

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION (MESRSI)**

.....

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO (UPB)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option: Agronomie

THEME:

Etude de l'efficacité du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les adventices du maïs (*Zea mays*) et de ses effets sur les propriétés biologiques du sol.

Présenté par : TRAORE Sheck Mohamard Zégué

Directeur de mémoire: Dr Bernard BACYE

Maître de stage: Dr Georges KAMBOU

N°:- 2016/Agro

Avril 2016

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
REMERCIEMENTS.....	ix
SIGLES ET ABREVIATIONS	x
RESUME.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I.GENERALITES SUR LE MAÏS.....	3
1.1-Origin et aires de culture du maïs.....	3
1.2- Usages du maïs.....	3
1.3-Morphologie et cycle de développement de la plante de maïs.....	3
1.3.1. Morphologie de l'appareil végétatif.....	3
1.3.2. Morphologie de l'appareil reproducteur et du fruit.....	4
1.3.3. Cycle de développement du maïs.....	5
1.4. Ecologie du maïs.....	5
1.5. Itinéraire technique du maïs.....	6
1.5.1. Choix des variétés et des semences.....	6
1.5.2. Choix du terrain.....	6
1.5.3. Préparation du sol.....	6
1.5.4. Semis.....	6
1.5.5. Désherbage.....	7
1.5.6. Fertilisation.....	7
1.5.7. Maladies, ravageurs et moyens de lutte.....	8
1.5.7.1. Maladies dominantes du maïs et moyens de lutte.....	8
1.5.7.2. Principaux ravageurs du maïs et moyens de lutte.....	9
1.5.8. Récolte.....	9

II. GENERALITES SUR LES ADVENTICES.....	9
2.1. Définition.....	9
2.2. Flore adventice potentielle et réelle.....	10
2.3. Types biologiques.....	10
2.4. Nuisibilité des adventices.	12
2.4.1. Nuisibilité due à la flore potentielle.....	12
2.4.2. Nuisibilité due à la flore réelle.	12
2.5. Seuil de nuisibilité des adventices.....	13
2.6. Méthodes de lutte contre les adventices.....	13
2.6.1. Lutte préventive.	13
2.6.2. Méthodes curatives de lutte.....	14
III. GENERALITES SUR LES HERBICIDES.....	15
3.1. Définition.	15
3.2. Composition d'un herbicide.	15
3.3. Formulation des herbicides.....	15
3.4. Classification des herbicides.....	16
3.4.1. Classification selon le but poursuivi.....	16
3.4.2. Classification selon le moment d'application.....	16
3.4.3. Classification selon le mode de pénétration dans la plante.....	16
3.4.4. Classification selon la sélectivité.....	17
3.4.5. Classification selon la famille chimique.....	17
3.5. Notion de toxicité d'un herbicide.....	17
3.6. Efficacité et sélectivité d'un herbicide.....	17
3.6.1. Efficacité d'un herbicide.....	17
3.6.2. Sélectivité d'un herbicide.....	18
3.7. Mode d'action des herbicides.....	18
3.8. Homologation des herbicides.....	18
IV. GENERALITES SUR LES PROPRIETES BIOLOGIQUES DU SOL.....	19
4.1. Définition du sol agricole.....	19

4.2. Qualité biologique d'un sol agricole.....	19
4.3. Êtres vivants du sol.....	19
4.3.1. Faune du sol.....	19
4.3.2. Flore du sol.....	20
4.4. Activité des microorganismes du sol.....	20
4.5. Facteurs influençant l'activité des microorganismes.....	21
V. PRESENTATION DU MILIEU DE L'ETUDE.....	21
5.1. Relief.....	21
5.2. Climat et pluviométrie.....	22
5.3. Sols.....	23
5.4. Végétation.....	24
5.5. Réseau hydrographique.....	24
CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES.....	25
I. MATERIEL.....	25
1.1. Situation géographique et administrative du site de l'étude.....	25
1.2. Matériel végétal.....	25
1.3. Produits utilisés.....	26
1.4. Sol.....	26
1.5. Appareil de traitement phytosanitaire.....	27
II. METHODES.....	27
2.1. Dispositif expérimental.....	27
2.2. Variables ou paramètres mesurés et/ou observés.....	27
2.2.1. Nombre d'adventices.....	27
2.2.2. Biomasse sèche des adventices.....	28
2.2.3. Taux d'efficacité des herbicides.....	28
2.2.4. Flore adventice.....	28
2.2.5. Rendement et composantes de rendement du maïs.....	28
2.2.6. Propriétés biologiques du sol.....	29

2.2.6.1. Méthode de prélèvement du sol.....	29
2.2.6.2. Analyse au laboratoire.....	29
2.3. Conduite de l'essai.....	31
2.4. Analyse statistique.....	31
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION.....	32
I. RESULTATS.....	32
1.1. Reprise et phytotoxicité.....	32
1.2. Effets des traitements sur les adventices du maïs.....	32
1.3. Efficacité des traitements sur les adventices du maïs (pieds/m ²).	35
1.4. Influence des traitements sur la dynamique d'accumulation de la biomasse sèche des adventices.....	35
1.5. Efficacité des traitements en fonction de la biomasse sèche des adventices (g/m ²).	39
1.6. Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 45 ^{ème} jour après application des herbicides.....	39
1.7. Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 65 ^{ème} jour après application des herbicides.....	43
1.8. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries cellulolytiques du sol.....	47
1.9. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les champignons microscopiques du sol.....	49
1.10. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries ammonifiantes du sol.....	51
1.11. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries nitrifiantes du sol.....	53
1.12. Influence des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur la structure et le rendement du maïs.....	55
1.13. Corrélations entre des facteurs étudiés et le rendement.....	57

II. DISCUSSION.	59
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.	62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.	63
WEBOGRAPHIE.	67
ANNEXES.	I

DEDICACE

Je dédie le présent travail à :

- ☞ Mon père feu TRAORE Yaya qui m'a toujours encouragé dans mes études jusqu'à ses derniers jours malgré la souffrance qu'il subissait.*
- ☞*
- ☞ A ma mère BAGAYOGO Mariam qui m'a toujours apporté ses soutiens multiformes pour ma réussite scolaire et universitaire.*
- ☞ A mes frères et sœurs qui ont fait preuve de patience et de compréhension malgré les difficultés que nous traversons.*
- ☞ A tous les chercheurs qui œuvrent pour le développement agricole au Burkina Faso.*

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Quelques exemples d'adventices et leur type biologique (TB)	12
Tableau II: Données agrochimiques du sol de la Vallée du Kou à 0-20 cm de profondeur du sol.	23
Tableau III : Caractéristiques des herbicides.....	26
Tableau IV : Variation de la densité des adventices du maïs (pieds/m²) en fonction des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC).....	34
Tableau V : Efficacité des traitements en fonction du nombre d'adventices.	35
Tableau VI : Variation du poids de la biomasse sèche des adventices du maïs (g /m²) en fonction des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC).....	38
Tableau VII : Efficacité des traitements en fonction de la biomasse sèche des adventices du maïs.	39
Tableau VIII: Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 45^{ème} JAT.	40
Tableau IX: Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 65^{ème} JAT.	44
Tableau X: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries cellulolytiques, (1000/g de sol sec).....	48
Tableau XI: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les Champignons microscopiques, (1000/g de sol sec).....	50
Tableau XII: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les microorganismes utilisant la forme organique de l'azote (bactéries ammonifiantes, 1000/g de sol sec).	51
Tableau XIII: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries nitrifiantes (1000/g de sol sec).	53
Tableau XIV: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur la structure et le rendement du maïs.....	55

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition mensuelle de la pluviométrie de Bama en 2015 (DRARHASA /Hauts Bassins).	22
Figure 2: Répartition annuelle de la pluviométrie de Bama de l'année 2005 à l'année 2014 (DRARHASA /Hauts Bassins).	23
Figure 3: Localisation de la commune rurale de Bama.	25
Figure 4: Corrélation entre le nombre d'adventices au 7^{ème} jour après application des herbicides et le nombre d'épis de maïs récoltés.	57
Figure 5: Corrélation entre la biomasse sèche des adventices au 7^{ème} jour après l'application des herbicides et le nombre d'épis de maïs récoltés.	58

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce document a été possible grâce à la contribution de nombreuses bonnes volontés à qui nous tenons à exprimer notre profonde gratitude. Nos remerciements vont en particulier :

- A la Direction de l'IDR et l'ensemble du corps professoral qui déploient de grands efforts pour nous procurer une formation de qualité.
- A la Direction de l'INERA pour nous avoir accepté dans la structure et nous accordé un accueil durant notre stage;
- Au Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (WAAPP/PPAAO) pour l'accompagnement financier fait, pour le bon déroulement des activités ;
- Au Dr Georges KAMBOU chercheur au Programme Cultures Maraîchères, Fruitières et Plantes à Tubercules(CMFPT), notre maitre de stage pour la confiance accordée à notre personne, en nous confiant ce travail, sa disponibilité, son encadrement scientifique malgré ses multiples occupations. Son amour pour le travail bien fait ainsi que ses efforts fournis pour mettre à notre disposition du matériel de travail nous a permis de bénéficier de son expérience;
- Au Dr Bernard BACYE enseignant à l'IDR, pour les critiques et les suggestions enrichissantes apportées au présent document;
- Au Doctorant Aboubacar OUATTARA, pour avoir assuré notre encadrement rapproché, et sa modeste sympathie. Richard OUEDRAOGO pour ses apports multiples et ses encouragements;
- Aux techniciens de la section Eco-toxicologie du programme CMFPT, M. Romain YARO, M. Arsène KAMBIRE, M. Abdoulaye OUEDRAOGO, M. Yvon OUATTARA et à tout le personnel du programme CMFPT pour la considération et l'ambiance vécu au sein de ce programme;
- A mes promotionnaires Bernard S. DIBLONI, Issouf SANOU, Clément KARAMBIRI, Florence YAMEOGO, Mariam BARRO, Yaya OUATTARA et tous les autres pour la bonne ambiance qui a toujours existé entre nous durant notre formation;
- A mes amis et frères Lassina Lessi COULIBALY, Rachid COULIBALY, Cheik Mohamed COULIBALY pour leur soutien et accompagnement durant ce stage;
- Et à tous ceux ou toutes celles dont les noms n'ont pas été cités, qu'ils reçoivent l'expression de notre profonde reconnaissance. Que Dieu récompense chacun aux centuples de ses bienfaits !!

SIGLES ET ABREVIATIONS

ACTA: Association de Coordination Technique et Agricole

CEB: Commission des Essais Biologiques

CILSS: Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel

CIRAD: Coopération Internationale en recherche Agronomique pour le Développement

CV: Coefficient de Variation

DDL: Degré De Liberté

DGPER: Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale

DGPSA: Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles

DPSAA: Direction de la Prospective des Statistiques Agricoles et Alimentaires

DJA: Dose journalière admissible

DL₅₀: Dose Létale 50

DRARHASA: Direction Régionale de l'Agriculture de Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire

EC: Concentrés émulsionnable

EPI: Equipement de Protection Individuel

ETM: Ecart Type Moyen

ETR: Ecart Type Résiduel

FAO: Food and Agriculture Organization

IDAO: Identification Assistée par ordinateur

IDR: Institut du Développement Rural

INERA: Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole

ITAB: Institut Technique de l'Agriculture Biologique

JAT: Jour Après Traitement

NPK: Azote, Phosphore, Potassium

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

SC: Suspension concentrée

SIG: Systèmes d'Information Géographique

SL: Concentré Soluble

RGA: Recensement Général de l'agriculture

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

RESUME

Une étude sur l'efficacité biologique du Nicosulfuron (40 g/l SC) contre les adventices (*Cyperus* spp., *Digitaria horizontalis*, *Setaria pallide-fusca*, *Sida acuta*, *Bidens pilosa*, *Paspalum scrobiculatum* etc..) qui causent des dégâts importants au maïs et ses effets secondaires sur la microflore du sol a été menée dans la plaine irriguée de la Vallée du Kou, au Burkina Faso. Le dispositif expérimental utilisé a été un bloc de Fischer complètement randomisé de six (6) traitements en quatre répétitions (4) incluant un témoin non traité, un témoin sarclé manuellement, la dose 540 g/ha du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) et trois doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) à savoir les doses 30 g/ha, 60 g/ha ; et 100 g/ha. Le nombre d'adventices, le poids de leur biomasse sèche et le calcul des coefficients d'efficacité biologique des herbicides ont été obtenus respectivement suivant la méthode de Likov (1985) et la formule de Vilitsky (1989). Le dénombrement des microorganismes (bactéries cellulolytiques, champignons microscopiques, bactéries ammonifiantes, bactéries nitrifiantes) du sol a été effectué sur des milieux de culture gélosés (Tepper et al., 1987). Les résultats obtenus montrent que le Nicosulfuron (60 g/ha) et le Nicosulfuron (100 g/ha) sont les plus efficaces surtout contre les cypéracées, de nombreuses dicotylédones ainsi que les graminées telles que *Digitaria horizontalis* et *Setaria pallide-fusca*. Cependant les espèces comme *Sida acuta*, *Bidens pilosa*, *Paspalum scrobiculatum* semblent résister aux différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC). Les taux moyens d'efficacité biologique de ces deux doses par rapport au nombre et au poids de la biomasse sèche des adventices ont varié respectivement de 50,30% à 52,40% et 46,56% à 52,58%. En outre, la dose 60 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC) a été plus efficace que le 2,4-D sels amines (540 g/ha) et cette efficacité a permis, en une seule application d'obtenir le même rendement que le sarclage manuel. Le Nicosulfuron (100 g/ha), a été la dose la plus efficace, ce qui a permis d'obtenir un surplus de rendement de 27,46 % par rapport au sarclage manuel. Le Nicosulfuron (40 g/l SC) n'a pas été phytotoxique sur le maïs et n'a pas influencé négativement la dynamique d'évolution des microorganismes du sol. Par conséquent, la dose 60 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC) peut remplacer valablement le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) ainsi que le sarclage manuel.

