post-émergence**

Traiter après la levée du maïs si le traitement précédent n'a pas réussi. Le traitement sera dirigé ou en plein. Le « traitement en plein » s'applique avec les herbicides sélectifs qui détruisent les dicotylés et graminées annuelles. On utilise ici, l'Atrazine à 1,5-2 Kg ma/ha. Sur le marché local, nous trouvons le 2,4-D qui remplace l'Atrazine. Le « traitement dirigé » utilise le traitement non-sélectif du maïs : le 2-4 P et 2-4-5-T ou le mélange des trois ; et pour traiter les graminées annuelles, on utilise le Paraquat : 0,6 Kg m.a /ha. Pour notre expérimentation, nous avons recouru au Glyphosate.

Soulignons que , dans l'utilisation des herbicides, il convient en priori de connaître les règles générales ou directives :

- Evaluer d'abord les types d'adventices pour diriger le choix du produit approprié et efficace : mieux les connaître pour mieux les maîtriser (MARNOTTE et al., 2018) ;
- Appliquer les herbicides en cas de nécessité absolue et toujours en combinaison avec d'autres techniques de désherbage lorsque seules ces dernières ont échoué ;
- Choisir l'équipement approprié (le vérifier avant usage) et le bon moment indiqué de pulvérisation ;
- Suivre les indications sur étiquette du produit avant son utilisation surtout son dosage ;
- Respecter toutes les mesures de sécurité (AFRICA RICE, 2013).

1.2. Revue de la littérature sur le maïs

1.2.1. Origine et dispersion du maïs

Le maïs (*Zeamays* L.) est une culture très ancienne, originaire d'Amérique latine dans les pays du Mexique, Guatemala, Pérou et Bolivie. D'après (Ahmadi, Chantereau, et al., 2006), le maïs reste la céréale dont la zone de culture est la plus vaste. Sa culture s'étend sur plus de 140 millions d'hectares entre les latitudes 40° et 58° Nord.

La culture du maïs s'est ensuite propagée sur l'ensemble du continent américain, des Andes au Canada, puis à partir du XVI^e siècle, sur tous les continents, en zone tropical comme en zone tempéré. Il serait arrivé en Afrique au XVII^e siècle en zone soudanienne. Il constitue l'unique espèce cultivée du genre *Zea*. Sa zone de culture s'est très vite élargie, surtout après la deuxième guerre mondiale, dans les pays tempérés, grâce au progrès de la sélection variétale dont les travaux ont été facilités par l'architecture de la plante. Cette évolution est surtout liée à la création d'hybrides précoces à haut rendement. Par ailleurs, comme la plupart des plantes de types C4, le maïs se comporte bien dans les collines écologiques des régions tropicales sèches caractérisées par de forts éclaircissements et des températures élevées (Ahmadi, Chantereau, et al., 2006).

1.2.2. Systématique et description botanique du maïs

Le maïs (*Zeamays* L.) est une plante monocotylédone diploïde annuelle de la famille des Poaceae et du genre *Zea*. Ce genre renferme des espèces annuelles et pérennes originaire du Mexique et de l'Amérique centrale. Il comprend des formes sauvages, les Téosintes, présentes au Mexique et au Guatemala, et une forme cultivée, le maïs. En effet, on distingue quatre espèces dont l'une, *Zeamays*, est-elle-même divisée en quatre sous-espèces. Parmi elles, la sous-espèce annuelle *Zeamaysspparviglumis* est considérée comme l'ancêtre le plus probable du maïs, *Zeamayssppmays* (Ahmadi, Chantereau, et al., 2006).

CRONQUIST (1981), donne la systématique complète du maïs : - Règne : Plantae ; - Sous-règne : Tracheobionta ; - Division : Magnoliophyta ; - Classe : Liliopsida ; - Sous-classe : Commelinidae ; - Ordre : Cyperales, selon (APG III, 2009) Ordre des Poales ; - Famille : Poaceae ; - Sous-famille : Panicoideae ; - Super tribu : Andropogonodae ; - Tribu : Andropogoneae ; - Sous-tribu : Tripsacinae ; - Genre : *Zea* ; - Espèce : *Zeamays*.

La tige est herbacée et se subdivise en entre-nœuds. Le nombre d'entre-nœuds varie de 6 à 20. Au niveau de chaque nœud, sont insérés une feuille et un bourgeon axillaire. La hauteur de la tige varie de 1 à 3,5 m et son diamètre varie entre 3 et 4 cm. La plupart des types de maïs ne forment qu'une seule tige (NDIAYE, 1987).

Les feuilles se forment à partir des nœuds et se présentent alternativement sur les côtés opposés de la tige. La taille des feuilles de maïs varie en fonction de la variété et de leur position sur la plante mais toutes sont constituées de la même manière et comprennent trois parties : le limbe, la zone ligulaire et la gaine. Le nombre de feuilles est plus important chez les génotypes de cycle long (GAY, 1984).

Le système racinaire comprend les racines séminales issues du grain, qui se mettent en place très tôt, et les racines coronaires, qui se développent au niveau du plateau de tallage. Les racines séminales alimentent la plante jusqu'au stade 5-6 feuilles, puis cessent progressivement leurs fonctions au profit des coronaires (MAZOYER, 2002).

Le maïs est une graminée monoïque. La panicule située au sommet de la tige regroupe les fleurs mâles alors que les épis situés plus bas, à l'aisselle des feuilles et enveloppés de bractées, regroupent les fleurs femelles. Les épillets mâles sont groupés par 2 ou 3 et chacun contient 2 fleurs. Les épillets femelles contiennent chacun des fleurs, dont une seule est fertile (MAZOYER, 2002). Bien que le maïs soit auto-fertile, le caractère monoïque de la plante et la protandrie assurent une pollinisation croisée de l'ordre de 90 à 95%. Le grain est un caryopse, riche en amidon, de couleur variable mais le plus souvent jaune, qui passe par plusieurs stades, de laiteux à vitreux, au cours de son remplissage. A maturité, son taux d'humidité est compris entre 30 et 40 % (AHMADI et al., 2006; MAZOYER, 2002).

1.2.3. Aspects génétique et diversité chez le maïs

Le maïs est une plante diploïde avec un nombre de chromosomes de $2n = 2x = 20$. Parmi toutes les espèces animales ou végétales, le maïs est une des celles qui présente une des plus grandes diversités génétiques (TENAILLON et al., 2001) ; bien qu'au cours du processus de domestication, il y ait eu une diminution de la diversité génétique due à la sélection d'un groupe réduit de plantes présentant des caractéristiques différentes de celles des sauvages (DOEBLEY, 2004). Dans le cas du maïs, et plus particulièrement du maïs indigène, un pourcentage élevé de la diversité des nucléotides est conservé (83%), ce qui fait que la différenciation génétique entre les variétés est mineure (HUFFORT et al., 2012). Cette

diversité est maintenue au sein des différentes populations ou races mais elle est encore supérieure en ce qui concerne le maïs indigène du Mexique par rapport à d'autres régions du monde (DOEBLEY et al., 1985 ; REIF et al., 2006 ; VIGOUROUX et al., 2008). Le maïs est la plante dont les aspects génétiques sont les plus étudiés compte tenu de son importance économique, sa simple manipulation lors des hybridations, un grand nombre de grains produits, un petit nombre de chromosomes (POECHMANN & SLEPER, 1995).

Les variétés tropicales sont très nombreuses avec une forte variabilité génétique. Elles conservées par le CIMMYT, dont la collection compte environ 15 milles accessions. A partir des 12 milles accessions provenant d'Amérique latine, 250 races ont été identifiées sur des critères essentiellement morphologiques, et regroupées en quatorze complexes raciaux. Les races d'Amérique du Nord et des autres continents sont toutes issues des maïs d'Amérique latine, dont elles se sont différenciées du fait de nouvelles combinaisons et des sélections réalisées. Les races nord-américaines sont bien décrites et sont regroupées en dix complexes raciaux. Pour les autres continents, ce travail reste à faire (AHMADI, CHATEREAU, et al., 2006).

1.2.4. Exigences écologiques du maïs

Le maïs s'adapte bien pratiquement à tous les climats. Ses performances sont cependant médiocres lorsque les températures sont très basses. Le maïs doit être cultivé en plein soleil pour que soit garanti une photosynthèse efficace. La durée du jour d'ensoleillement détermine la période de croissance. Des températures relativement élevées sont requises depuis le semis jusqu'à la floraison, tandis que durant la maturation des températures moins élevées peuvent être acceptées. Il a des exigences en température assez importantes à la germination. Ainsi les optimums sont de l'ordre de 25°C. Cependant la germination n'est possible que lorsque les températures sont en dessous de 10°C (Ahmadi, Chantereau, et al., 2006). Une température de moins 1°C peut tuer les plantules. Pour une bonne croissance, la plante exige des températures entre : 15-27°C (VALIMUNZIGHA, 2023).

La plante de maïs demande beaucoup d'eau, en raison de la grande quantité de matière organique produite lors de sa croissance. La culture exige un maximum d'humidité durant la période de la formation de l'aigrette et des soies. Un cumul de 500 mm bien répartie

suffit pour un maïs de 90 jours en zone guinéenne alors que ces besoins en eau peuvent dépasser 900 mm en zone soudanienne pour un maïs de 120 jours (ROUANET, 1997).

Le maïs s'adapte très bien à des types de sol différents. Les sols profonds à finement structurés, bien aérés et drainés, riches en matières organiques et ayant une capacité au champ élevée, convient le mieux (ROUANET, 1997). Cependant, des bonnes pratiques culturales et l'utilisation d'engrais permettent des bons résultats sur presque tous les types de sol ayant un pH situé entre 5,0 et 7,0 (MAZOYER, 2002). La fumure minérale permet un début rapide de la croissance végétative et approvisionne la plante en éléments nutritifs pendant la période active de la croissance. Dans une période de 30 à 40 jours antérieure à la pollinisation, la plante de maïs absorbe 75% de tous les éléments essentiels. La quantité d'engrais à appliquer dépend de la richesse en éléments nutritifs du sol (AHMADI, CHANTEREAU et al., 2006).

1.2.5. Conduite de la culture du maïs

La mise en place de la culture débute généralement par une bonne préparation du sol. Le sol doit être suffisamment aéré, homogène et profond. Il faut semer sur le sol après un labour permettant l'amélioration structurale du sol et la destruction des adventices (MAZOYER, 2017).

Le semis entraîne l'utilisation de 15 à 25 Kg de semence à l'hectare. Il se fait généralement en ligne sur des billons ou à plat à environ 3 à 4 cm de profondeur. Un dispositif de plantation à rectangle avec 0,75 m entre les lignes et 0,50 m entre les poquets est généralement recommandé. Il est important de respecter les dates de semis qui se situent en début des saisons de pluie pour que la culture puisse bénéficier d'une bonne pluviométrie et d'un ensoleillement suffisant pendant la croissance.

Le désherbage se révèle extrêmement important afin d'éviter toute compétition de la plante avec les mauvaises herbes. Selon ROUANET (1997), trois sarclages suffisent pour la culture du maïs : 15 jours environ, intervient le premier sarclage ; 45 jours du semis, intervient le second et il est combiné au buttage « sarclo-buttage » ; et le dernier sarclage se réalise en fonction de la présence et pression de l'enherbement.

La durée du cycle du maïs est de 100 à 120 jours après le semis pour les espèces tropicales (VALIMUNZIGHA, 2022). En ce moment, les grains ont environ 20% d'humidité. L'épi peut être récolté avec ou sans les spathes.

1.2.6. Contraintes biotiques et abiotique du maïs

Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques limitent la production du maïs et de la productivité dans les pays d'Afrique subsaharienne (BADU-APRAKU et al., 2003). Les facteurs biotiques comprennent les insectes nuisibles (les foreurs des tiges et des grains, la chenille légionnaire, ...), les maladies les plus importantes du maïs sont l'helminthosporiose, le charbon, la maladie des bandes striées et la rouille. Le maïs arrivé à maturité est également sérieusement endommagé par les oiseaux (VALIMUNZIGHA, 2022). Des faibles niveaux d'azote (N) dans les sols constituent un facteur majeur limitant le rendement sous les tropiques où les engrais ne sont pas couramment utilisés et la matière organique est rapidement minéralisée.

La majorité d'agriculteurs dans les tropiques produit du maïs dans les conditions pluviales et sont vulnérables à la sécheresse (AHMADI, CHATEREAU, et al., 2006).

Le maïs est aussi confronté au problème de mauvaises herbes et des plantes parasites spécialement le Striga.

DEUXIÈME PARTIE : RECHERCHES PERSONNELLES

Chapitre II: MILIEU, MATÉRIELSET MÉTHODES

2.1. Milieu d'étude

Notre recherche a été menée en Commune Rurale de Lubero. Dans les paragraphes qui suivent nous présentons la Commune Rurale de Lubero.

2.1.1 Situation géographique et description de l'entité

La Commune Rurale de Lubero se trouve en République Démocratique du Congo, Province du Nord-Kivu, Territoire de Lubero précisément au Centre du Territoire. Cette Commune se situe à : 29° 10' longitude Est, sur 0°6' et 0°8' de longitude Sud. Elle compte 4 quartiers qui sont (Rapport de l'AGRIPEL de l'exercice2017) :

1. Quartier Lubero
2. Quartier Vukano
3. Quartier du 30 juin
4. Quartier Mulo

Cette entité a été créée depuis les années 1940 par la lettre N°1474/42/RP/8 de 1953. La première convention reconnaissant cette circonscription de la vallée de Lubero, fut signée le 27 Octobre 1954 en accord avec les chefs coutumiers de l'époque chez les Baswagha avec le grand Chef WIHINDI et le notable MULYATA. Elle a été reconnue officiellement par l'ordonnance loi N° 82-006 du 25 Février 1982. La Commune Rurale de Lubero prend son nom dialectement de la formation du mot Luviru ; appellation de la rivière drainant la vallée dite Kavetya qui loge la Commune et mesure 8 Km² et 5 ha (Rapport de l'AGRIPEL de l'exercice2017).

2.1.2. Délimitation de la commune rurale de Lubero

L'ordonnance loi N° 82-006 du 25 Février 1982 portant l'organisation territoriale politico-administrative de la République a concrétisé le projet de la délimitation de la Commune de Lubero comme suit (Rapport de l'AGRIPEL de l'exercice2017) :

1. Au Nord : une droite passant par les sommets des collines, Ngundu, Mighanza, Visiki, Kyahali, Vohayo, Vuhatiro, Musole et Vukano ;

2. Au Sud : une droite passant par les sommets des collines Vulambayiri, Kyatsingi, Busonzoro, Bumate et Virye ;
3. A l'Est : une droite passant par les sommets des montagnes Vughere, livate, kalambi, mukukavuoye, Kamugha, Musenge, Kavingu, Mukone, Kalegho et Vughale.
4. A l'Ouest : une droite passant par les sommets des collines Mbeya, Katambi, Vulungula.

2.1.3. Climat, Relief, Hydrographie, Sol, Végétation

a) Climat

Elle jouit d'un climat équatorial de montagnes. La température varie entre 17 à 180m degré Celcius. Il pleut toute l'année, mais le climat a deux saisons pluvieuses fréquemment autour d'avril et octobre, deux saisons sèches fréquemment autour de janvier et août.

b) Relief et hydrographie

La commune rurale de lubero est une vallée dite Kavetya bordée des montagnes parmi lesquelles Ivatsiro porte le point le plus haut. Les principales rivières qui arrosent cette commune sont la rivière Lubero, Makuku, Munovo sud et Munovo nord, qui aboutissent à la rivière Vukano, point le plus bas de la commune. Et son point le plus haut est la montagne Ivatsiro.

c) Sol et végétation

Le sol est argilo-sablonneux, marécageux à plusieurs endroits. La nappe aquifère est superficielle, on peut déjà la rencontrer à 2m de profondeur. La végétation naturelle retrouvée dans la commune rurale de lubero est composée des:

- Plusieurs espèces de penisetum, de milinis, de brachiaria, de cynodon, d'echinochloa...
- Les légumineuses: les plus rependues sont quelques espèces de desmodium, de tephrosia, de trifolium...
- Les cypéracées: notamment le kilinga dans le marécage, le carex, le bidens et les physalis divers. (Rapport annuel de L'AGRIPEL 20018)

2.1.4. Vie socioéconomique

a) Commerce

La Commune Rurale de Lubero compte deux centres commerciaux, par le marché de Lubero et celui de Mulo. Ce commerce est à relation avec d'autres milieux à travers l'axe Masereka, kipese, Graben, l'axe lukanga, magherya, luotu, kyondo l'axe kimbulu, Musienene, butembo, l'axe Katondi, kitsombiro, kaseghe, l'axe Kaviru, Kagheri, Kasugho. Voici les denrées qui sont rencontrés sur le marché:

- ✓ Les céréales: maïs, sorgho, éleusine rarement le blé.
- ✓ Les tubercules: les pommes de terre, les patates douces
- ✓ Le cosette de manioc
- ✓ les légumes: l'oignon, les poireaux, choux, chou-fleur carottes,...
- ✓ Les fruits: les avocats, les goyaves, les passiflora, les prunes de capes, les groseilles.

Localement le mercredi et samedi sont les jours du marché de lubero, le lundi et le jeudi sont les jours du marché de Masereka, pour kipese, lukanga c'est le mardi et vendredi.

b) L'agriculture et l'élevage

Les paysans de la commune rurale de Lubero sont à la fois agriculteurs et éleveurs, à près de 80%. Ils pratiquent la culture de les produits les plus cultivés par cette population sont les suivants : maïs, patate douce, taros, haricot, pomme de terre, les légumes quinquina, eucalyptus...

La population de cette Commune pratique l'élevage de petit bétail dont les moutons, chèvres, lapins, cobayes, poules, canards....

Notons aussi l'existence des exploitations fermières appartenant à certaines personnalités.

2.2 Matériels

Pour réaliser cet essai, deux types de matériels ont été utilisé, à savoir : les matériels biologiques et non biologiques.

A. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était constitué de la semence de maïs (Zeamays var Bazooka). C'est une variété originaire de l'Ouganda avec un rendement en grain 10 000 à 12 000 Kg/ha et avec un cycle cultural de 120-140 jours.

B. Désherbants

Pour minimiser la pression des mauvaises herbes sur nos cultures, nous avons utilisés les désherbants à quatre types. Toutes étant les méthodes de désherbage considérées au même pied d'égalité pour voir laquelle nous semblera efficace dans le contrôle de l'enherbement. Le premier désherbant était constitué du film polyéthylène à moyenne densité noir opaque, disponible sur le marché de la ville de Butembo mais pour l'usage dans le département des Bâtiments et travaux publics, son usage agricole est très rare selon les vendeurs. Ensuite, l'autre désherbant était composé de mulch pailleux composé de la paille (*Imperata cylindrica*), un matériel abondant dans plusieurs coins de la concession de l'USCM et ailleurs aussi, l'herbicide de « lutte en plein » dans le champ de maïs « 2,4-D » composé d'Amine Salt 720g/litre de matière active et l'autre herbicide efficace contre les adventices pérennes à rhizome et leurs repousses « en lutte dirigée », il s'agit du Weed Master 75,7 XL (Glyphosate Ammonium Salt 75,7 WG). Enfin, le sarclage mécanique à la houe, qui est pratiquée par la majorité d'agriculteurs de Mulo.

C. Fertilisation et Phytiairie

Nous avons utilisé la fumure. La fumure de fond était constituée du fumier des chèvres et la fumure d'entretien était un engrais foliaire « le purin » qui est composé plus d'Azote.

La lutte phytosanitaire a été organisée contre la chenille légionnaire « *Spodoptera frugiperda* ». Le pesticide utilisé était un insecticide « ROCKET ». Il est composé de deux matières actives : le Profenofos 40 % et la Cyperméthrine 50 % EC.