Mots clés: Nicosulfuron, maïs, adventices, microorganismes, Burkina Faso, sol.

ABSTRACT

A study, on the biological efficiency of Nicosulfuron (40 g/l SC) against weeds (*Cyperus* spp., *Digitaria horizontalis*, *Setaria pallide-fusca*, *Sida acuta*, *Bidens pilosa*, *Paspalum scrobiculatum* etc..) which cause big damages to maize and their secondary effects on soil microflora has been done, at the irrigate plain of Kou valley, in Burkina Faso. The experimentation was a completely randomized Fischer bloc design of six (6) treatments in four (4) replications including a control, a manual weeding, a control product 2,4-D sels amines (540 g/ha) and three (3) doses (30 g/ha, 60g/ha and 100 g/ha) of Nicosulfuron (40 g/l SC). The number of weeds, the weight of their dry biomass and the evaluation of the efficiency coefficients were obtained respectively according to the method of Likov (1985) and to Vilitsky (1989) formula. The evaluation of soil microorganisms has been done on media cultura (Tepper and *al.*, 1987). The results showed that Nicosulfuron (60 g/ha) and Nicosulfuron (100 g/ha) are the most efficient, mostly against Cyperaceae, important Dicotyledonous and Graminaceae such as *Digitaria horizontalis* and *Setaria pallide-fusca*. But some species like *Sida acuta*, *Bidens pulosa*, *Paspalum scrobiculatum* seemed to be resistant to the different rates of Nicosulfuron (40 g/l SC). The biological coefficients of these two rates, according to their number and dry biomass weight varied respectively from 50.30% to 52.40% and from 46.56% to 52.58%. Indeed, with only one application, Nicosulfuron (60 g/ha) allowed to reach the same yield that manual weeding. Nicosulfuron (100 g/ha) allowed to get an excess yield of 27.46% compared to the manual weeding. This study showed that the different doses of Nicosulfuron (40 g/l SC) didn't caused phytotoxicity on maize and don't have negative effects on soil microorganisms' evolution. Consequently, the control product 2,4-D sels amines (540 g/ha) and the manual weeding can be replaced by Nicosulfuron (60 g/ha).

Key words: Nicosulfuron, maize, weeds, microorganisms, Burkina Faso, soil.

INTRODUCTION

Le monde agricole est de nos jours confronté à trois grands défis que sont l'amélioration de la sécurité alimentaire et de la nutrition tout en préservant des ressources naturelles cruciales et en limitant l'ampleur du changement climatique (FAO, 2014). En général, l'agriculture est basée essentiellement sur les céréales dont les plus importantes sont le sorgho, le riz, le maïs et le blé qui constituent la base de l'alimentation des populations. Dans la plupart des pays de l'UEMOA, l'appréciation de la situation alimentaire est faite sur la base du bilan céréalier (UEMOA, 2011). Au Burkina Faso, les cultures céréalières qui sont de loin les plus importantes en termes de création de richesse contribuent à hauteur de 10% au produit intérieur brut et à hauteur de 52% à la valeur ajoutée de l'agriculture (Sabo et *al.*, 2010). Le maïs est la troisième céréale cultivée au monde. Cette culture s'est développée en Afrique de l'Ouest dès la mise au point des variétés améliorées par la recherche agronomique (DEUSE et *al.*, 1984). Au Burkina Faso le maïs occupe la troisième place parmi les céréales cultivées tant au niveau des superficies de la production qu'au niveau de la consommation (DGPER, 2010). Il occupe 8 à 9 % de la superficie emblavée en céréales et représente 14 % de la production nationale (Zomboudré et *al.*, 2005). La culture du maïs est pratiquée par 78,6 pour cent des ménages agricoles en saison pluvieuse (DGPSA, 2007).

Entre 1985 et 2012, les quantités de maïs produites sont passées de 9 pour cent à plus de 17 pour cent de la production céréalière totale du pays. Cette production s'est accrue et a excédé un million de tonnes avec des rendements moyens de 3,7 tonnes en culture irriguée et 1,5 tonne à l'hectare en culture pluviale (Guissou et *al.*, 2012). Selon Hema, (1994) cité par Zomboudré et *al.*, (2005), avec les conditions pédoclimatiques défavorables, les rendements du maïs ont tendance à plafonner et dépassent rarement 0,7 à 1 tonne/ha en milieu paysan

Par ailleurs, les pressions parasitaires et les pertes de produits dues à la concurrence des adventices ne sont pas négligeables. Ces rendements auraient pu être plus élevés si le maïs n'était pas sujet d'attaques de mauvaises herbes. En effet, les adventices des cultures sont généralement responsables des pertes de récoltes de plus de 25% en zone tropicale (Le Bourgeois & Marnotte, 2002 cité par Le Bourgeois et *al.*, 2008).

Malgré de nombreuses méthodes de lutte préconisées telles que l'utilisation de faux hôtes, le recours d'agents biologiques, la solarisation, la rotation des cultures en vue de réduire le niveau d'infestations des adventices, les paysans continuent jusqu'à présent à se servir de la daba pour sarcler les mauvaises herbes et remuer le sol. Cette activité occupe une grande partie de leur temps et le niveau de productivité est faible. Vu l'importance du maïs dans

l'alimentation et dans l'économie nationale. L'utilisation des herbicides demeure la seule alternative à court terme pour contrôler les adventices de cette culture.

L'usage d'herbicides n'étant pas sans risque sur l'environnement vu la quantité de molécules qui seront déversées, il convient de rechercher une molécule qui réduit les pertes économiques, qui offre plus de souplesse dans le choix du moment d'application et dont la dose d'application faible réduit les concentrations des produits chimiques dans l'environnement. C'est dans ce contexte que nous situons notre étude dont le thème s'intitule: « L'étude de l'efficacité du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les adventices du maïs et de ses effets sur les propriétés biologiques du sol ».

L'objectif de cette étude est de contribuer de manière efficiente à l'atteinte d'une sécurité alimentaire durable à travers une augmentation des rendements du maïs. De manière spécifique, il s'agit:

- d'évaluer la phytotoxicité du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur le maïs ;
- de trouver la dose d'application du Nicosulfuron (40 g/l SC) aussi efficace que le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) et le sarclage manuel sans être toxique pour microorganismes du sol;

Deux hypothèses de recherche sont émises à travers notre étude :

- le Nicosulfuron (40 g/l SC) ne présente pas de phytotoxicité sur le maïs et n'est pas toxique pour les microorganismes du sol;
- le Nicosulfuron (40 g/l SC) est aussi efficace que le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) et le sarclage manuel.

La production de ce document consistera dans un premier temps à faire les généralités sur le maïs, les adventices, les herbicides, les propriétés biologiques du sol ainsi que la présentation du milieu de l'étude. Dans un deuxième temps, nous allons présenter d'abord les matériels et les méthodes utilisés, ensuite, les résultats obtenus et de la discussion abordée.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. GÉNÉRALITÉS SUR LE MAÏS.

1.1- Origine et aires de culture du maïs

Le maïs actuel résulte à la fois de mutations naturelles et de sélections conduites par l'homme à partir d'un ancêtre sauvage, qui pourrait être la téosinte, graminée qui croît spontanément en Amérique centrale ou un de leurs ancêtres communs. Les fouilles archéologiques ont révélé qu'après une phase de cueillette de maïs sauvage, il fut cultivé voici 7 000 ans dans le bassin de Tehuacan, au sud-est de Mexico. À partir du XVI^e siècle, période des Grandes Découvertes, marquée par une intensification des échanges, le maïs va en l'espace de quelques générations, conquérir l'Europe, l'Asie et l'Afrique (Bassaler, 2000). Il existe une seule espèce de maïs (*Zea mays*), mais elle présente de très nombreuses variétés. Aujourd'hui, les surfaces de maïs couvrent environ 130 millions d'hectares, localisés pour la majeure partie dans l'hémisphère Nord. La production mondiale du maïs se situe entre 500 et 550 millions de tonnes et est assurée par seulement une dizaine de pays à savoir les États-Unis, la Chine, le Brésil, la France, l'Italie, l'Espagne, le Mexique, l'Argentine, la Roumanie, la Hongrie et la Bulgarie parmi les soixante-dix producteurs (Bassaler, 2000).

1.2- Usages du maïs

Les États-Unis détiennent le quasi-monopole sur le marché mondial du maïs avec 40 % de la production et les trois-quarts du commerce. Aujourd'hui, si le maïs reste la base de l'alimentation humaine dans certains pays d'Amérique Latine, d'Afrique et d'Asie, l'alimentation animale est, dans les pays industrialisés, le principal secteur de la transformation du maïs, où il est avant tout apprécié pour sa valeur énergétique. Il est alors utilisé sous forme de grains principalement pour la volaille et les porcins, sous forme de fourrage pour les bovins et enfin sous forme d'aliments composés industriels. Il est également utilisé dans l'industrie agroalimentaire, la papeterie-cartonnerie, la pharmacie, la brasserie etc. (Bassaler, 2000).

1.3- Morphologie et cycle de développement de la plante de maïs.

1.3.1. Morphologie de l'appareil végétatif.

Le maïs est une graminée monoïque appartenant à l'espèce *Zea mays*, seule du genre *Zea*. C'est une plante herbacée annuelle de 40 cm pouvant atteindre 5 m. De nombreuses variétés existent selon les différentes caractéristiques, mais celles couramment cultivées ont une taille variable d'1 à 3 m. Son appareil végétatif est constitué de la racine, de la tige et des feuilles. (Hoopen et Maïga, 2012).

- ❖ Racine.

Les racines du maïs sont du type fasciculé, aussi traçantes que plongeantes. Elles explorent un volume de plusieurs mètres cubes de terre dont elles améliorent la structure. Des racines stabilisatrices issues d'un nœud proche de la surface améliorent la résistance de la tige à la verse (Soltner, 1985).

❖ Tige.

A la différence des autres graminées, le maïs ne talle pas en général. Il n'y a donc qu'une tige unique ronde remplie d'une moelle sucrée, plus ou moins cannelée, constituée de nœuds et d'entre-nœuds. Les entre-nœuds de la base sont plus courts. La tige mesure de 1,5 à 3,5m de haut et 5 à 6 cm de diamètre (Hoopen et Maïga, 2012).

❖ Feuilles.

Les feuilles de maïs sont de grande taille car elles mesurent jusqu'à 10 cm de large et 1 m de long. De plus, elles sont engainantes avec un limbe plat allongé en forme de ruban à nervures parallèles. Elles s'attachent de façon alternative sur la tige au niveau des nœuds. Entre le limbe et la gaine on trouve une petite ligule. Il n'y a pas d'oreillettes (Hoopen et Maïga, 2012).

1.3.2. Morphologie de l'appareil reproducteur et du fruit.

❖ Morphologie de l'appareil reproducteur.

L'appareil reproducteur du maïs est composé d'une inflorescence mâle et des inflorescences femelles séparées sur un même pied.