D . Autres matériels non biologiques

Ces matériels non biologiques qui ont été employé dans la réalisation de notre travail sont les suivants : la houe pour les travaux de préparation du terrain et entretiens des cultures, le ruban métrique + ficelle + piquets pour les mesures et délimitation des unités

expérimentales. Une machette pour la préparation des piquets, un pulvérisateur pour la phytosanté, des tuteurs pour le palissage, les pieds à coulisse pour prélever le diamètre au niveau du collet, un ruban ordinaire de 3 m pour mesurer la taille par pieds et taille d'insertion des épis. un ordinateur pour saisie, analyse et traitement des données, un formulaire pour l'enregistrement des données, un smartphone pour les captures des photos et certaines identifications des adventices et enfin quelques logiciels comme : MS Word2019, Excel2019, Power point2019,

2.3 Méthodes

❖ Conduite de l'essai

2.3.1 Dispositif expérimental

Notre essai était conduit vers la fin de la petite saison culturale du 24 décembre au 10 juin 2024 suivant un dispositif à blocs aléatoires complets ou blocs randomisés (DAGNELIE, 2012) à quatre répétitions (4 blocs). Les blocs étaient distants entre eux de 1 m et chaque bloc était constitué de quatre parcelles rectangulaires de 3 m × 2 m et distantes entre elles de 0,5 m. Ces parcelles constituaient quatre traitements. Chaque traitement comptait 4 lignes et chaque ligne 4 poquets qui recevaient 3 graines par poquet puis 2 après démariage. Dans chaque parcelle, 48 grains de maïs étaient semés aux écartements de 75 cm × 50 cm. La superficie totale du champ d'expérimentation était de 140 m² avec 20 m de longueur et 7 m de largeur. Les quatre modalités sont entre autres ; le désherbage par paillage avec film en polyéthylène à densité moyen noir opaque (T1= DPFPdmno), le désherbage par mulch-pailleux « *Imperata cylindrica* » de 15 cm d'épaisseur (T2=DMPP), le désherbage avec herbicides 2,4D et Glyphosate (T3=DH2G) et enfin le désherbage mécanique manuel à la houe (T4=DMMH).

La figure ci-dessous reprend le dispositif expérimental adopté.

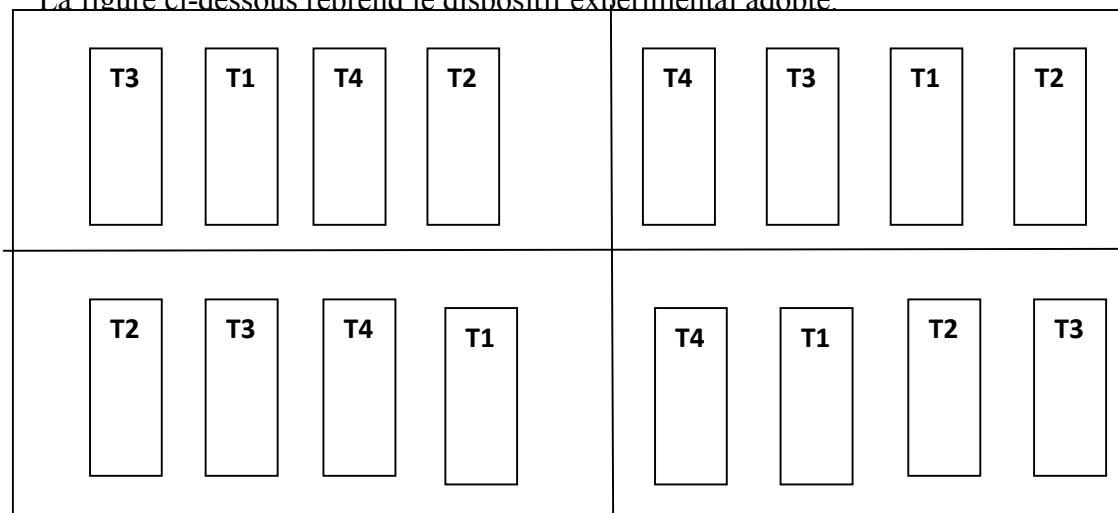


Figure 2 Dispositif expérimental

Conduite de l'essai

Notre recherche a été conduite du mois de Décembre au mois de Juin 2024. Les travaux de préparation du sol ont porté sur un labour profond à la houe suivie d'un hersage aussi à la houe. Le semis s'est effectué aux écartements de 75 cm × 50 cm en raison de 3 graines par poquets. Un démariage est intervenu pour ne laisser que deux plants par poquet et un regarnissage des vides 25 jours après le semis. Le sol a été au préalable amandé par le fumier des chèvres. Selon (VALIMUNZIGHA, 2022), la quantité de fumier à utiliser pour le maïs est de 25 tonnes/ha et quantité de semence est de 15-25 Kg/ha s'agissant de 1-2 à 3-4 graines par poquet. L'essai dans son ensemble était entouré de 3 à 4 lignes de maïs comme bordure. Deux mois après le semis, une lutte contre le *Spodoptera frugiperda*, la chenille légionnaire très dévastatrice du maïs, moyennant l'insecticide ROCKET. Une fumure de redressement a été utilisée en deux phases phénologiques au stade de 5 à 6 feuilles et au stade de la montaison avec l'engrais foliaire mixte « le purin ».

L'objectif de l'essai étant d'évaluer quatre méthodes de désherbage, le facteur « méthode de désherbage » est intervenu deux mois après le semis lorsque les parcelles étaient colonisées en entièreté. Ainsi, le désherbage aux herbicides 2,4-D et Glyphosate (T3=DH2G), le désherbage mécanique manuel à la houe (T4=DMMH) ont été simultanément effectués. Quant au désherbage utilisant le film polyéthylène, il a été effectué une fois pour toute après les travaux de préparation du terrain de culture pour freiner la poussée des adventices. Ce film polyéthylène a été percé des trous correspondant aux écartements de semis : 75 cm × 50 cm proportionnellement au nombre de poquets par parcelle (16). De même pour le DMPP (T2), le

paillis était installé le même jour que le semis mais à faible hauteur, puis augmenté après la levée maximale jusqu'à 15 cm de hauteur en prenant le soin de bien tasser le paillis au tour des plants.

Paramètres mesurés et observés

S'agissant d'évaluer les méthodes de désherbage sur la croissance du maïs, les observations ont porté sur :

- Le taux de levée : entre le 25^{ième} et 30^{ième} jour après le semis au moyen de la formule suivante :

$$\% \text{ de levée} = \frac{\text{Nombre de plantules émergées}}{\text{Nombre de grains semés}} \times 100.$$

- La sévérité et l'incidence d'attaques au *Spodoptera frugiperda*,
- La hauteur des plantes (cm) à la fin de la floraison au moyen d'un ruban métrique du collet à la base de la panicule ;
- La hauteur à l'insertion de l'épi (cm) et le nombre d'épis par pied à la maturité au stade pâteux, du collet jusqu'au niveau d'insertion de l'épi sur la plante ;
- Le diamètre au niveau du collet (cm) mesuré à l'aide du pied à coulisse électronique au même moment que le précédent ;
- La productivité des traitements estimée en poids et prix de vente de maïs à l'état frais.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSION

Les résultats obtenus au cours de ces investigations ont été synthétisés dans les tableaux et figures, suivis des brèves interprétations et discussions de ces derniers.

3.1. Résultats liés aux caractères végétatifs des maïs

3.1.1. Taux de levée

Les résultats relatifs aux différents taux de levée des semences de maïs soumis à différents traitements de lutte contre les mauvaises présentés en annexe 1 ont été analysés et groupés dans le tableau 1 et figure 1 suivants :

Tableau 1: Analyse de la variance des données du taux de levée

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	303,90	101,30	1,32	
Traitement	3	664,99	221,66	2,89	0,094
Erreur résiduelle	9	689,39	76,60		
Total	15	1658,28			

Il ressort de cette analyse que les taux de levée des semences soumises aux différents traitements testés diffèrent significativement ($F_{obs} \geq F_{th}$), ce qui revient à conclure que le pouvoir germinatif des semences a été plus influencé par les conditions environnementales que la qualité même de semences (Fig 1).

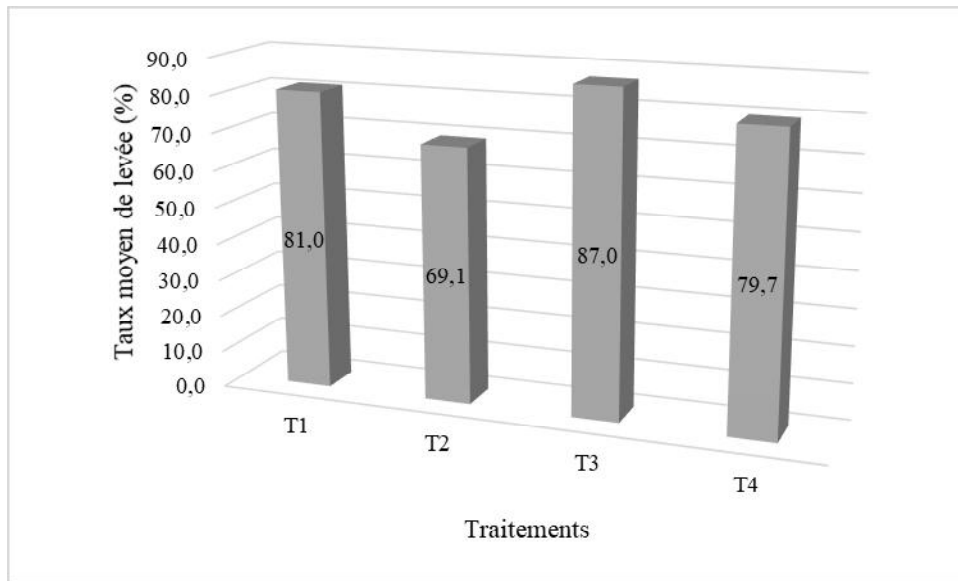


Figure 3: Effets des traitements sur le taux moyen de levée

De cette figure, on tire la conclusion que les traitements ont eu un effet sur la levée des plants. Un démariage a été effectué là où la levée était maximale et un léger regarnissage pour les vides.

3.1.2. Hauteur des plants

La hauteur des plants est une des composantes importantes d'appréciation de l'évolution des plants vers un meilleur rendement. Le tableau 2 et figure 2 synthétisent les résultats y relatifs obtenus des plants soumis aux différentes méthodes de traitements contre les mauvaises herbes.

Tableau 2: Analyse de la variance des données de la hauteur de la plante

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	3321,9	1107,3	2,15	
Traitement	3	7150,7	2383,6	4,64	0,006
Erreur résiduelle	57	29307,8	514,2		
Total	63	39780,4			

De cette analyse, nous tirons la conclusion que les différents traitements testés contre les mauvaises herbes envahissant les champs de maïs ont eu des effets significativement différents ($F_{obs} \geq F_{th}$). L'évolution des plants soumis aux différents traitements a joué en défaveur du traitement aux herbicides (Fig.2). Les herbicides 2-4D et Glyphosate qui ont des effets sur l'élongation des cellules des Dicotylées (pour le 2-4D) et les Monocotylées (pour le Glyphosate) ont eu probablement un effet de phytotoxicité sur le maïs (Fig 2).

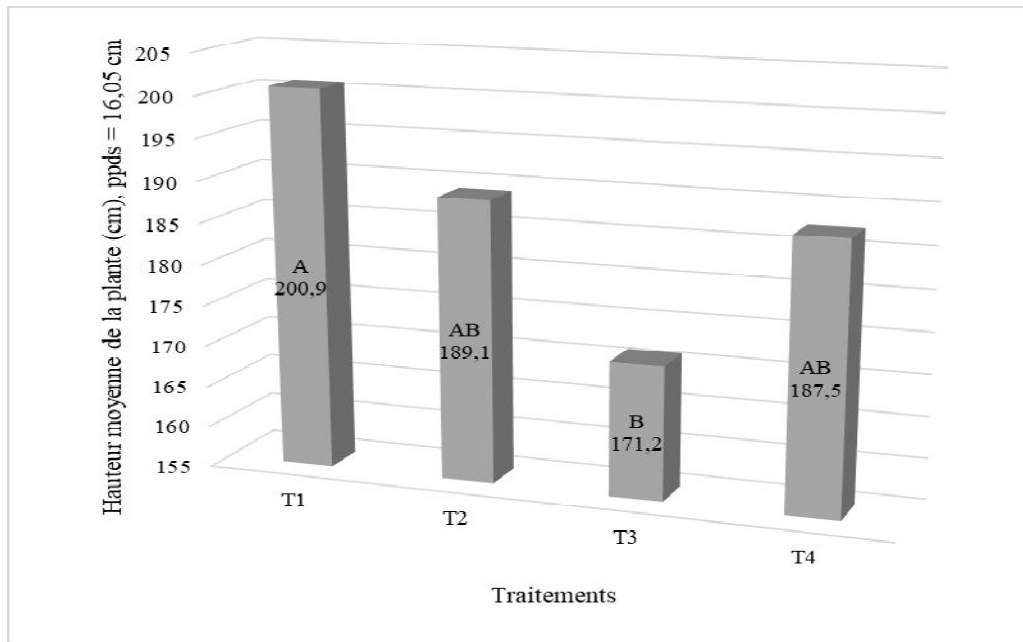


Figure 4: Effets des traitements sur la hauteur moyenne de la plante

3.1.3. Hauteur à l'insertion de l'épi

La hauteur de l'insertion de l'épi renseigne sur la précocité et l'équilibre organographique de la plante, elle constitue ainsi une des composantes de la production du maïs. Les données y relatives présentées en annexe ont été analysées et synthétisées par les résultats présentés dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3: Analyse de la variance des données de la hauteur à l'insertion de l'épi

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	322,5	107,5		
Traitement	3	1005,1	335,0	1,89	0,143
Erreur résiduelle	56	9952,7	177,7		
Total	62	15042,9			

De cette analyse, il sied de conclure qu'il y a des différences significatives de la hauteur de l'insertion de l'épi entre les plants soumis aux traitements de contrôle des mauvaises herbes envahissant la culture de maïs ($F_{obs} > F_{th}$). Le traitement aux herbicide a eu un effet dépréciatif sur la hauteur de l'insertion de l'épi cette dépression serait due aux effets phytotoxiques de certaines composantes chimiques de l'herbicide tel présenté sur la figure 3 ci- dessous.

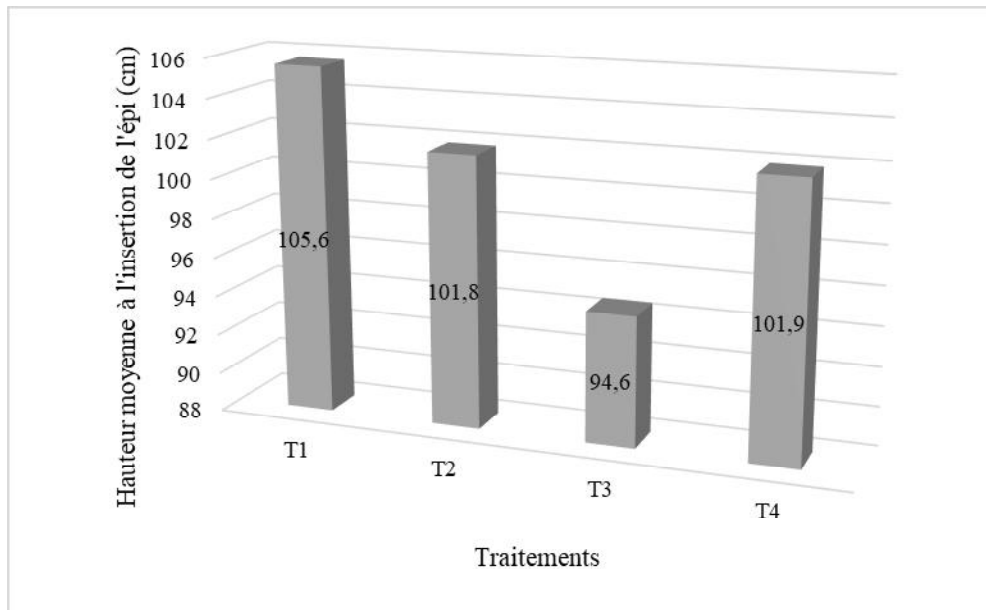


Figure 5: Effets des traitements sur la hauteur moyenne à l'insertion de l'épi

3.1.4. Diamètre au collet

Le diamètre au collet des plants de maïs renseigne sur la capacité de la tige à développer des racines adventives qui contribuent de façon considérable à la nutrition de la plante. Les données y relatives récoltées au cours de nos investigations ont été analysées et synthétisées dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4: Analyse de la variance des données du diamètre au collet

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	34,59	11,53	0,62	
Traitement	3	74,08	24,69	1,32	0,276
Erreur résiduelle	57	1064,51	18,68		
Total	63	1173,18			

Il ressort de ce tableau que le diamètre au collet de maïs a été influencé significativement par les traitements contre les mauvaises herbes et que l'effet variétal n'a pas été déterminant pour ce caractère ($F_{obs} > F_{th}$). Le traitement au film en polyéthylène a eu un effet stimulant sur le diamètre au collet supérieur aux autres traitements (Fig 4).

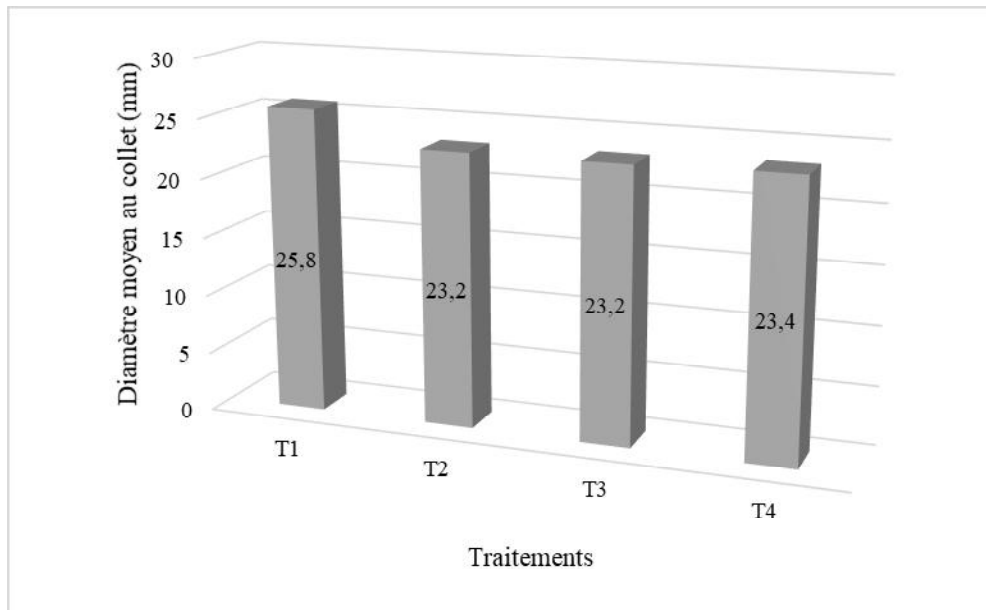


Figure 6: Effets des traitements sur le diamètre moyen au collet

3.1.5. Nombre de nœuds par plante

Le nombre des nœuds sur la tige de maïs donne une idée sur le nombre de feuilles formées composante principale de la bonne activité photosynthétique de la plante. Cette composante a fait objet d'analyse et les résultats sont présentés dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5: Analyse de la variance des données du nombre de nœuds par plante

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	0,8125	0,2708	0,30	
Traitement	3	2,5625	0,8542	0,94	0,425
Erreur résiduelle	57	51,5625	0,9046		
Total	63	54,9375			

Il se révèle que les plants soumis aux différents traitements ont présenté un nombre de nœuds différent ($F_{obs} > F_{th}$). Le traitement aux herbicides a boosté ce caractère de façon remarquable, ceci, donne une idée sur l'apport en éléments minéraux fournis aux plants par ces derniers. (Fig. 5).