L'inflorescence mâle est une panicule terminale composée d'épillets contenant chacun 2 fleurs mâles. Les fleurs mâles sont composées de glumes et glumelles entourant 3 étamines. Elles s'épanouissent avant les fleurs femelles

Les inflorescences femelles sont au nombre de 1 à 4 par pied. Elles sont situées à l'aisselle des feuilles du milieu de la tige. Ce sont des épis enveloppés dans des feuilles rudimentaires appelées "Spathes". Chaque épi est constitué par un "rafle" sur lequel sont insérés en rangées verticales des centaines d'épillets à 2 fleurs femelles dont une seule est fertile. Chacune des fleurs femelles possède 1 ovaire surmonté d'un style très long. Au moment de la fécondation, les styles des fleurs sortent à l'extrémité des épis sous forme de soies vertes ou rosées (Hoopen et Maïga, 2012).

❖ Morphologie du fruit.

Un pied de maïs donne naissance à trois ou quatre épis, mais un seul atteint généralement son développement complet. Le fruit du maïs est un caryopse. Les grains sont disposés selon la variété en 8 à 20 rangées verticales le long de l'axe de l'épi appelé rafle. Ces grains sont très variables avec les variétés quant à leur forme (globulaire, ovoïde, prismatique, etc...), à leur couleur (blanc, jaune roux, doré, violet, noir) à leur taille, à leur aspect (lisse ou ride). Les bons

grains pour le choix des semences sont au milieu de l'épi, les petits aux extrémités. On compte environ 500 à 1000 grains par épi avec un poids moyen de 150g à 330 g à maturité. Chaque grain est composé d'une enveloppe, d'un albumen, d'un cotylédon et d'un embryon (Hoopen et Maïga, 2012).

1.3.3. Cycle de développement du maïs.

Le cycle de développement du maïs comprend trois phases essentielles à savoir la période végétative, la période reproductrice, la période de développement du grain et de maturation (Groleau, 1998).

❖ La période végétative

Elle a une durée approximative de 3 à 8 semaines selon les conditions climatiques et est décomposable en deux phases successives. Il s'agit de la germination et de la période entre la levée et l'initiation de la panicule mâle (Groleau, 1998). La levée doit être générale 8 à 10 jours après le semis. De la levée à l'apparition des inflorescences mâles, la croissance du maïs est faible comme le sont ses besoins. Ce stade dure plus ou moins longtemps suivant les variétés, la température ambiante et l'état d'humidité du sol (Hoopen et Maïga, 2012).

❖ La période reproductrice

Elle correspond à la période allant du stade 6 à 8 feuilles jusqu'à la floraison, pour une durée moyenne de 6 à 7 semaines selon les conditions environnementales (Groleau, 1998)

Dès que la croissance est terminée, l'inflorescence mâle apparaît, soit 70 à 95 jours après semis. Quelques jours après, les inflorescences femelles sont prêtes pour la fécondation, soit 5 à 8 jours après l'apparition des inflorescences mâles (Hoopen et Maïga, 2012).

❖ La période de développement du grain et de maturation.

Les grains se gonflent d'abord d'eau, puis de réserves au dépens des tiges et des feuilles avant de passer à trois stades successifs à savoir le stade laiteux (80% d'eau et 20 % de matière sèche), le stade pâteux (50% d'eau et début du jaunissement des spathes) et le stade rayable à l'ongle (au plus 35 à 38% d'eau) (Soltner, 1985) . Le principal facteur qui commande ces stades de développement est la température.

1.4. Ecologie du maïs.

La zone climatique la plus propice à la culture du maïs est celle des savanes avec une pluviométrie de 800 à 1 200 mm et un ensoleillement important qui réduit le parasitisme.

Le maïs a besoin d'une température de 10 °C à 19 °C. L'altitude ne doit pas dépasser 1 800 m (Hoopen et Maïga, 2012). L'approvisionnement en eau est un facteur essentiel du rendement. Les besoins sont surtout intenses 15 jours avant et 15 jours après la floraison. Durant cette période, la plante absorbe 45% du total. Par conséquent, un déficit en eau, mais aussi de

température peut réduire le nombre de grains et ralentir la migration des réserves vers les grains. Le maïs s'accommode à des sols variés mais les sols profonds, riches et de bonne structure sont les plus propices (Soltner, 1985).

1.5. Itinéraire technique du maïs.

1.5.1. Choix des variétés et des semences.

Le choix des variétés dépend de la zone de culture, du climat, du sol, de la technique culturale et de l'utilisation des récoltes.

Les variétés de grande taille et à cycle court sont adaptées aux régions de haute altitude. Par contre, les variétés naines sont adaptées à toutes les conditions agroclimatiques et celles à cycle moyen aux altitudes moyennes.

Les semences ayant une faculté germinative d'au moins 90 % sont les plus recommandées. Il faut donc privilégier les semences de bonne qualité sélectionnées dans les centres de recherche agronomique ou utiliser les bons grains situés au centre des meilleurs épis de la récolte précédente (Hoopen et Maïga, 2012).

1.5.2. Choix du terrain.

La culture du maïs s'effectue prioritairement sur les sols à texture intermédiaire c'est à dire sablonneux, sablo-argileux à argilo-sableux. Les sols à texture extrême notamment les textures trop argileuses ou trop sableuses et les sols pauvres en matière organique (moins de 1%) sont à éviter (Akanvou et *al.*, 2006).

1.5.3. Préparation du sol.

Pour obtenir de meilleurs rendements, il est nécessaire d'abattre le sous-bois pour permettre à la culture de bénéficier suffisamment de lumière. De plus, il faut défricher et nettoyer la parcelle pour permettre un meilleur labour et faciliter les travaux d'entretien. Enfin, pour faciliter la germination des graines, la terre doit être labourée en billons ou à plat sur une profondeur de 15 à 30 cm et bien ameublie (Hoopen et Maïga, 2012).

1.5.4. Semis.

Les dates de semis doivent être respectées afin de permettre à la culture de bénéficier d'une pluviométrie suffisante et d'un ensoleillement abondant pendant la croissance.

En zone de savane, la période préconisée pour le semis est de mi-juin à mi-juillet. Il faut prévoir 20 à 25 kilogrammes de semences par hectare. On peut semer en ligne sur des billons ou à plat, à une profondeur d'environ 3 à 4 cm, à raison de 2 à 4 grains par poquet.

Pour les variétés précoces (90 jours), la densité est d'environ 66.000 plants/ha, à raison soit de 2 plants par poquet après démariage correspondant à un espacement de 75 cm entre

lignes et 40 cm entre poquets soit de 1 plant par poquet après démariage correspondant à un espacement de 75 cm entre lignes et 20 cm entre poquets.

Pour les variétés tardives (110-120 jours), la densité est d'environ 53.000 plants/ha. à raison soit de 2 plants par poquet après démariage correspondant à un espacement de 75 cm entre lignes et 50 cm entre poquets soit de 1 plant par poquet après démariage correspondant à un espacement de 75 cm entre lignes et 25 cm entre les poquets.

Le démariage doit se faire environ 15 jours après germination et consiste à arracher les plants excédentaires les moins vigoureux de façon à obtenir la densité recherchée (Akanvou et *al.*, 2006).

1.5.5. Désherbage

Pour avoir un bon rendement, il est nécessaire de faire un désherbage régulier surtout pendant la phase végétative de la culture, manuellement ou par voie chimique avec un herbicide sélectif. Ainsi, deux à trois sarclages manuels sont nécessaires. Le premier sarclage pendant le démariage, le deuxième sarclage au moment de l'apport de l'urée et le troisième sarclage avant la récolte lorsque la parcelle est très enherbée. Il est également possible de faire le premier sarclo-binage 15 à 30 jours après levée, suivi d'un léger buttage en raison de la forte concurrence des mauvaises herbes à ce stade. Puis, un deuxième buttage à 45 jours après le premier.

Quant au désherbage chimique, il doit être fait juste après le semis et avant la levée des plants de maïs à l'aide d'un herbicide de prélevée et au cours du développement des plants de maïs à l'aide d'un désherbant total en prenant le soin de préserver le système foliaire de la culture contre le produit (Hoopen et Maïga, 2012).

1.5.6. Fertilisation.

L'apport d'engrais est indispensable pour obtenir de bons rendements et éviter d'épuiser le sol.

Pendant la préparation du sol, il est nécessaire d'apporter au champ, 100 à 150 kg/ha d'engrais NPKSMg 15-15-15-6-1 pour les sols de fertilité moyenne et 200 à 250 kg/ha d'engrais NPKSMg 15-15-15-6-1 pour des sols pauvres. On préconise l'apport de 100 à 150 kg d'urée par hectare entre 30 et 35 jours après les semis pour les variétés précoces et entre 40 à 45 jours après le semis pour les variétés tardives.

La fertilisation peut aussi se faire par apport de fumier de ferme au moment du labour, à raison de 30 à 40 tonnes par hectare tous les deux ans (Akanvou et *al.*, 2006).

1.5.7. Maladies, ravageurs et moyens de lutte.

1.5.7.1. Maladies dominantes du maïs et moyens de lutte.

Selon Hoopen et Maïga (2012), le charbon des inflorescences, les symptômes de la rouille du maïs, l'anthracnose du maïs, la pourriture de la tige, la fusariose de la tige du maïs, le virus de la striure du maïs (MSV) sont les maladies dominantes du maïs.

❖ Le charbon des inflorescences

On distingue l'helminthosporiose fusiforme provoqué par *Ustilago maydis* sur épi et le charbon nu dénommé *Sphacelotheca reiliana*, dû à l'*Helminthosporium turcicum*. Ces maladies sont causées par un champignon qui s'attaque aux épis et tiges en provoquant des malformations et des poussières noires. Pour les prévenir, il faut éviter les blessures mécaniques, les dommages causés par les herbicides et respecter les formules de fertilité équilibrées.

❖ Les symptômes de la rouille du maïs (*Puccinia maydis*).

Ils apparaissent sur les feuilles inférieures sous la forme de petites pustules brun rougeâtres qui colonisent ensuite toutes les parties aériennes de la plante pour devenir noires à maturité. Comme moyen de lutte, on doit utiliser les variétés tolérantes à la maladie, traiter les semences aux fongicides à bonne dose, arracher et incinérer les plants malades.

❖ L'anthracnose du maïs (*Colletotrichum graminicola*).

Elle brûle les feuilles, pourrit la tige et est provoquée par un champignon. Les moyens de lutte consistent à utiliser des variétés résistantes et à faire la rotation des cultures.

❖ La pourriture de la tige

Elle est due aux champignons et les dommages peuvent aller jusqu'à nuire au remplissage du grain, à l'intégrité des tiges et à accélérer la sénescence et la circulation des éléments nutritifs. Comme moyen de lutte, il faut utiliser les variétés résistantes, combattre les insectes et les mauvaises herbes, éliminer les plants de trop, pratiquer la rotation des cultures, fertiliser à la dose adéquate en N (azote) et en K (potassium) et travailler le sol en respectant les entretiens culturaux.

❖ La fusariose de la tige du maïs (*Fusarium* sp).

Elle est causée par des champignons (*Fusarium graminearum*, *Gibberellazeae*) provoquant des lésions ou tâches externes sombres aux nœuds inférieurs. À l'intérieur de la tige, le tissu pourri et la moelle prend une couleur rose saumon. Pour l'éviter, il faut Choisir des variétés tolérantes, traiter les semences, enfouir les résidus de récolte et pratiquer la rotation des cultures.

❖ Le virus de la striure du maïs (MSV)

Il provoque des bandes blanchâtres continues sur la feuille au stade végétatif de 30 à 50 jours après levée. Comme moyen de lutte, il faut arracher les plants virosés avant leur floraison et utiliser les variétés résistantes.

1.5.7.2. Principaux ravageurs du maïs et moyens de lutte.

Selon Akanvou et *al.* (2006), les foreurs de tiges, les termites et les insectes de stockage sont les principaux ravageurs du maïs.

❖ Les foreurs de tiges.

Les foreurs de tiges tels que *Sesamia calamistis*, *Eldana saccharina*, *Busseola fusca* attaquent les plantes entre 20 et 40 jours après le semis. Ainsi *Sesamia* en forêt, *Busseola* en savane sont les premières à attaquer la culture en causant la destruction du cœur de la tige, donc la perte de plants. Quant à *Eldana*, il intervient ultérieurement sur la culture en provoquant la verse. Pour lutter contre ces insectes, il faut traiter les cornets des plants avec du carbofuran tel que le Furadan 5 G ou en contre saison, traiter les semences au carbosulfan comme Marshal 35 DS avant le semis.

❖ Les termites.

Ils provoquent une mauvaise levée des plants. Comme moyen de lutte il est recommandé de traiter par saupoudrage les cornets des plants avec du Furadan 5 G.

❖ Les Insectes de stockage

Les insectes de stockage tels que les charançons détruisent les grains. Leur maîtrise passe par le traitement des grains à conserver avec Actélic 2% DP (pyrimiphos-méthyl), à raison de 300 à 500 g pour 100 kg de grains.