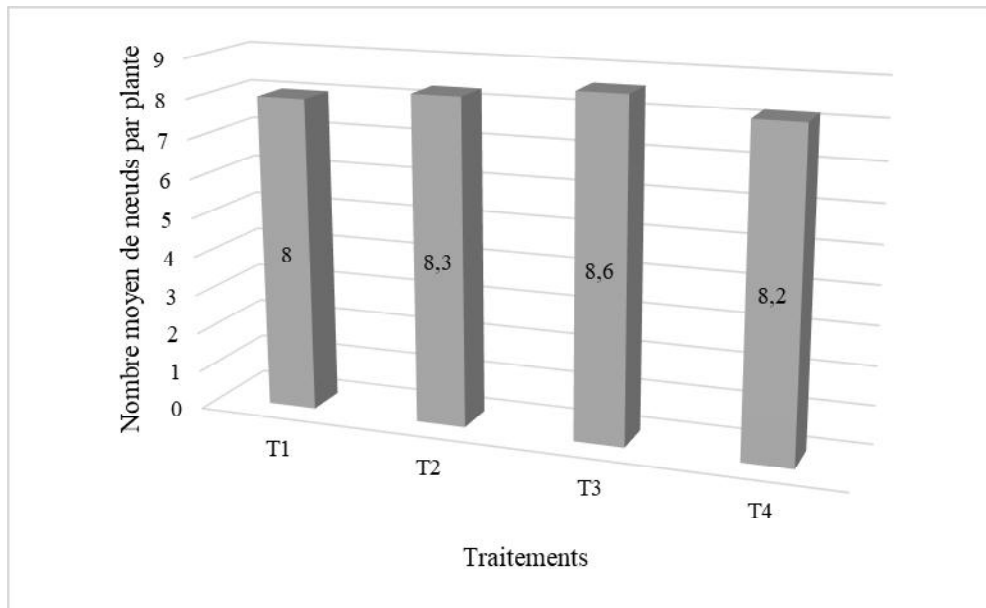


Figure 7: Effets des traitements sur le nombre moyen de nœuds par plante

3.1.7. Nombre de feuilles

Les résultats d'analyse des données relatives au nombre de feuilles formées par les plants soumis aux différents traitements de contrôle des mauvaises herbes sont résumés dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6: Analyse de la variance des données du nombre de feuilles par plante

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	3,3750	1,1250	2,59	
Traitement	3	1,6250	0,5417	1,25	0,301
Erreur résiduelle	57	24,7500	0,4342		
Total	63	29,7500			

Le nombre de feuilles formées semble relativement être plus influencé par le traitement F2caractère génétique de la variété que par les facteurs externes. Un effet significatif a été obtenu entre les différents traitements ($F_{obs} > F_{th}$). La figure 6 présente des résultats presque homogènes pour ce caractère avec une légère supériorité du traitement T2.

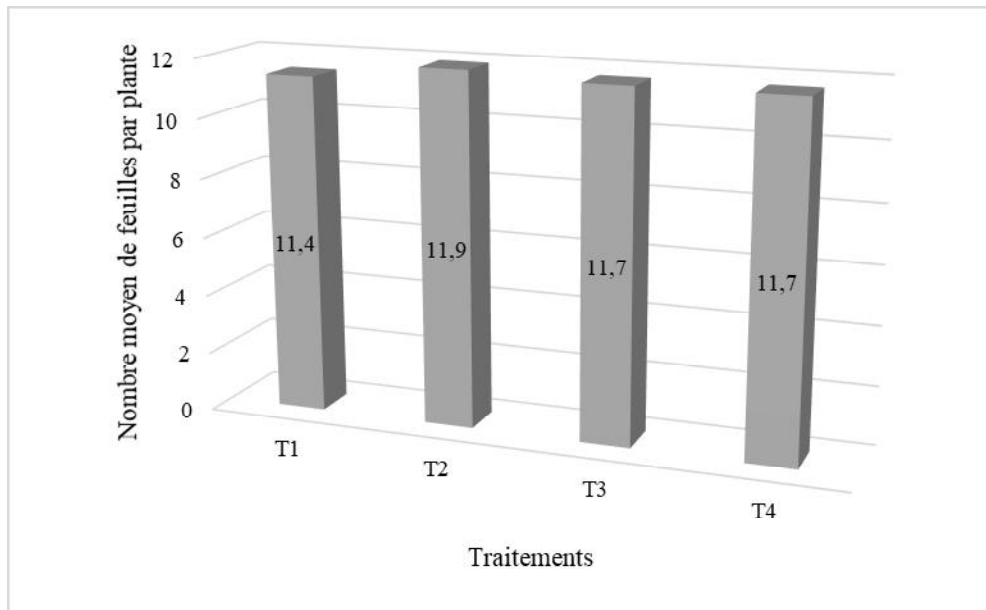


Figure 8: Effets des traitements sur le nombre moyen de feuilles par plante

3.1.7. Nombre d'épis par plante

Le nombre d'épis sur les plants peut être une réponse de la plante à plusieurs facteurs, génétiques et édapho-climatiques. Les résultats y relatifs ont été traités et résumés dans le tableau 7 suivant :

Tableau 7: Analyse de la variance des données du nombre d'épis par plante

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	2,5469	0,8490	3,25	
Traitement	3	0,4219	0,1406	0,54	0,658
Erreur résiduelle	57	14,8906	0,2612		
Total	63	17,8594			

De ce tableau nous tirons la conclusion qu'aucune différence significative ne s'est révélée entre le nombre d'épis formés par les plants soumis à différents traitements contre les mauvaises herbes ($F_{obs} < F_{th}$). Toutefois le traitement au film en polyéthylène a eu un effet stimulant sur la formation d'épis relativement plus élevé que les autres traitements (Fig 7).

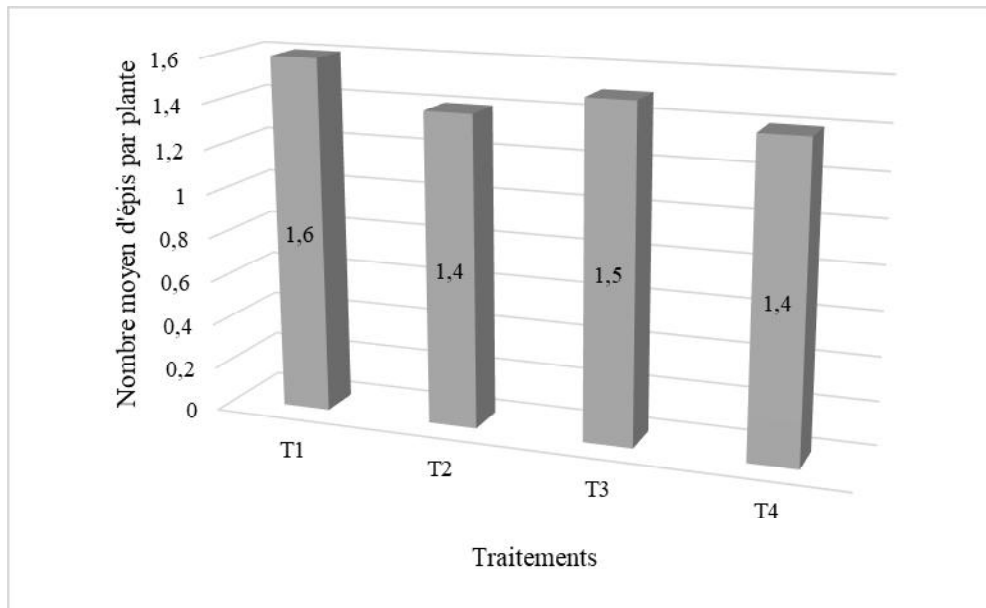


Figure 9: Effets des traitements sur le nombre moyen d'épis par plante

3.1.8. Rendement en épis

Le rendement, ultime aboutissement de notre démarche a été minutieusement observé et résumé dans le tableau 8 suivant :

Tableau 8: Analyse de la variance des données du rendement en épis

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	2352431	784144	0,48	
Traitement	3	9102431	3034144	1,88	0,204
Erreur résiduelle	9	14557292	1617477		
Total	15	26012153			

L'analyse révèle $F_{obs} > F_{th}$ c'est qui revient à conclure que les différents traitements contre les mauvaises herbes du maïs ont influencé différemment le rendement. Les conditions édapho climatiques, ainsi que les traitements contre les mauvaises herbes dont le résultats sur le rendement sont restés statistiquement identiques. Les parcelles couvertes de film en caoutchouc ont donné un rendement supérieur aux autres traitements (Fig 8). L'accumulation de chaleur par ce film en caoutchouc, facteur important dans l'activation de la minéralisation de la matière organique, ainsi que la conservation de l'eau dans le sol a donné un résultat supérieur plants de maïs (Fig 8).

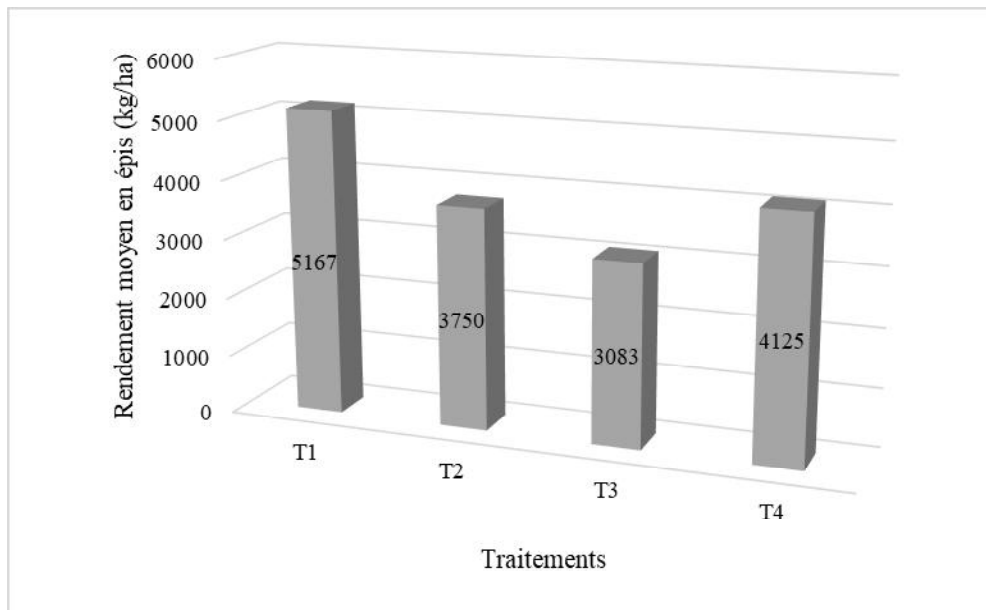


Figure 10: Effets des traitements sur le rendement moyen en épis

3.1.9. Rendement en grains

L'analyse des résultats relatifs au rendement en grains du maïs ont été analysés et résumés dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9: Analyse de la variance des données du rendement en grains

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	F 0,95
Bloc	3	546875	182292	0,56	
Traitement	3	4352431	1450810	4,43	0,036
Erreur résiduelle	9	2946181	327353		
Total	15	7845486			

Subsidiairement aux résultats des rendements moyens, l'analyse de rendements en grains de maïs soumis aux différents traitements contre l'enherbement ont révélé de différences significatives ($F_{obs} > F_{th}$). L'avage est révélé par le traitement au film en Polyéthylène qui a donné plus de rendement en grains par rapport aux autres traitements (Fig. 9).