1.5.8. Récolte.

Les épis de maïs sont récoltés frais ou secs selon le goût et les utilisations. La récolte des épis frais s'effectue 60 à 75 jours après semis pour les variétés de cycle court et 75 à 85 jours après semis pour les variétés de cycle long. Quant à la récolte des épis secs, elle a lieu lorsque les spathes sont secs et que les grains résistent aux rayures de l'ongle (Akanvou et *al.*, 2006).

II. GENERALITES SUR LES ADVENTICES.

2.1. Définition

Adventice et mauvaise herbe ne sont pas à proprement parler des synonymes. On a cependant coutume de les confondre dans leur acception agronomique, c'est-à-dire «toute plante indésirable dans une culture».

Pris au sens botanique, est adventice toute espèce végétale étrangère à la flore indigène d'un territoire dans lequel elle est accidentellement introduite et peut s'installer (Rodriguez, 2015).

Dans la terminologie malherbologique, les adventices caractérisent mieux l'ensemble des flores des milieux artificialisés en général, que les éléments introduits accidentellement (Noba, 2002).

A l'inverse, d'un point de vue agronomique, on peut admettre avec Rodriguez (2015) que les mauvaises herbes sont des plantes herbacées ou ligneuses qui sont indésirables à l'endroit où elles se trouvent. Indésirables, parce qu'elles entravent le développement, perturbent la croissance et affectent finalement le rendement d'une culture; elles profitent en effet au mieux de l'eau et des substances minérales et organiques du sol au détriment de la culture, tout en rendant plus difficile la récolte.

Les adventices ou mauvaises herbes selon leur acception forment une flore donnée, qui peut être potentielle ou réelle, et une communauté végétale typique.

2.2. Flore adventice potentielle et réelle.

La flore adventice observée dans une culture est la conséquence de la conjugaison de deux facteurs déterminants: la présence dans le sol de semences viables et dormantes; les conditions d'environnement favorables à la germination (après la levée de dormance) de ces semences, à la levée et la survie des jeunes plants après préparation du sol et semis de la plante cultivée. On distingue ainsi une flore potentielle liée au potentiel semencier et une flore réelle ou flore de surface qui se met en place à partir du potentiel semencier et qui se renouvelle plus ou moins bien en fonction de la nature et de la date de semis de la plante cultivée, des techniques agronomiques et des facteurs climatiques et pédologiques (Noba, 2002). Dans les sols les plus propres, la production des grains de mauvaises herbes est estimée à 500 graines au m² contre 500000 graines/m² dans les parcelles les plus sales ce qui représente en poids environ 125 g/m² (Schaub, 2010).

2.3. Types biologiques.

L'ensemble des particularités morphologiques qui jouent un rôle dans la résistance aux conditions défavorables, donc dans la localisation des espèces végétales, constituent leur forme biologique ou type biologique. Parmi les types biologiques, on peut retenir les subdivisions suivantes (Guinko, 1984) :

- les Phanérophytes (P) qui sont des plantes dont les bourgeons de rénovation sont situés nettement au-dessus de 50 cm du sol. Les adventices y sont représentées par des sous-arbrisseaux (SAbr);
- les Chaméphytes qui sont les plantes vivaces, sous ligneuses ou herbacées dont les bourgeons de rénovation sont situés entre le niveau du sol et 50 cm. Ils se composent de Chaméphytes rampants (Chr), de Chaméphytes sous-ligneux (Chsl) et de Chaméphytes succulents (Chs);
- les Hémicryptophytes qui sont les plantes vivaces dont les bourgeons de survie sont protégés par la terre. Ils se subdivisent en Hémicryptophytes cespiteux (Hc), Hémicryptophytes rosettés (Hrc), Hémicryptophytes scapeux (Hsc) et Hémicryptophytes grimpants (Hg);
- les Géophytes qui sont des plantes dont les bourgeons de survie sont enfouis dans le sol. Ils se composent de Géophytes bulbeux (Gb), de Géophytes tubéreux (Gt) et de Géophytes rhizomateux (Grh);
- les Hélothérophytes (HÉT) qui sont les plantes de mare qui passent la mauvaise saison sous forme de graine;
- les Thérophytes qui sont les annuelles dont la pérennité est assurée par les graines. On distingue les Thérophytes érigés (Tér), les Thérophytes grimpants (Tg), les Thérophytes rosettés (Tro) et les Thérophytes prostrés (Tpr);
- les parasites qui sont des plantes qui vivent grâce aux hôtes, à l'aide des suçoirs. On rencontre chez les adventices des parasites facultatifs (Parfa), (Tableau I).

Tableau I : Quelques exemples d'adventices et leur type biologique (TB)

T.B.	Espèces	T.B.	Espèces
SAbr	<i>Phyllanthus pentandrus</i>	Gb	<i>Gloriosa simplex</i>
Chr	<i>Leptadenia hastata</i>	Gt	<i>Tacca leontopetaloides</i>
Chsl	<i>Waltheria indica</i>	Grh	<i>Imperata cylindrica</i>
Hc	<i>Sporobolus festivus</i>	Tér	<i>Hyptis spicigera</i>
Hsc	<i>Cynodon dactylon</i>	Tpr	<i>Commelina benghalensis</i>
Parfa	<i>Striga hermonthica</i>	Tg	<i>Ipomoea eriocarpa</i>

Source : (Guinko, 1984)

2.4. Nuisibilité des adventices.

La nuisibilité des mauvaises herbes ou « nuisibilité adventice » dans une culture se traduit par les effets négatifs sur la croissance et le développement de la plante cultivée. Selon Caussanel (1989), en fonction de la nature de la flore, on distingue la nuisibilité liée à la flore potentielle et la nuisibilité due à la flore réelle.

2.4.1. Nuisibilité due à la flore potentielle.

La nuisibilité due à la flore potentielle est l'ensemble des infestations prévisibles d'une culture à partir du potentiel semencier et des semences viables par unité de surface (Caussanel, 1989).

2.4.2. Nuisibilité due à la flore réelle.

La nuisibilité est dite primaire lorsque la nuisibilité due à la flore adventice réelle n'est prise en compte que par ses effets indésirables sur le produit récolté. Par contre, elle est qualifiée de secondaire 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 à travers l'accroissement du potentiel semencier du sol, soit au niveau de l'exploitation agricole à travers la création et multiplication de foyers d'infestation, la contamination du sol ou du matériel végétal, les nuisances et la pollution (Caussanel, 1989). La nuisibilité des mauvaises herbes est dite directe lorsque leur présence entraîne une diminution quantitative de la production. 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 (Caussanel, 1989).

2.5. Seuil de nuisibilité des adventices.

Le seuil de nuisibilité correspond à la densité ou à la biomasse de population de mauvaises herbes qui entraîne une baisse de production déterminée: cette baisse pouvant être fixée par rapport à un coût de désherbage. Ces seuils dépendent de la culture considérée, de l'espèce de mauvaises herbes et des conditions du milieu naturel et cultural (CIRAD, 2000).

Pour les cultures annuelles à cycle court, comme le cotonnier, le maïs ou le riz, la période critique de nuisibilité se situe entre 15 et 45 jours après le semis. Par ailleurs, la concurrence qu'exercent les mauvaises herbes sur la culture durant cette période, se compose de la compétition pour l'eau, la lumière, les éléments nutritifs, l'espace et l'allopathie ou la télétoxicité. A partir de 45 à 60 jours après le semis, la plante cultivée ne subit plus la concurrence des mauvaises herbes, si le feuillage a recouvert l'inter-rang (CIRAD, 2000).

2.6. Méthodes de lutte contre les adventices.

2.6.1. Lutte préventive.

En général, les méthodes préventives de lutte contre les mauvaises herbes visent à réduire le nombre de graines susceptibles de germer. Elles sont nombreuses et variées. L'importance relative de chacune d'elles varie avec la mauvaise herbe et selon qu'il s'agit d'annuelles ou de vivaces. Parmi les méthodes les plus importantes figurent la rotation, le compostage des fumiers et le déchaumage (Weill et Duval, 2009).

❖ Rotation des cultures

Selon Arino et *al.* (2012), la rotation des cultures est le choix des espèces et de leur succession sur une même parcelle en vue de préserver, voire améliorer la fertilité du sol ; de protéger les cultures des maladies, des ravageurs et des adventices tout en assurant un revenu convenable à l'agriculteur. Pour eux, le contrôle des adventices par la rotation passe par:

- l'introduction de têtes de rotation dites << nettoyantes >>;
- l'alternance de cultures aux caractéristiques contrastées, « cassant » le cycle des adventices et évitant ainsi la sélection d'une flore spécifique;
- le choix de cultures couvrantes, étouffant les adventices par phénomène de concurrence pour la lumière, l'eau, les éléments nutritifs;
- le choix de cultures sarclées, pouvant être binées.

❖ Déchaumage

Le déchaumage consiste à faire un travail du sol après la récolte pour éviter que les mauvaises herbes ne montent en graine. Il permet de limiter les foyers d'infestation et de maladies (Weill et Duval, 2009).

2.6.2. Méthodes curatives de lutte.

❖ Désherbage mécanique

Selon Arino et *al.* (2012), le désherbage mécanique a un double objectif:

- détruire les adventices pour éviter qu'elles ne concurrencent de manière trop importante la culture (effet direct);
- éviter leur montée à graine qui favoriserait le salissement futur de la parcelle et une augmentation du stock de semences indésirables dans le sol (effet indirect).

Le bon moment pour réaliser un désherbage mécanique est déterminé par le stade des cultures, le stade des adventices et les conditions climatiques pendant et après l'intervention. Les outils ne doivent pas fragiliser la culture en place. Ils s'utilisent donc à des stades où la culture est peu sensible au travail du sol. Aux premiers stades, la houe rotative puis la herse étrille sont à privilégier (Arino et *al.*, 2012).

❖ Lutte chimique

L'emploi de l'herbicide garantit une moindre concurrence des mauvaises herbes et des coûts de production plus faibles qu'avec l'embauche de manœuvres saisonniers. Cependant, il faut choisir la place de l'application d'herbicide dans l'itinéraire technique afin de permettre la maîtrise de l'enherbement (Jamin et *al.*, 2003). Ainsi, en fonction de la situation qui se présente, Jamin et *al.* (2003) proposent d'appliquer:

- avant le semis, un herbicide total qui assurera le nettoyage de la parcelle soit pour améliorer la qualité du labour, soit pour pratiquer un semis direct; par ailleurs, dans les terrains nouvellement défrichés, un herbicide efficace sur les espèces ligneuses, comme le triclopyr, permet de gagner du temps lors des sarclages;
 - après le semis, un herbicide de pré-levée qui protégera la culture pendant sa phase d'installation;
 - un herbicide de post-levée lorsque le passage d'un outil de sarclage est rendu impossible par le développement de la culture. Sur cotonnier, le choix est orienté par la flore présente. Ainsi, on utilisera soit des produits anti-graminées, comme le fluzifop ou l'haloxyfop, soit un produit anti-dicotylédones, comme le pyriithiobac. En culture de maïs, il existe toute une gamme d'herbicides de post-levée, tels que le nicosulfuron, la sulcotrione, etc;
- ❖ – des herbicides non sélectifs de la culture par des traitements dirigés pour l'entretien de l'inter-rang: cette technique de désherbage nécessite l'emploi d'un appareil de pulvérisation à pression entretenue équipé d'un cache de protection ; elle a l'avantage d'être rapide et moins pénible que les sarclages manuels.

❖ Lutte intégrée

L'objectif final de la lutte intégrée est d'obtenir des productions et des produits optimaux, en utilisant une combinaison idéale de méthodes reposant aussi bien sur des actions préventives que sur des connaissances scientifiques, des pratiques culturales ou des applications chimiques (Jaunard et *al.*, 2013). Selon Jaunard et *al.* (2013), la gestion intégrée des adventices repose sur deux éléments importants:

- le recours à un panel de méthodes de contrôle des mauvaises herbes à savoir, les méthodes physiques, chimiques, biologiques, directes et indirectes en complément, voire à la place d'application d'herbicides;
- la connaissance de la biologie et de la dynamique de la population d'adventices.

III. GENERALITES SUR LES HERBICIDES

3.1. Définition.

L'herbicide est un pesticide à usage agricole classé dans la catégorie produit phytopharmaceutique. Il s'agit de molécule, de synthèse ou non, dont l'activité sur le métabolisme des plantes entraîne leur mort (Agra-Ost, 2006).

3.2. Composition d'un herbicide.

Comme tous les autres pesticides, un produit herbicide correspond d'abord au nom commercial du produit commercialisé par un distributeur ou un fabricant. Ce produit commercial ou spécialité commerciale se compose de deux types de constituants: les matières actives qui lui confèrent son activité herbicide et les formulants qui complètent la formulation. Les formulants sont soit des charges ou des solvants qui n'ont qu'un rôle de dilution des matières actives, soit des produits qui améliorent la préparation pour sa qualité notamment la stabilité (émulsifiant, dispersif, etc...), la présentation (colorant, parfum, répulsif, etc...), la facilité d'emploi (vomitif, etc...); pour son comportement physique lors de la pulvérisation (mouillant, adhésif, etc...), pour son activité biochimique (surfactant, phytoprotecteur (safener)) (CIRAD, 2000).

3.3. Formulation des herbicides.

La formulation correspond à la forme physique sous laquelle le produit phytopharmaceutique est mis sur le marché. Obtenue par le mélange des matières actives et des formulants, elle se présente sous une multitude de formes dont les plus couramment répandues sont les suivantes (CIRAD, 2000):

- les formulations solides qui comprennent les granulés solubles (abréviations: SG) et les poudres mouillables (WG);

- les formulations liquides qui regroupent les concentrés solubles (SL), composés de produits solubles dans l'eau, les concentrés émulsionnables (EC), composés de produits liquides en émulsion dans le produit et les suspensions concentrées (SC) composées de particules solides dispersées dans le produit.

3.4. Classification des herbicides.

Les herbicides peuvent être classés suivant différents critères à savoir le but poursuivi, le moment d'application, le mode de pénétration dans la plante, leur sélectivité, la famille chimique (Agra-Ost, 2006).

3.4.1. Classification selon le but poursuivi.

Selon le but poursuivi, on distingue (Agra-Ost, 2006):

- les herbicides totaux qui visent la destruction de toutes les espèces présentes. Ils peuvent avoir une rémanence (persistance de l'effet du produit après son utilisation) très courte ou très longue;
- les herbicides sélectifs qui visent à détruire les adventices sans endommager la culture.

3.4.2. Classification selon le moment d'application.

Selon le moment d'application, on distingue (Agra-Ost, 2006):

- les herbicides utilisés en traitements préventifs qui se composent des herbicides de présemis ou préplantation, des herbicides de prélevée ou de post semis qui ont une longue rémanence visant à empêcher la germination des graines d'adventices et les herbicides résiduels qui sont destinés à tenir un sol propre.
- les herbicides utilisés en traitements curatifs qui sont des herbicides utilisés en traitement de post levée. Il agit souvent des herbicides foliaires appliqués après la levée des plantes considérées. Ils doivent donc être très sélectifs.

3.4.3. Classification selon le mode de pénétration dans la plante.

Selon le mode de pénétration dans la plante on distingue (Agra-Ost, 2006):

- les herbicides résiduels appelés aussi herbicides de germination qui pénètrent dans les tissus méristématiques au moment de la levée;
- les herbicides racinaires qui pénètrent dans les racines. Ils sont systémiques;
- les herbicides foliaires de contact qui sont pénétrants ou translaminaires;
- les herbicides foliaires systémiques de translocation qui pénètrent par la feuille puis sont véhiculés dans la plante.

3.4.4. Classification selon la sélectivité.

En fonction de la sélectivité, on distingue les antidiicotylées, les antigraminées, les défoliants pour le feuillage avant récolte, les débroussaillants pour éliminer les plantes ligneuses ou pour la dévitalisation des souches (Agra-Ost, 2006).

3.4.5. Classification selon la famille chimique.

Selon la famille chimique des herbicides, on distingue les dérivés de l'urée, les sulfonylurées, de l'atrazine etc (Agra-Ost, 2006).

3.5. Notion de toxicité d'un herbicide.

La toxicité indique dans quelle mesure le produit est dangereux ou nocif. Un herbicide peut être toxique pour l'homme, les animaux domestiques et le milieu c'est-à-dire pour les micro-organismes, les champignons, la flore non-cible. Il y a deux types de toxicité (WWW.afpp.net/apps/accesbase/Bindocload.asp?d=5916&t=0&identobj=Osav8DFg&uid=57302590&idk=1) :

- La toxicité aiguë qui renvoie à l'intoxication résultant d'une seule exposition au produit. Les symboles et mots indicateurs sur l'espace principal de l'étiquette indiquent le degré de toxicité aiguë du produit. La dose létale 50 % (DL₅₀) sert à mesurer le degré de toxicité aiguë. Plus la DL₅₀ est élevée, moins le produit est toxique pour les humains. Il s'agit de la dose (en mg de produit/kg de poids corporel) qui tue 50 % des animaux de laboratoire (habituellement des rats) au bout d'un délai donné allant de 24 heures à 7 jours. La DL₅₀ correspond généralement à la toxicité aiguë lorsque le produit est ingéré par la bouche ou le nez.

- La toxicité chronique qui renvoie à l'intoxication consécutive à une exposition répétée à de petites doses d'un pesticide sur une longue période. La toxicité chronique ne peut se manifester qu'après des mois, voire des années d'exposition. Les symboles qui figurent sur l'étiquette ne donnent aucune information sur la toxicité chronique du produit. Le port de vêtements et d'équipement de protection individuelle contribue à réduire l'exposition et les risques d'effets chroniques.

3.6. Efficacité et sélectivité d'un herbicide.

3.6.1. Efficacité d'un herbicide.

L'efficacité d'un herbicide dépend de la dose épandue. Ainsi, la dose limite d'efficacité d'un herbicide peut varier en fonction de la plante ciblée et de la période d'application. Le spectre d'efficacité correspond à l'ensemble des espèces maîtrisées par un produit à une dose donnée (CIRAD, 2000).

3.6.2. Sélectivité d'un herbicide.

Selon Agra-Ost (2006), les herbicides sont dits sélectifs quand ils respectent certaines cultures et permettent de lutter contre certaines mauvaises herbes de ces cultures. Cette sélectivité peut être (Agra-Ost, 2006) :

- de nature physiologique dans ce cas, la plante cultivée est capable de se débarrasser de l'herbicide;
- de position lorsque les herbicides ne descendent pas dans le sol,
- liée au caractère morphologique de la plante telle que la présence d'une forte pilosité, d'une cuticule imperméable au produit, d'un méristème protégé;
- liée au stade de développement des plantes tel que dans le cas où les adventices sont jeunes et faibles alors que les plantes cultivées sont fortes.
- artificielle, dans ce cas, le produit contient des phytoprotecteurs ou "safeneurs" qui stimulent la décomposition de l'herbicide chez la plante cultivée.

3.7. Mode d'action des herbicides.

Le choix de l'herbicide à utiliser dépend essentiellement de son adaptation à la flore à maîtriser et au stade de développement de celle-ci. Le premier point relève du spectre d'efficacité tandis que le second est fonction du type d'action.

Deux grands types de mode d'action existent, la substance herbicide agissant avant la levée de l'adventice (herbicide de pré-levée) ou après (herbicide de post-levée). Dans ce dernier cas, on distingue deux catégories (WWW.omafra.gov.on.ca/fench/crops/pub370/pub370ch2.pdf):

- l'action par contact qui est limitée aux parties végétatives présentes;
- l'action systémique qui se caractérise par le transport de l'herbicide également vers les organes aériens et souterrains non touchés par la pulvérisation.

3.8. Homologation des herbicides.

L'homologation est un examen destiné à vérifier l'efficacité de la spécialité d'un herbicide sur les organismes cibles et son innocuité à l'égard de la santé publique, des consommateurs des produits traités et de l'environnement. Dans les pays du CILSS, cet examen se fait par des études des dossiers biologiques et toxicologiques fournis par le demandeur. Les demandes d'homologation sont soumises à l'examen d'un comité d'homologation qui établit un rapport motivé d'homologation, d'autorisation provisoire de vente (APV) ou de refus d'homologation au ministre chargé de l'agriculture et de l'élevage (Ouédraogo et al., 1995).

IV. GENERALITES SUR LES PROPRIETES BIOLOGIQUES DU SOL.

4.1. Définition du sol agricole.

Le sol agricole est la partie de l'écorce terrestre susceptible d'assurer le développement de la plante (Elia, 1987).

4.2. Qualité biologique d'un sol agricole.

La qualité biologique des sols fait référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants qui participent au fonctionnement du sol. En effet, le fonctionnement global d'un sol fait intervenir de très nombreux paramètres d'ordre physique, chimique et biologique qui agissent en interaction. Autrement dit, les composantes physiques, chimiques et biologiques ne sont pas additives mais interactives (Chaussod, 1996). Ainsi, selon Chaussod (1996) les différents facteurs concourant à définir la qualité biologique d'un sol agricole peuvent être rassemblés en quatre composantes:

- la fertilité, c'est-à-dire les potentialités agronomiques directement liées à l'activité biologique;
- l'état sanitaire, faisant référence à la présence ou non d'organismes vivants indésirables, considérés comme ennemis des cultures;
- les externalités, c'est-à-dire l'impact environnemental du fonctionnement du sol tel que l'émission des gaz à effet de serre (protoxydes d'azote (NO_2), le méthane (CH_4)) à travers l'activité microbienne anaérobie dans des conditions particulières;
- la résilience ou sensibilité à des contraintes extérieures, principalement d'origine anthropique, et l'aptitude au retour à l'état initial.

4.3. Êtres vivants du sol.

Les êtres vivants du sol se composent d'une faune et d'une flore extrêmement riche (Elia, 1987).

4.3.1. Faune du sol.

Selon Elia (1987), la faune du sol est représentée par:

- les Mammifères parmi lesquels on a les rongeurs et les insectivores;
- les Insectes qui peuvent exister aux différents stades de leurs métamorphoses (larve, nymphes, adultes);
- des Vers composés de Nématodes et de Lombries qui jouent un rôle important dans la structure et l'aération du sol. Leur nombre est estimé à plusieurs millions par hectare;
- les Protozoaires qui interviennent dans l'évolution de la matière organique. On trouve environ 5.10^5 par gramme de terre.

4.3.2. Flore du sol.

Selon Elia (1987), la flore du sol est également variée et se compose:

- des végétaux supérieurs qui sont représentés par leurs racines et leurs semences;
- des Lichens, les Algues et les Mousses surtout abondants près de la surface, ont souvent un rôle mal défini;
- des champignons qui sont très abondants. Certains sont parasites tandis que d'autres participent à l'évolution de la matière organique. Les mycéliums de champignons sont très abondants au voisinage des racines et forment des mycorrhizes;
- des bactéries qui sont très abondantes dans le sol (de 1 à 5.10^7 par gramme de terre) et variées.

4.4. Activité des microorganismes du sol.

Dès que les déchets végétaux sont enfouis, ils entrent en décomposition sous l'action d'une foule de microorganismes à savoir les champignons, les levures, et surtout les bactéries sans oublier les vers et les petits animaux du sol. Ces microbes humificateurs transforment la matière organique en humus jeune qui à son tour donne l'humus stable ou stabilisé. L'humus stable continue à être la proie de nouveaux microbes qui le détruisent progressivement (1 à 2% par an) libérant ainsi des matières minérales en particulier de l'azote nitrique qui seront absorbées par la plante (GROS, 1962). Selon GROS (1962) cette minéralisation se fait en deux étapes:

- l'ammonisation qui est la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal (NH_4^+) à travers l'activité des moisissures et des bactéries aérobies;
- la nitrification qui transforme l'azote ammoniacal (NH_4^+) en azote nitrique (NO_3^-) s'effectue en deux phases bien distinctes avec deux groupes de microbes aérobies, agissant par oxydation. La première phase est la nitrosation au cours de laquelle les ferments nitreux transforment l'ammoniaque en acide nitreux, les sels ammoniacaux en nitrites. La deuxième phase est la nitrosation au cours de laquelle les nitrobacters oxydent l'acide nitreux et les nitrites en acide nitrique et en nitrate.

Certaines bactéries fixent l'azote gazeux et le transforment en azote assimilable par la plante. Ces bactéries fixatrices sont de deux types (GROS, 1962):

- les fixateurs libres qui se composent de deux espèces dont l'une aérobie, plus importante appelée *azotobacter* et l'autre anaérobie, peu importante appelée *Clostridium pasteurianum*. Les *azotobacters* sont très actives et se développent dans les sols bien ameublés, neutre ou légèrement basiques, bien pourvus en matière organique et en phosphore;

- les fixateurs symbiotiques qui sont présentes dans les nodosités des racines des légumineuses. Ces bactéries appelées *Bacillus radicola* ou *Rhizobium* vivent en symbiose avec les légumineuses sur des sols sains et voisins de la neutralité. Cependant, dans certaines conditions l'azote minéral peut être transformé en azote non directement assimilable par la plante. Il s'agit d'une rétrogradation de l'azote qui est réversible dans le cas de la réorganisation et irréversible pour la dénitrification. La dénitrification est le passage de l'azote nitrique à l'azote gazeux en condition anaérobie. La réorganisation est le retour de la forme nitrique à la forme organique. Il s'agit d'un véritable stockage de l'azote par les corps microbiens qui, après leur mort, seront minéralisés pour redonner de l'azote assimilable (Elia, 1987).