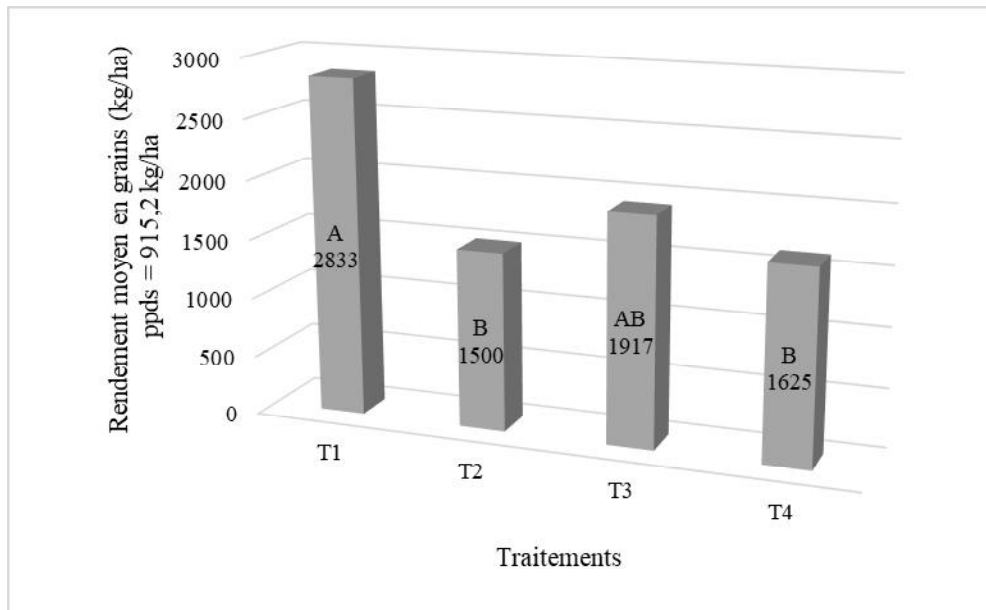


Figure 11: Effets des traitements sur le rendement moyen en grains

3.2. Discussions

Les résultats relatifs aux différents modes de désherbage du maïs ont permis de les classer par ordre d'efficacité de la manière suivante :

Le désherbage par usage du film en caoutchouc de couleur noire opaque (F1) vient en première position, suivi du traitement aux herbicides Glyphosate et 2,4-D et du Mulch pailleux. Le sarclage mécanique vient en dernière position pour tous les paramètres mesurés.

Ceci nous a permis ainsi, de confirmer notre première hypothèse qui stipulait que ; Parmi les méthodes de désherbage reconnues contre les mauvaises herbes, une contrôlerait mieux **les adventices gênant la culture de maïs en milieu de Mulo.**

L'efficacité du film plastique noir en désherbage est d'une part attribuée au fait qu'il empêche l'enherbement des parcelles, par le fait que les grains des mauvaises herbes sont privés de la lumière et oxygène, facteurs influençant la germination, malgré le maintien de l'humidité du sol (MESSAOUDI, 1990; ACHARD, 2016; CHAUVEL et al., 2018 cités par NDAVARO & KAMBALE, 2020). D'autre part, son action physique de brûlage d'herbes par concentration de chaleur semble autant jouer un rôle non négligeable.

Par ailleurs, l'opacité et la durabilité des paillis plastiques sont deux paramètres qui expliquent leur efficacité, à plus ou moins long terme durant le cycle des cultures (FROCHOT *et al.* 1992). Cependant, la performance du film plastique noir dans l'augmentation du rendement, serait attribué à l'augmentation de la chaleur qui stimule les bactéries du sol et accélère ainsi, la décomposition et la minéralisation (ROBITAILLE, 1994).

D'autres auteurs ajoutent que le paillage plastique permet une augmentation de la chaleur du sol, et réduit ainsi, la viscosité de l'eau et accroît fortement l'absorption racinaire, la décomposition de la matière organique et donc parfois la fertilité du sol, durée de vie de 3 à 5 ans selon les qualités (ROBITAILLE, 1994)

Les films biodégradables conçus moyennant les fibres naturelles de coco, de chanvre, de lin et fibres de bois, de liège sont d'emblée utilisés en agriculture biologique (Philippe Van LERBERGHE, 2004)

Néanmoins, quelques herbes poussant dans la corbeille étaient arrachées à la main.

Comparativement au désherbage chimique, LERBERGHE, 2004), signale que le paillage plastique serait aussi efficace que le désherbage chimique car il supprime ou mieux évite l'apparition spontanée d'adventices directement aux alentours des plants cultivés. Il empêche le déclenchement de la compétition en plusieurs niveaux (pour l'eau, les éléments nutritifs, l'oxygène et la compétition souterraine).

Concernant le désherbage aux herbicides 2,4-D et Glyphosate qui a eu une efficacité moyenne, a réussi à éliminer la totalité de toute la flore d'adventices de maïs. Il est attribué à l'herbicide 2,4-D l'efficacité contre les Dicotylédones annuels, alors que le Glyphosate a une bonne efficacité contre les monocotylédones pérennes. Bien qu'ils ont eu à réduire les mauvaises herbes sous les plants, ils ont eu par contre une phytotoxicité sur les plants de maïs qui s'est manifestée par une faible hauteur des plants (Fig. 2), une faible hauteur de l'insertion de l'épi (Fig. 3) et un faible rendement moyen (Fig. 8).

Nombreux auteurs, à l'occurrence WAGNER et al., (1998), soulignent qu'il faut privilégier une lutte dirigée qu'à l'emploi des herbicides totaux et pour éviter la phytotoxicité, face à ce danger, il est nécessaire pour l'ensemble d'agriculteurs de songer à alterner les herbicides car ces dangers sont difficiles à éviter par la majorité des agriculteurs (GASQUEZ, 1991), qui a montré qu'après plusieurs années, certains adventices présentent des résistances à certaines matières actives d'herbicides.

De sa part, le mulch pailleux permet de protéger le sol des excès climatiques pouvant provoquer son croûtage, ralentit l'évaporation de l'eau et protège les tiges et fruits des souillures (CTIFL, 2013). Cette technique est économique car valorise les déchets de récolte dans l'immédiat. Le paillage constitue la principale alternative aux méthodes traditionnelles de désherbage, en particulier la lutte chimique (...) (FROCHOT, 1988). Le paillage joue un grand rôle dans la lutte antiérosive et une fois décomposé, il enrichit le sol en matière organique bénéfique pour stimuler la croissance des cultures et même la vie active des semences d'adventices (RHOTON, 2000; FERNANDEZ et al., 2015; LAUFER et al., 2016).

Dans notre cas les effets du paillis ne se sont pas révélés suite à la décomposition rapide de ce dernier, l'intensification des pluies qui ont sûrement précipité les éléments issus de la décomposition en profondeur et hors champs. Ceci s'est soldé par un rendement médiocre des parcelles traitées au paillis. Ce résultat, nous a conduit à infirmer notre deuxième hypothèse du travail qui stipulait que ; parmi les moyens de désherbage applicables à la culture de Maïs, le mulch pailleux, pour les avantages qu'il procure au sol, induirait un rendement plus élevé par rapport aux autres méthodes de contrôle des mauvaises herbes.

Enfin, le désherbage mécanique manuel à la houe est venu en dernière position (T4). C'est la méthode d'élimination des mauvaises herbes utilisée par la majorité d'agriculteurs dans notre milieu ; elle consiste à faire passer l'outil pour déraciner les mauvaises herbes ; ceci provoque l'imbibition et l'oxygénation qui stimule la poussée des stocks dormants des semences adventices (KOMA, 1998; NOBA, 2002), expose le sol à l'érosion, percolation, lixiviation et lessivage ce qui influence sensiblement le rendement en grains du maïs.

(1) Parmi les méthodes de désherbage reconnues contre les mauvaises herbes, une contrôlerait mieux les adventices gênant la culture de maïs en milieu de Mulo.

(2) Parmi les moyens de désherbage applicables à la culture de Maïs, le mulch pailleux, pour les avantages qu'il procure au sol, induirait un rendement plus élevé par rapport aux autres méthodes de contrôle des mauvaises herbes.

CONCLUSION

La présente étude avait pour objet, d'évaluer des différentes méthodes de désherbage du maïs dans les conditions agro-écologiques de Mulo dans le but de desceller parmi celles-ci, celle qui contrôle plus les mauvaises herbes dans le champs de maïs et par conséquent induire plus de rendement en grains.

Les résultats présentés dans ce travail constituent une avancée significative, dans le sens où ils mettent à la portée des acteurs de développement et les agricultures des nouvelles méthodes de contrôle des adventices dans le champs de maïs, véritable calvaire pour les agriculteurs amateurs de la culture de maïs dans le milieu.

De plus, ce travail permettra à futures chercheuses intéressées par le thème de fonder leurs recherches sur des bases solides en matière de contrôle des mauvaises herbes en commune rurale de Lubero.

Toutefois, une étude de détermination du stock des semences des mauvaises herbes dans les sols agricoles serait d'importance capitale et précéderait les présentes investigations. Faute de temps matériel et des moyens financiers nous n'avons pas pula réaliser.