4.5. Facteurs influençant l'activité des microorganismes.

Les activités biologiques et plus encore les populations microbiennes sont très dépendantes des caractéristiques physiques et physico-chimiques des sols. Les principaux paramètres sont la texture, la structure, le pH et la teneur en matière organique. Par ailleurs, l'activité microbienne augmente de façon exponentielle avec la température. Il en résulte une augmentation du taux de renouvellement de la biomasse au détriment de la taille de ce compartiment. La pratique culturale notamment la gestion organique, le travail du sol, la fertilisation et les traitements phytosanitaires influencent l'activité des microorganismes du sol (Chaussod, 1996).

V. PRESENTATION DU MILIEU DE L'ETUDE.

La plaine rizicole de la Vallée du Kou est située au Nord-Ouest de Bobo Dioulasso dans la commune de Bama sur la route nationale N°9 (axe Bobo-Faramana-Mopti). Ce périmètre irrigué a été reconnu comme une excellente plaine à vocation agricole notamment pour la riziculture, en raison de ses importantes potentialités hydrauliques. D'une superficie totale aménagée de 1.260 ha, l'aménagement dudit périmètre à vocation rizicole a été réalisé de 1969 à 1970 dans le cadre de l'autosuffisance alimentaire. Ce périmètre revêt une importance majeure dans les économies des communautés rurales et urbaines situées à proximité (Nitchou et *al.*, 2009).

5.1. Relief.

Le bassin versant du Kou est bordé essentiellement d'un plateau gréseux d'une altitude moyenne de 407 m qui ceinture de nombreuses cuvettes et des dépressions. L'une de ces dépressions, particulièrement importante comporte une large plaine d'inondation s'étendant sur

97 000 ha dont 2 300 ha sont exploitables. C'est sur cette dernière que le périmètre rizicole a été aménagé grâce à une dérivation des eaux du Kou (Pale *et al.*, 1986 cité par Millogo, 2013).

5.2. Climat et pluviométrie.

Le climat dans la zone est de type soudano-guinéen avec alternance d'une saison humide et d'une saison sèche inégalement réparties dans l'année. La saison des pluies s'étend sur les mois d'avril à octobre avec un maximum le plus souvent dans le mois d'Août et la saison sèche de septembre à mars. La pluviométrie peut atteindre 1000 mm par an. La saison pluvieuse est irrégulière d'une année à l'autre. Les températures quant à elles connaissent des variations plus ou moins importantes selon l'alternance des saisons. Les moyennes mensuelles les plus élevées se rencontrent généralement en avril et les plus faibles en décembre. On distingue alors une saison chaude allant de mars à mai, une saison humide allant de juin à septembre, une saison chaude de transition d'octobre à novembre et une saison froide allant de décembre à février (Millogo, 2013).

Les figures 1 et 2 représentent respectivement les données pluviométriques de la Vallée du Kou en 2015 et au cours des 10 dernières années.

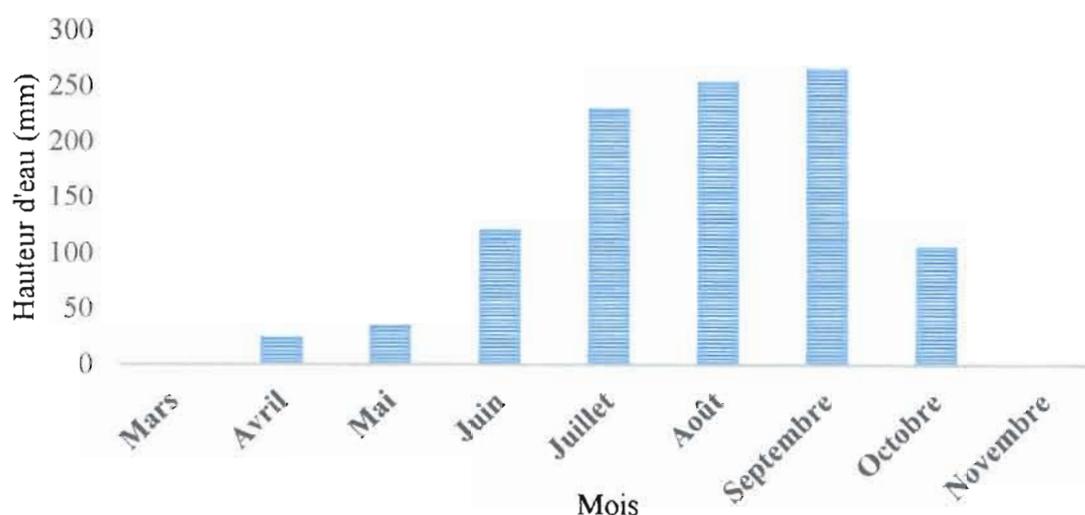


Figure 1 : Répartition mensuelle de la pluviométrie de Bama en 2015 (DRARHASA /Hauts Bassins).

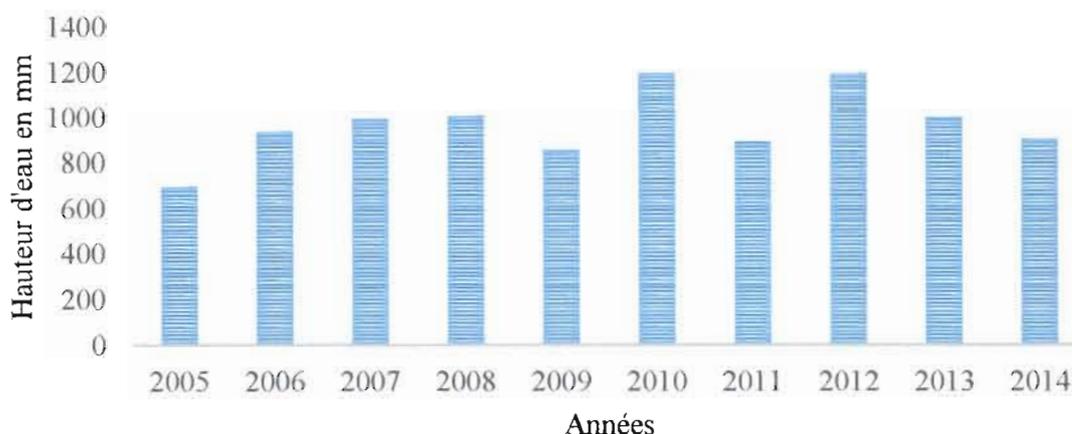


Figure 2: Répartition annuelle de la pluviométrie de Bama de l'année 2005 à l'année 2014 (DRARHASA /Hauts Bassins).

5.3. Sols.

Les sols du secteur d'étude sont des sols peu évolués d'érosion sur matériaux gravillonnaires, les vertisols sur alluvions ou matériaux argileux, les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sur matériaux sableux sols sablo-argileux, argilo-sableux, et les sols ferralitiques (Sauret, 2008). Selon leur profondeur on distingue (Sauret, 2008) :

- les sols profonds (>100cm) qui regroupent les sols argileux-sableux en surface, argileux en profondeur ; les sols limono-argileux en surface, argileux en profondeur et les sols sableux en surface, argileux en profondeur.
- les sols à faibles profondeurs (< 40cm) qui sont des sols gravillonnaires.

Tableau II: Données agrochimiques du sol de la Vallée du Kou à 0-20 cm de profondeur du sol.

Composantes du sol	Teneurs
Matière organique totale	2,93 %
Carbone total	1,698 %
Azote total	0,139 %
C/N	12
Phosphore total	182 ppm
Potassium total	243 ppm
p ^H eau	6,60

Source:(Kambou, 2008).

5.4. Végétation

La description de la zone semi-aride au sud du Sahara par Guinko (1984) attribut à la région de Bobo-Dioulasso une végétation naturelle de type savane arbustive et arborée dont les principales essences qui composent la strate boisée sont: *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Piliostigma spp*, *Detarium microcarpum*, *Sclerocaria birrea*, *Tamarindus indica*, *Terminalia spp*. Le tapis graminéen se compose d'espèces telles que *Andropogon spp*, *Pennisetum pedicellatum*, *Eragrostis tremula*. Au niveau des habitations, la végétation rencontrée se compose généralement de *Mangifera indica*, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus spp*. Cette dernière essence est surtout rencontrée sous forme de plantations (Guinko, 1984).

5.5. Réseau hydrographique

Les études réalisées par M'bodj (2009) révèlent les importants cours d'eau qui parcourent la commune de Bama. Ces cours d'eau sont :

- le Mouhoun qui occupe la partie centrale ;
- le Kou qui est une rivière pérenne alimentée par les sources de la forêt du Kou. Cet affluent du Mouhoun constitue la principale source d'eau qui alimente le périmètre rizicole. Le Kou appartient au sous bassin du Kou à Nasso et s'étend sur 394 km². Il prend sa source à Kodara au Sud-Ouest de Bobo à une altitude de plus de 500 m et draine les eaux de surface.
- le Niamé est aussi un autre cours d'eau rendu pérenne à partir de sources de Pessou.

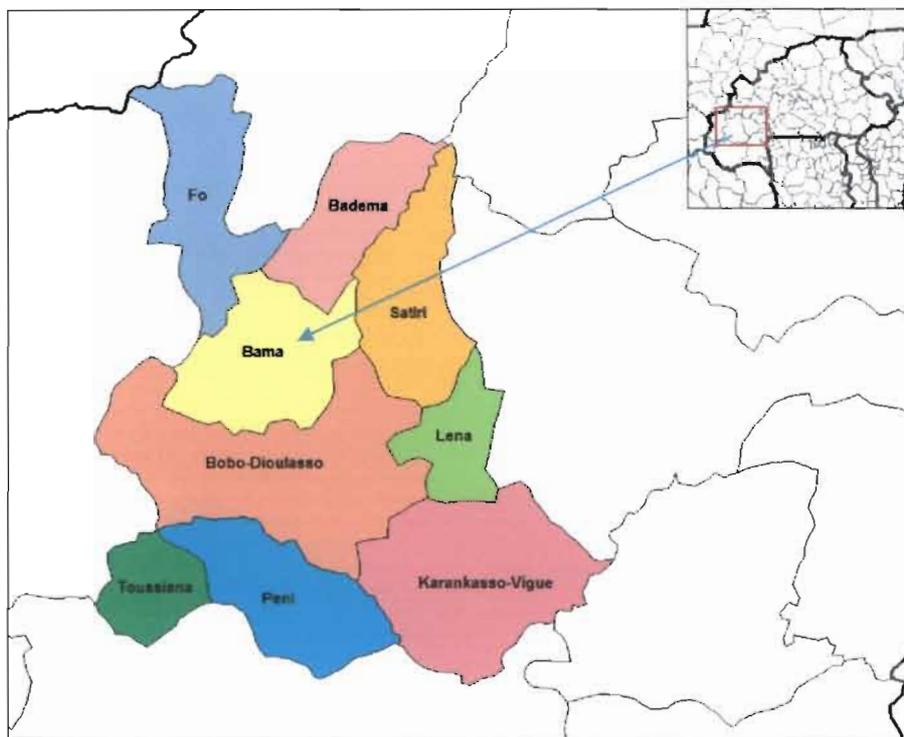
Ce réseau hydrographique appartient au bassin hydrographique du Mouhoun supérieur. En plus de ces cours d'eau, il souligne la présence de plusieurs forages alimentés par des eaux souterraines. Ces eaux souterraines qui sont relativement abondantes peuvent donner des débits importants de l'ordre de 10 à 100 m³/heure avec des pics réalisés par l'ONEA pouvant atteindre 800 m³/heure. Selon M'bodj (2009), la guinguette est la plus importante source d'eau qui alimente la rivière Kou. Il existe par ailleurs une mare, des lacs naturels dans la commune de Bama.

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES.

I. MATERIEL.

1.1. Situation géographique et administrative du site de l'étude.

Notre essai a été implanté dans la plaine rizicole de la Vallée du Kou. Ledit périmètre est localisé entre les coordonnées suivantes : 11°22' et 11°24' Nord en latitude et 4°24' et 4°26' en longitude Ouest selon l'IGB cité par Millogo (2013). La Vallée du Kou relève de la commune de Bama qui est limitée au Nord-ouest par la commune de Dandé, au Nord-est par la commune de Padema, au Sud par la commune de Bobo-Dioulasso, à l'Ouest par la commune de Karangasso sambla et à l'Est par la commune de Satiri.



Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bama_\(d%C3%A9partement\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bama_(d%C3%A9partement))

Figure 3: Localisation de la commune rurale de Bama.

1.2. Matériel végétal.

Le matériel végétal qui a été utilisé pour notre étude est le maïs (*Zea mays* L.), variété Barka, sélectionnée par l'INERA Farako-bâ. Cette variété a un cycle de 80 jours et une bonne résistance contre la verse et la casse. Elle a un rendement potentiel de 5,5 t/ha et est sensible aux adventices.

1.3. Produits utilisés.

Les produits utilisés se composent d'un témoin et d'un produit expérimenté.

Le produit témoin de formulation SL est un herbicide sélectif du maïs agissant par systémic sur un grand nombre d'adventices dicotylédones. Il contient 720 g de 2,4-D sel d'amine par litre de solution Sa matière active, le 2,4-D sel d'amine de formule chimique $C_8H_6C_{12}O_3$ ou acide (dichloro-2,4 phénoxy) acétique est absorbée par le feuillage pour être véhiculée dans la sève de la plante à détruire. Elle appartient à la famille chimique des Aryloxy-acides. Sa dose journalière admissible (DJA) est de 0,05 mg /kg/jour (ACTA, 2014).

Le produit expérimenté de formulation SC est également un herbicide sélectif du maïs appartenant à la famille des sulfonyleurées. Il contient 40 g de nicosulfuron par litre de solution et lutte contre les gramineae et les dicotylédones. Absorbée principalement par voie foliaire et faiblement par voie racinaire, sa matière active qu'est le nicosulfuron migre très rapidement vers les bourgeons apicaux et axillaires qu'elle inhibe. L'action herbicide de cette matière active de formule chimique $C_{15}H_{18}N_6O_6S$ ou 2-(4,6-diméthoxy-pyrimidin-2-yl-carbamoyl-sulphanoyl)-N, N-diméthyl nicotinamide se manifeste par l'inhibition de l'enzyme acétolactate-synthétase (ALS), ce qui provoque l'arrêt de la division cellulaire et l'allongement de la plante. Il induit des jaunissements et rougissements qui se transforment en nécrose et provoque ainsi la destruction progressive des mauvaises herbes. Sa dose journalière admissible (DJA) est de 2 mg /kg/jour (ACTA, 2014).

Tableau III : Caractéristiques des herbicides

Matière active	Nom commercial	Dose Recommandée	Mode d'application	DL₅₀ rats (mg/kg)
2,4-D sels amines	HERBEXTRA720 SL	1-1,5 l/ha	Post-levée	425-764 mg /kg
Nicosulfuron	NICOMAÏS 40 SC	1-1,5 l/ha	Post-levée	> 5000 mg /kg

1.4. Sol.

Le sol prélevé dans les parcelles utiles a été utilisé pour ensemercer les milieux de culture gélosés et calculer le nombre de microorganismes à partir de son coefficient d'humidité.

1.5. Appareil de traitement phytosanitaire.

Le matériel d'application des herbicides utilisé a été composé d'un pulvérisateur portatif à pression entretenue d'une capacité de 16 litres et d'équipements de protection individuelle (EPI).

II. METHODES.

2.1. Dispositif expérimental.

Le dispositif expérimental utilisé est, un bloc de Fisher complètement randomisé de six (6) traitements en quatre (04) répétitions soit 24 parcelles élémentaires (Annexe 1). La dimension d'une parcelle élémentaire est de 8 m de long sur 4 m de large, soit une superficie de 32 m². La parcelle utile avait une dimension de 7,60 m de long sur 3,20 m de large soit une superficie de 24,32 m². Le nombre de lignes de plantation de la parcelle utile est de quatre (04). L'inter-parcelle mesure 1 m entre les blocs et 1 m entre les traitements. Les observations de l'enherbement et les prélèvements de sol ont été faits dans les parcelles utiles.

Les différents traitements sont les suivants:

T₁ = Témoin non traité, non sarclé

T₂ = Témoin sarclé manuellement

T₃ = 2,4-D sels amines (540 g/ha)

T₄ = Nicosulfuron (30 g/ha)

T₅ = Nicosulfuron (60 g/ha)

T₆ = Nicosulfuron (100 g/ha)

NB: Le 2,4-D sels amines (540 g/ha) est la dose du produit témoin recommandée en culture du maïs. Les doses 30 g/ha, 60 g/ha et 100 g/ha du Nicosulfuron sont respectivement la moitié de la dose recommandée, la dose recommandée, et la dose recommandée + les 2/3 de la dose recommandée du produit expérimenté.

2.2. Variables ou paramètres mesurés et/ou observés.

2.2.1. Nombre d'adventices

L'évaluation du nombre d'adventices a été faite par comptage et arrachage des adventices dès leur apparition avant et après l'application des herbicides à l'aide d'un carré de sondage de 0,25 m² placé autour de 4 poquets de maïs, à intervalles réguliers, en diagonales sur 4 lignes dans chaque parcelle utile avant l'application des herbicides, aux 7^{ème}JAT, 15^{ème}JAT, 30^{ème}JAT, 45^{ème}JAT, et 65^{ème}JAT (Jour Après Traitement) selon la méthode de Likov (1985)

2.2.2. Biomasse sèche des adventices.

L'évaluation du poids de la biomasse sèche des adventices arrachées aux différentes périodes d'observations a été faite selon la méthode de Likov (1985). Les adventices arrachées lors des observations ont été séchées puis, pesées à l'aide d'une balance de précision après avoir été débarrassées de leurs racines.

2.2.3. Taux d'efficacité des herbicides.

Les taux d'efficacité biologique des doses d'herbicides de post-levée ont été calculés à l'aide de la formule de Vilitsky (1989) qui est la suivante:

$$C = 100 * (A_0 * B_k - B_0 * A_k) / A_0 * B_k \quad \text{Avec}$$

C : taux d'efficacité.

A_0 : nombre d'adventices de la parcelle utile du premier comptage dans le traitement herbicide.

B_0 : nombre d'adventices par parcelle utile lors du premier, 2nd (ou 3^{ème}) comptage au traitement herbicide.

A_k : nombre d'adventices de la parcelle non traitée lors du premier comptage

B_k : nombre d'adventices de la parcelle non traitée au premier, au 2nd (ou 3^{ème}) comptage au témoin.

La même formule a été utilisée pour calculer les taux d'efficacité biologiques des doses d'herbicides en fonction de la biomasse sèche des adventices.

2.2.4. Flore adventice.

Les adventices arrachées au 45^{ème} JAT et au 65^{ème} JAT ont été identifiées à l'aide des clés Berhaut (1967), Terry (1983), Akobundu et Agyakwa (1982), Johnson (1997).

2.2.5. Rendement et composantes de rendement du maïs

Le rendement a été estimé en kg/ha après avoir évalué le nombre d'épis récoltés, la longueur moyenne des épis, le nombre de grains par épis, le poids de 1000 graines (Dospiehov, 1985). Ainsi, pour chaque traitement, trois épis de maïs bien secs de longueur différentes à savoir un petit, un moyen et un long ont d'abord été choisis. Puis, chacun de ces épis a été mesuré, pesé et le nombre de rangées par épis, le nombre de grains par rangée ont été évalués afin d'obtenir le nombre de grains par épi. Ensuite, chacun de ces épis a été égrainé et leurs grains ont été pesés. Enfin, les moyennes des longueurs, des poids et des nombre de grains obtenus ont été calculées.

Le taux d'émission des grains a été calculé en divisant le poids moyen des grains d'un épi par le poids moyen d'un épi, le résultat obtenu étant multiplié par 100. Le poids de l'ensemble des épis de chaque traitement ainsi que celui des grains qu'ils renferment (poids/parcelle utile) ont été obtenus par pesée à l'aide d'un peson.

Le poids des 1000 grains au niveau de chaque traitement a été obtenu en comptant manuellement et en pesant à l'aide d'une balance de précision. 1000 grains de maïs parmi les grains issus de l'ensemble des épis du traitement.

Pour déterminer le taux d'humidité des grains, une certaine quantité de grains de maïs de chaque traitement a été pesée avant et après séchage à l'étuve pendant cinq (5) heures. La différence entre le poids des grains avant le séchage et le poids des grains après le séchage donne le poids de l'eau. Le taux d'humidité des grains est calculé en divisant le poids de l'eau par le poids des grains séchés, le résultat obtenu étant exprimé en pourcentage.

Après avoir extrapolé à l'hectare le poids des épis de maïs par parcelle utile, le rendement du maïs a été calculé à l'aide de la formule suivante:

$$X = y * \pi * (100 - B) / 8500 \text{ avec}$$

X: le rendement (Kg/ha)

y: le poids des épis/hectare (Kg)

π : le taux d'émission des grains (%)

B: le taux d'humidité des grains (%).

2.2.6. Propriétés biologiques du sol.

2.2.6.1. Méthode de prélèvement du sol.

Les prélèvements de sol ont été faits dans chaque parcelle utile des blocs I et III, quatre fois à intervalles réguliers suivant la diagonale, à proximité du système racinaire des plantes de maïs, sur une profondeur de 20 cm à l'aide d'une tarière. Le premier a été effectué avant l'application des herbicides, le deuxième à 45 JAT (stade épiaison-floraison) et le troisième à 65 JAT (stade maturation complète). Le sol prélevé a été mis dans des sachets plastiques et conservés dans le réfrigérateur avant d'être utilisé pour les analyses au laboratoire d'écotoxicologie.

2.2.6.2. Analyse au laboratoire.

Le dénombrement des microorganismes du sol (bactéries ammonifiantes, bactéries nitrifiantes, champignons microscopiques et bactéries cellulolytiques) a été effectué sur des milieux de culture gélosés (Tepper *et al.*, 1987). Ainsi, 10 g de sol a été pesé à partir des échantillons de chaque traitement et placé dans six (6) flacons stérilisés contenant chacun 90 ml d'eau distillée. Après homogénéisation, la dilution des mélanges obtenus a nécessité pour chaque traitement, trois (3) autres flacons stérilisés contenant également 90 ml d'eau distillée chacun. Cette dilution a consisté pour chaque traitement, à prélever 10 ml du mélange initial à l'aide d'une pipette graduée et à le placer dans le deuxième flacon stérilisé affecté au même

traitement. Après homogénéisation, la concentration obtenue au niveau du deuxième flacon est utilisée comme précédemment pour obtenir celle du troisième flacon et ainsi de suite.

Les différents milieux de cultures spécifiques à savoir le milieu Amidon-Ammoniaque-Agar (AAA) pour les bactéries nitrifiantes; le milieu Meat-Pepton-Agar (MPA) pour les bactéries ammonifiantes; le milieu CZAPEK-DOX (TD) pour les champignons microscopiques et le milieu Getchinson (G) pour les bactéries cellulolytiques ont été préparés selon les compositions indiquées dans le tableau (Annexe 4). Pour chaque milieu de culture, les différents produits ont été pesés puis, introduits dans un bécher excepté l'amidon qui a été écrasé dans l'eau froide et ensuite, transvasé. Après la pesée le contenu du bécher est complété avec de l'eau distillée pour avoir un (1) litre de milieu. Pour acidifier le milieu CZAPEK-DOX (TD), un peu d'acide citrique a été mis avant la stérilisation. Ces milieux ont été stérilisés à l'autoclave à la pression de un (1) bar et à la température de 120°C pendant 30 minutes. Après stérilisation, les milieux ont été coulés dans les boîtes de pétris en trois (3) répétitions pour six (6) traitements soit 72 boîtes de pétris pour les quatre milieux. L'ensemencement de ces milieux a été fait sous la hotte à l'aide d'un étaloire et des pipettes graduées.

Pour l'ensemencement des milieux Amidon-Ammoniaque-Agar (AAA) et Meat-Pepton-Agar (MPA), une seule goutte du mélange de concentration 10^{-3} a été utilisée. Quant à celui du milieu Getchinson (G), deux gouttes du mélange de concentration 10^{-3} ont été déposées sur le milieu avant d'y placer un papier WHATMAN. Pour ce qui est du milieu CZAPEK-DOX (TD), 1 ml du mélange de concentration 10^{-4} a été versé dans chaque boîte de pétri avant de couler le milieu de culture.