Nous recommandons ainsi, aux futures chercheurs de focaliser leur observation sur ce point et mettre à la portée des agriculteurs les données sur la quantité de semences des mauvaises, ainsi que la diversité spécifique base nécessaires pour préconiser une lutte proportionnelle à l'ampleur du problème.

Aux autorités Etatiques, décideurs et acteurs de développement, d'entreprendre un vaste programme de contrôle des mauvaises herbes en commune rurale de Lubero en général et au quartier Mulo en particulier pour booster la production du maïs considéré comme culture de rente à Mulo.

Au gouvernement congolais de valoriser les différentes recherches menées par des agronomes en vue d'arriver, dans le plus bref délai, à atteindre une sécurité alimentaire en République Démocratique du Congo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelkrim H., 1995. Contribution à la connaissance des groupements de mauvaises herbes des cultures du secteur algérois: approches syntaxonomique et agronomique (Doctoral dissertation, Paris 11).
- AFRICA RICE. (2013). L'utilisation sûre et correcte des herbicides.
- AHMADI, N., CHANTEREAU, J., HEKIMIAN, C., MARCHAND, J., & OUENDEBA, B. (2006). Les céréales. Ministère des affaires étrangères, CIRAD et Great, Paris, France. In Memento de l'Agronome, 777–829.
- Akobundu, I.O. 1987. Weed science in the tropics. Principles and practices. J. W. Sons, Chichester (England). 495 pp.
- Anonyme1 , 2006. Gestion responsable des herbicides des céréales. Agriculture et Agroalimentaire, Canada, Rapport final de recherche E2006-06, 6 p.
- Anonyme2 , 2006. Gestion des mauvaises herbes et de la fertilité du sol en production biologique de bleuets. Agriculture et Agroalimentaire, Canada, Rapport final de recherche E2006-06, 10 p.
- APG III. (2009). Systématique moderne phylogénétique des Angiospermes. 147.
- Auld B. A., Menz K. M. et Tisdell, C. A., 1987. Weed control economics. Weed control economics
- BaDU-APRAKU, B., FAREDE, M., OUEDRAOGO, M., CARSKY, R., & MENKIR, A. (2003). Maize revolution in west and central Africa producing of a regional maize workshop, IITA Cotonou, Benin Republic, 14-18 May, 2001, WECAMANA IITA, Ibadan Nigeria. 566p.
- Barberi P. et Labrada R., 2005. Methodes preventives et culturales pour la gestion des mauvaises herbes.
- Barralis G., Chadoeuf R., 1980. Etude de la dynamique d'une communauté adventice. I. Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. WeedRes. 20, 231-237.

- Barralis G., Chadoeuf R., 1980. Etude de la dynamique d'une communauté adventice. I. Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. *Weed Res.* 20, 231-237.
- Barralis, G., & R. Chadoeuf. 1980. Etude de la dynamique d'une communauté adventice:1- Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture.
- Breman H. et Stroosnijder L., 1982. La relation entre le substrat et la vegetation. In *La productivite des paturages Sahéliens* (No. 918, pp. 322-346). Pudoc.
- Bridgemohan P., Brathwaite R. A. I. etMcDavid C. R., 1991. Seed survival and patterns of seedling emergence studies of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) WD Clayton in cultivated soils. *Weed Res.* 31(5), 265-272
- Brunel S. et J. Tison, 2005. Study on invasive plants in the Mediterranean Basin. *Rencontre Environnement*, n° 59 : 49 - 50 p
- Buhler S. et G. D. Leroux , 1997. Utilisation du seigle d'automne (*Secale cereale*) contre les mauvaises herbes dans la citrouille. Département de phytologie, Université Laval, Québec, G1K 7, 4 p. Carol
- Cardoso GD, Alves PLCA, Severino LS, Vale LS. 2011. Critical periods of weed control in naturally green colored cotton BRS Verde. *Industrial Crops and Products*, 34 (1):1198-1202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.04.014>**
- Caussanel J. P., 1989. Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, 9(3), 219-240.
- Cramer H. H., Bayer F. et Pijollet F., 1967. La protection des plantes et les récoltes dans le monde. *Bayer Pflanzenschutz*
- CTIFL. (2013). Le Point sur les méthodes alternatives. Le paillage en cultures légumières. [Http: //www.Ctifl.fr](http://www.Ctifl.fr), 8p.
- Cussans G. W., Cousens R. D. et Wilson B. J., 1986. Thresholds for weed control—the concepts and their interpretation. In *Proceedings of the 5th European Weed Research Society Symposium on Economic Weed Control* (Stuttgart-Hohenheim, Germany, 1986). *Weed Res*, Oxford. 253-260.

- Dessaint F., Barralis G., Beuret E., Caixinhas M. L., Post, B. J. et Zanin G., 1990. Etude coopérative EWRS : la détermination du potentiel semencier: I. Recherche d'une relation entre la moyenne et la variance d'échantillonnage. *WeedRes.* 30, 421-431.
- DOEBLEY, J., DOODMAN, M., & STUBER, C. (1985). Isozyme variation in the races of maize from Mexico. *American Journal of Botany*, 72(5), 629-639.
- DOEBLEY. (2004). The genetics of maize evolution. *NnuRev Genet*, A38, 37-59.
- Doyon, D., J.-M. Deschênes, C.-J. Bouchard et R. Rioux. 1982. Les inventaires de mauvaises herbes dans les principales cultures au Québec. I. Buts et méthodologie. *Phytoprotection* 63: 10-21.
- EQUITERRE. (2009). Répression des ennemis des cultures "Mauvaises herbes." 1–31.
- FROCHOT, H. (1988). Techniques particulières de reboisement sur les délaissées : concurrence avec la végétation herbacée. In : XIe Congrès de l'union Européenne Des Forestiers, 2 p.
- GASQUEZ, J. (1991). La résistance aux herbicides chez les angiospermes. In: Scala R (Ed), *Les Herbicides*. INERA, Montpellier, 265-280p.
- GAY, J. (1984). *Fabuleux maïs: Histoire et avenir d'une plante*. AGPM, Infocompo, pau. 295p.
- Glauning J. et Holzner W., 1982. Interference between weeds and crops: a review of literature. In *Biology and ecology of weeds*. 149-159. Springer, Dordrecht.
- Godinho M., 1984. Les définitions " d'adventices " et de " Mauvaises herbes". *Weed Res.* 24 (2), 121-125.
- Guinochet M. et Vilmorin R. D., 1973. *Flore de France*, vol. 1. du Centre National de la Recherche Scientifique.
- Halimi A., 1980. *L'Atlas Blidéen: climats et étages végétaux*. Office des Publ. Universitaires.
- Halli L., Abaidi I. et Hacene N., 1996. Contribution à l'étude phréonologique des adventices des cultures dans les stations INA (céréales), de l'ITGC (légumineuses) et de l'ITCMI (pomme de terre). Thèse Ing. INA, El-Harrach, 86p.

- Harper J.L., 1977 .Population Biology of Plants. Academic Press, London
- HUFFORT, M., XUN, X. ., VAN J., HEERWAARDEN,, PHYTHAJARVI T., GULL, J., SWAMSON, W. R. A. . E. C., R.J. ELSHIRE,, J.C., G. G. K. E., KAEPPLER S., L'AI J., MORREL P.L., SHANNON L.M, SONG C., SPRINGER N.M, SWANSON-WAGNER R.A, TIFFIN P. WAUG J., ZHANG G., DOEBLEY J., MULLEN M.D, ... ROSS-IBRARRA J. (2012): Nature Genetic, 808–813.
- KOMA, B. (1998). Végétation post-culturelle en zone soudanaise. Influence des pratiques culturelles et des facteurs anthropiques sur la reconstitution végétale après abandon culturel. Thèse de doctorat Université de Corse, Corse
- Lal R., Regnier E., Eckert D.J., Edwards W.M. et Hammond R., 1991. Expectations of cover crops for sustainable agriculture. In cover crops for clean water, ed . Hargrove,W.L.,pp1-11. Soil and Water Conservation Society Publication, Ankey, USA
- Lal, R. 1975. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. IITA, Ibadan, Nigeria.
- LANRINOUE, Z. I. DE. (2014). Conception et évaluation d ' itinéraires techniques AEI intégrant le désherbage mécanique en cultures légumières d ' industrie. 42.
- Le Bourgeois T., 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord- Cameroun (Afrique). These Doc. UNV., Montpellier II, 249 p.
- Legay J.M. et Debouzie D., 1985. Introduction à une Biologie des Populations. Masson, Paris
- Legay J.M. et Debouzie D., 1985. Introduction à une Biologie des Populations. Masson, Paris
- Lemée G., 1967. Facteurs biotiques. In: Précis de Biogéographie. (G. Lemée, ed), Masson, Paris.171-197
- LERBERGHE, P. VAN. (2004). Le paillage des plantations ligneuses , une alternative au désherbage chimique. 1, 22-26p
- Liebman M. et Davis, A.S., 2000. Integration of soil, crop, and weed management in low external-input farming systems. Weed Res. 40. 27-47.

- Loudyi M. C., RON M. G. et ELKHYARI D., 1995. Influence des variables écologiques sur la distribution des mauvaises herbes des cultures du Saïs (Maroc central). *Weed Res.* 35(4), 225-240
- Maillet, J. 1992. Constitution et dynamique des communautés de mauvaises herbes des vignes de France et des rizières de Camargue. Docteur d'état mention Science, Université de Montpellier II - Science et Techniques de Languedoc, Montpellier
- Manalil S, Coast O, Werth J, Chauhan BS. 2017. Weed management in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) through weedcrop competition: A review. *Crop Protection*, 95: 53-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.008>**
- MAPAQ (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec). 1985. Pépinières du Québec inspectées et approuvées en 1984. Gouv. Que., Min.Agric. Pêch. Alim. Que., Serv. Rech. Déf. Cuit. 46 pp.
- Marnotte P, Le Bourgeois T. 2002. Session tropicale du COLUMA 2001. Les mauvaises herbes des cultures tropicales. *Phytoma-La Défense des Végétaux* (551): 8-12.**
- MARNOTTE, P., BAILLIF, S., & MARION, J. E. D. (2018). Suivi des mauvaises herbes : levée et phénologie Mieux les connaître pour mieux les maîtriser L ' Etang -Salé – 2017 et 2018.
- MAZOYER, M. (2002). MAZOYER M. (): La Rousse Agricole, La Rousse. 767p
- MAZOYER. (2017). Histoire des agricultures du monde. Du Néolithique à la crise contemporaine, Seuil, Paris. 534p.
- Melakhessou Z., 2007. Etude de la nuisibilité directe des adventices sur la cultures du pois chiche d'hiver (*Cicer aritinum* L.) variété ILC 3279 .cas de *Sinapis arvensis* L .Mémoire de magister. Université El hadj Lakhder de Batna, 72.
- Mohler C.L. et Teasdale J.R., 1993. Response of weed emergence to rate of *Viciavillosa* Roth and *Secale cereale* L. residue. *Weed Res.* 33. 487-499.
- Montegut J., 1975. Ecologie de la germination des mauvaises herbes. La germination des semences, 191-217.

- Mortimer, A.M. 1990. The biology of weeds, p. 1-42, In K. Holly, ed. Weed control handbook: principles. Blackwell Scientific Publications, London.
- NDIAYE, A. (1987). La sélection du maïs au Sénégal et étude de la variabilité génétique des populations. Rapport de stage de titularisation. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles. 41p.
- Oerke EC. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(1): 31–43. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>**
- POECHMANN, J., & SLEPER, D. (1995). Breeding field crops. Iowa State University press, Ames, XV. 494p.
- Pousset J., 2016. Agricultures sans herbicides. France Agricole Editions
- Putnam A. R., 1985. Weed allelopathy. *Weed physiology*, 1, 131-155 56-
- Quee, D.D. et al., 2016. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* WEED SPECIES DIVERSITY IN CASSAVA (*Manihotesculenta*Crantz) MONOCULTURE IN ASHANTI REGION OF GHANA. , 4(2320).
- Reynier A., 2000. *Mannuel de viticulture*. 8ème ed. Tec et doc. 514p.
- RHOTON, F. (2000). Influence of time on soil response to no-till practices. *Soil Sciences Society of America Journal.*, 64, 700-709p.
- Rice E. L., 1979. Allelopathy—an update. *The Botanical Review*, 45(1), 15-109
- Roberts H.A., 1981. Seedbanks in soil. *Adv. appl. Biol* 6, 1-557
- Robinson, D.W. 1983. Weed control in nursery stock and amenity plantings. Pages 199-226 in: W.W. Fletcher (éd.), *Récent advances in weed research*. Commonw. Agric. Bur., Farnham Royal, Slough, England. 266 pp.
- ROBITAILLE, D. (1994). La protection des plantations. In : *Actes du colloque l'Arbre en Ville et à la Campagne*, Montréal, 2 et 3 novembre. 123-134
- ROUANET, G. (1997). Le maïs. *Le technicien de l'agriculture*. Maisonneuve et Larose éd. 142p.

- Safir A., 2007. Approche phénologique de quelques groupements d'adventices des cultures dans la région de Tipaza. 73p.
- Seghieri J., 1990. - Dynamique saisonnière d'une savane soudano-sahélienne du nord Cameroun, thèse doctorat sciences, université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 200 p
- Sikirou, R., Nakouzi S., Adanguidi, J. and Bahama J. 2018. Reconnaissance des mauvaises herbes en culture du maïs au Bénin et méthodes de lutte – Fiche technique. Cotonou, FAO. 28 pp
- TENAILLON, M., SAWKINS, M., LONG, A., GAUT, R., DOEBLEY, J., & GAUT, B. (2001). Patterns of DNA sequence polymorphism along chromosome 1 of maize (*Zea mays* L. ssp. *mays*). *Proc. Natl. Acad. Sci.* 98, 9161-9166.
- Traore K. et Mangara A., 2009. Etude Phyto-écologique des Adventices dans les AgroÉcosystèmesÉlaeicoles de la Mé et de Dabou. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol.31 No.4 (2009): 519 - 533.
- VALIMUNZIGHA, C. (2023). Ecologie spéciale en deuxième grade de Phytotechnie. Cours Inédit, 72.
- VALIMUNZIGHA, C. (2023). Ecologie spéciale en deuxième grade de Phytotechnie. Cours Inédit, 72.
- VIGOUROUX, Y., JEFFREY, C., GLAUBITZ, YOSHIHIRO, M., MAJOR, M., GOADMAN, JESUS, S. G. , & JOHN DOEBLEY. (2008). Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. 1240-1253. *American Journal of Botany*, 95(10).
- WAGNER, R.-G., FLYNN, J., & GREGORY, R. (1998). Public perceptions of a risk and acceptability of forest vegetation management alternatives in Ontario. *For. Chron.* 74, 720-727p
- Whittaker R. H., 1970. The biochemical ecology of higher plants. *Chemical ecology*, 3, 43-70.

Annexes

Annexe 1: Données brutes intermédiaires

Bloc	Traitement	Hauteur de la plante (cm)	Hauteur d'insertion de l'épi (cm)	Diamètre au collet (mm)	Nombre de feuilles	Nombre de nœuds	Nombre d'épis
1	T1	210,00	70	32,30	11	9	1
1	T1	170,00	70	21,01	11	6	1
1	T1	175,00	75	24,49	11	5	1
1	T1	180,00	120	24,63	12	8	1
1	T2	160,00	100	26,23	13	10	2
1	T2	120,00	70	12,19	13	8	2
1	T2	150,00	90	21,49	12	9	1
1	T2	200,00	95	32,54	12	9	1
1	T3	200,00	100	21,73	11	9	2
1	T3	200,00	105	22,54	11	9	1
1	T3	160,00	70	22,01	11	8	1
1	T3	150,00	100	26,17	11	8	1
1	T4	200,00	100	25,10	12	9	1
1	T4	170,00	70	31,02	13	8	1
1	T4	180,00	70	23,04	12	9	1
1	T4	200,00	90	26,17	12	9	1
2	T1	200,00	110	25,10	11	9	2
2	T1	200,00	120	27,24	12	9	2
2	T1	210,00	115	32,90	12	8	2
2	T1	200,00	120	18,84	13	9	1
2	T2	190,00	100	24,21	12	8	1
2	T2	200,00	110	21,75	12	8	2
2	T2	200,00	100	15,31	12	8	1
2	T2	200,00	100	20,79	11	7	2
2	T3	150,00	100	27,91	12	7	2
2	T3	180,00	115	27,19	12	8	1
2	T3	150,00	100	21,90	12	9	1

B

Bloc	Traitement	Hauteur de la plante (cm)	Hauteur d'insertion de l'épi (cm)	Diamètre au collet (mm)	Nombre de feuilles	Nombre de nœuds	Nombre d'épis
2	T3	170,00	100	20,29	13	9	2
2	T4	200,00	110	25,76	12	8	1
2	T4	200,00	115	21,60	11	8	1
2	T4	180,00	100	28,34	12	9	1
2	T4	200,00	90	15,91	12	8	1
3	T1	230,00	110	22,39	10	8	1
3	T1	220,00	110	22,59	12	9	2
3	T1	230,00	120	25,69	11	7	2
3	T1	200,00	110	25,65	12	9	1
3	T2	190,00	100	23,84	11	9	1
3	T2	200,00	120	19,22	11	8	1
3	T2	170,00	100	23,95	11	9	2
3	T2	200,00	115	22,39	12	8	1
3	T3	170,00	90	22,59	12	10	1
3	T3	200,00	120	25,97	11	9	2
3	T3	170,00	90	28,31	12	9	2
3	T3	150,00	70	15,68	12	9	1
3	T4	130,00	90	20,53	11	8	1
3	T4	200,00	120	26,50	12	9	1
3	T4	200,00	110	19,47	11	8	2
3	T4	120,00		22,17	10	6	2
4	T1	200,00	110	27,74	11	7	2
4	T1	190,00	100	29,48	12	8	2
4	T1	200,00	115	25,48	11	9	2
4	T1	200,00	115	26,63	11	8	2
4	T2	220,00	120	30,60	13	9	1
4	T2	206,00	100	25,69	11	8	1
4	T2	220,00	100	24,99	12	7	2
4	T2	200,00	110	26,60	12	8	1
4	T3	200,00	90	31,29	12	9	1

C

Bloc	Traitement	Hauteur de la plante (cm)	Hauteur d'insertion de l'épi (cm)	Diamètre au collet (mm)	Nombre de feuilles	Nombre de nœuds	Nombre d'épis
4	T3	190,00	100	23,34	11	8	1
4	T3	140,00	75	16,48	12	9	3
4	T3	160,00	90	18,47	12	7	2
4	T4	220,00	130	25,07	12	7	2
4	T4	200,00	115	23,07	12	9	2
4	T4	200,00	105	20,33	12	8	2
4	T4	200,00	110	19,59	12	9	2

Annexe 2: Données brutes du taux de levée, du rendement en épis et en grains

Bloc	Traitement	Taux de levée (%)	Poids des épis (kg/6 m ²)	Poids des grains (kg/6 m ²)	Rendement en épis (kg/ha)	Rendement en grains (kg/ha)
1	T1	64,58	1,70	1,40	2833,33	2333,33
1	T2	75,00	3,20	1,30	5333,33	2166,67
1	T3	87,50	1,30	1,00	2166,67	1666,67
1	T4	72,91	2,00	0,80	3333,33	1333,33
2	T1	100,00	3,20	1,50	5333,33	2500,00
2	T2	72,20	2,00	1,00	3333,33	1666,67
2	T3	89,58	2,70	1,50	4500,00	2500,00
2	T4	83,33	2,60	0,80	4333,33	1333,33
3	T1	72,00	4,10	2,40	6833,33	4000,00
3	T2	68,75	2,00	0,70	3333,33	1166,67
3	T3	87,50	2,00	1,10	3333,33	1833,33
3	T4	77,08	2,30	1,20	3833,33	2000,00
4	T1	87,50	3,40	1,50	5666,67	2500,00
4	T2	60,41	1,80	0,60	3000,00	1000,00
4	T3	83,33	1,40	1,00	2333,33	1666,67
4	T4	85,41	3,00	1,10	5000,00	1833,33