Les colonies de champignons microscopiques ont été comptées pendant trois (3) jours, celles des bactéries ammonifiantes et nitrifiantes pendant huit (8) jours, enfin celles des bactéries cellulolytiques pendant douze (12) jours. Les nombres de bactéries ammonifiantes et nitrifiantes ont été évalués à l'aide la formule de calcul suivante :

$$\text{Nombre de bactéries} = \frac{\text{Nombre de colonies du type de bactéries} \times 20 \times 10^4}{\text{Coefficient d'humidité du sol}}$$

Par ailleurs, les nombres de bactéries cellulolytiques et de champignons microscopiques ont été obtenus à partir de leur nombre de colonies respectifs et à l'aide de la formule de calcul suivante :

$$\text{Nombre de bactéries cellulolytiques ou de champignons} = \frac{\text{Nombre de colonies} \times 10 \times 10^3}{\text{Coefficient d'humidité du sol}}$$

2.3. Conduite de l'essai.

Pour la préparation du lit de semis, le labour a été effectué le 03 Juillet suivi d'un hersage le 04 Juillet tous en traction motorisée et d'un planage manuel le 06 Juillet. Le semis a été opéré manuellement avec un écartement de 40 cm entre les poquets et 80 cm entre les lignes à la date du 14 Juillet 2015 et à raison de 3 graines par poquet suivi d'un démariage pour y laisser 2 plants par poquet. Deux sarclages manuels ont été opérés sur les parcelles qui ont pour traitement le sarclage selon le protocole. Le premier sarclage a été fait au 21^{ème} jour après le semis et le second, au 45^{ème} jour après le semis.

Quant aux herbicides, ils ont été appliqués au 15^{ème} jour après le semis dans les parcelles concernées, une seule fois sur les adventices dès leur stade 3 feuilles à l'aide d'un pulvérisateur à dos muni d'une rampe, à raison de 200 litres d'eau /ha sous pression entretenue.

La fertilisation minérale a consisté à une application de l'engrais NPK (15-15-15), à la dose de 300 kg/ha au 15^è jour après le semis et au 30^è jour après le semis puis, de 150 kg/ha d'Urée (46 N) en début de la floraison, au 45^{ème} jour après le semis.

Après l'application des herbicides, la phytotoxicité sur le maïs a été appréciée par une échelle de notation visuelle de 0 à 10 (Méthode de la Commission des Essais Biologiques, C.E.B.) (Annexe 3). La récolte a eu lieu le 89^{ème} jour après le semis dans les parcelles utiles.

2.4. Analyse statistique.

Les données obtenues ont subi une analyse de variance au seuil de 5% (Dospiehov, 1985) suivie du test de Newman-Keuls à l'aide du logiciel STAT-ITCF version 5.

Pour réduire la grande variabilité entre les données obtenues, les moyennes du nombre et du poids de la biomasse sèche des adventices ont préalablement subi une transformation par la formule $\sqrt{x + 1}$ avant d'être analysées. Le logiciel Microsoft Excel (Office 2013) a été utilisé pour la construction des graphiques. La corrélation entre le nombre des adventices ou le poids de la biomasse sèche des adventices et le rendement du maïs a été réalisée à l'aide du logiciel ORIGIN 3.0.

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION.

I. RESULTATS.

1.1. Reprise et phytotoxicité.

Les observations visuelles faites suite à l'application des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) n'ont révélé aucun cas de phytotoxicité sur le maïs.

1.2. Effets des traitements sur les adventices du maïs.

A la levée, avant l'application des herbicides, les parcelles devant être traitées avec la dose 60 g/ha de Nicosulfuron ainsi que celles destinées à recevoir la dose 540 g/ha du 2,4-D sels amines étaient les plus enherbées par rapport au témoin non traité (+11,80 %). Les parcelles à sarcler ainsi que celles à traiter aux doses 30 g/ha et 100 g/ha de Nicosulfuron étaient les moins enherbées et ne se distinguaient pas significativement des parcelles témoins non traitées (Tableau 4).

Une semaine après l'application des herbicides, l'effet moyen des herbicides (14,61 pieds/m²) est une réduction des adventices de 28,80% par rapport au témoin non traité. Parmi les parcelles traitées aux différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC), celles ayant reçu la plus faible dose (30 g/ha) ont affiché la plus forte quantité d'avertices (15,94 pieds/m²). Cette quantité ne se distingue pas significativement de celle des parcelles traitées avec la dose 540 g/ha du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL). La plus forte réduction du nombre d'avertices par les herbicides (37,72%) se situe au niveau des parcelles traitées avec la dose 100 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC). Ce taux de réduction n'est pas statistiquement différent de celui de la dose 60 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC) mais excède celui du produit témoin de 15,5% par rapport au témoin non traité. Les parcelles sarclées sont les plus enherbées et ne se distinguent pas statistiquement des parcelles témoins non traitées.

Au stade de croissance active, au 15^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (15,71 pieds/m²) est une baisse de la quantité des mauvaises herbes de 29,36% par rapport au témoin non traité. Parmi les parcelles traitées aux différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC), celles ayant reçu la plus forte dose (100 g/ha) ont affiché la plus faible quantité d'avertices (13,81 pieds/m²). Parmi les doses d'herbicides appliquées, la dose 100 g/ha de nicosulfuron a affiché le taux de réduction le plus élevé (37,90 %) par rapport au témoin non traité. Ce taux est suivi par celui du Nicosulfuron (60 g/ha), soit 27,70 % qui ne se distingue pas significativement de ceux du Nicosulfuron (30 g/ha) et du produit témoin qui sont respectivement de 26,93 % et 24,32 %. Le plus faible taux d'enherbement est obtenu au niveau du sarclage manuel qui a réduit les adventices de 58,14 % par rapport au témoin non traité.

Au stade de montaison, au 30^{ème} jour après traitement, l'effet moyen des herbicides (16,70 pieds/m²) est une réduction de 32,36 % par rapport au témoin non traité. Les trois doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) ont entraîné une réduction des adventices de 24,99 % à 40,10 % par rapport au témoin non traité. Parmi les doses d'herbicides appliquées, le Nicosulfuron (100 g/ha) a permis d'obtenir la plus faible quantité d'adventices (14,79 pieds/m²) qui ne se distingue pas statistiquement de celle du sarclage manuel. Cette plus forte dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) a réduit le nombre d'adventices de 4,74 % de plus que le produit témoin.

Au stade épiaison-floraison, au 45^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (15,15 pieds/m²) est une réduction de 22,66 % par rapport au témoin non traité. Parmi les doses d'herbicides appliquées, la plus faible quantité de mauvaises herbes (14,70 pieds/m²) a été enregistrée au niveau des parcelles traitées au Nicosulfuron (30 g/ha). Avec un taux de réduction de 24,96 % par rapport au témoin non traité, l'effet de cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) ne se distingue pas significativement de celui des autres doses d'herbicides appliquées. Le plus faible taux d'enherbement se situe au niveau du sarclage manuel.

A la maturation complète, au 65^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (11,42 pieds/m²) est une réduction de 15,78 % par rapport au sarclage manuel. Parmi les différentes doses d'herbicides appliquées, la plus forte réduction (23,89 %) est obtenue au Nicosulfuron (100 g/ha). Cependant, elle ne se distingue pas de manière significative du sarclage manuel et du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) appliqué à la dose de 540 g/ha. Puis, vient le Nicosulfuron (100 g/ha) qui a réduit les mauvaises herbes de 10,25 % par rapport au témoin non traité et n'est pas statistiquement différent aussi bien du Nicosulfuron (30 g/ha) que du sarclage manuel.

Tableau IV : Variation de la densité des adventices du maïs (pieds/m²) en fonction des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC)

Traitements	Périodes d'observations (J A T : Jours Après Traitements)											
	0		7		15		30		45		65	
	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$
Témoin non traité	193,50	13,50 b	429,50	20,52 a	479,25	22,24 a	631,75	24,69 a	392,50	19,59 a	186,00	13,56 a
Sarclage manuel	209,25	13,72 b	430,00	20,62 a	87,25	9,31 d	222,75	14,90 e	90,25	9,46 c	136,00	11,35 b c
2,4-D sels amines:540 g/ha	229,00	15,10 a	245,00	15,96 b	284,75	16,72 b	254,00	15,96 d	224,00	14,92 b	120,50	10,97 c
Nicosulfuron : 30 g/ha	185,00	13,42 b	259,00	15,94 b	269,50	16,25 b	308,25	17,53 c	219,50	14,70 b	150,50	12,22 b
Nicosulfuron : 60 g/ha	244,75	15,02 a	194,00	13,78 c	264,75	16,08 b	347,25	18,52 b	248,75	15,54 b	153,00	12,17 b
Nicosulfuron :.100 g/ha	184,75	13,24 b	173,25	12,78 d	200,00	13,81 c	221,75	14,79 c	244,50	15,45 b	107,50	10,30 c
Moyenne		14,00		16,52		15,73		17,73		14,94		11,76
C V (%)		4,40		5,30		4,10		3,30		4,10		5,10
ETR (ddl = 15)		0,62		0,88		0,64		0,58		0,61		0,60
ETM (Sx)		0,31		0,44		0,32		0,29		0,30		0,30
Probabilité		0,0012		< 0,0001								
Seuil de signification		HS		THS								

HS : Hautement significatif, THS : Très Hautement Significatif

1.3. Efficacité des traitements sur les adventices du maïs (pieds/m²).

Les taux d'efficacité biologique du Nicosulfuron (30 g/ha) ont varié de 15,37% à 48,96 %, ceux du Nicosulfuron (60 g/ha) de 34,97 % à 64,29 % et ceux du Nicosulfuron (100 g/ha) de 34,76 % à 63,24 % (Tableau 5).

Les taux du sarclage manuel ont varié de 7,4 % à 83,16 %. Ils ont été élevés surtout après les sarclages effectués après le 6^{ème} et le 30^{ème} jour après l'application des herbicides. Le taux d'efficacité du Nicosulfuron (60 g/ha) est plus élevé dès le 7^{ème} jour après application alors que ceux du Nicosulfuron (30 g/ha), du Nicosulfuron (100 g/ha) et du 2,4-D sels amines (540 g/ha) atteignent leur maximum à la montaison, au 30^{ème} jour après application. Au 65^{ème} jour après application, la valeur du taux d'efficacité du 2,4-D sels amines (540 g/ha) est voisine de celle du 7^{ème} jour après application. Par contre, hormis la dose 100 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC), les taux d'efficacité biologiques des doses faibles et moyennes de ce produit ont presque diminué de moitié par rapport à leurs valeurs au 7^{ème} jour après application.

Tableau V : Efficacité des traitements en fonction du nombre d'adventices.

Traitements	Périodes d'observations (Jour Après Traitement: JAT)					
	0	7	15	30	45	65
Témoin non traité						
Sarclage manuel		7,40	83,16	67,39	78,74	32,38
2,4-D sels amines : 540 g/ha		44,90	49,79	66,03	51,78	45,26
Nicosulfuron : 30 g/ha		36,93	41,18	48,96	41,58	15,37
Nicosulfuron : 60 g/ha		64,29	56,32	56,54	49,89	34,97
Nicosulfuron : 100 g/ha		57,75	56,29	63,24	34,76	39,47

1.4. Influence des traitements sur la dynamique d'accumulation de la biomasse sèche des adventices.

La dynamique d'accumulation de la biomasse sèche des adventices se caractérise par un pic qui intervient au stade montaison, au 30^{ème} jour après application des herbicides suivi d'une baisse au stade épiaison-floraison, au 45^{ème} jour après application des herbicides. Cette baisse se poursuit jusqu'à la maturation (Tableau 6).

A la levée, avant application des herbicides, parmi les parcelles à traiter aux différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC), seules celles devant recevoir la dose de 60 g/ha affichent de manière significative une biomasse sèche des adventices plus élevée (3,97 g/m²) que celle des parcelles témoins non traitées. Ces parcelles ayant la plus forte quantité de biomasse sèche

des adventices ne se distinguent pas de celles destinées à recevoir la dose de 540 g/ha du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL). Cependant, la plus faible biomasse sèche se situait sur les parcelles à traiter au Nicosulfuron (100 g/ha) qui ne se distinguaient pas de celles devant recevoir 30 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC) et de celles à sarcler manuellement.

Au 7^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (5,08 g/m²) est une réduction de la biomasse sèche des adventices de 21,67 % par rapport au témoin non traité. Parmi les herbicides appliqués, le Nicosulfuron (100 g/ha) affiche le taux de réduction de biomasse sèche le plus élevé (27,71 %) par rapport au témoin non traité et ne se distingue pas du Nicosulfuron (60 g/ha). Par rapport au témoin non traité, cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) a réduit la biomasse sèche des adventices de 14,4 % de plus que le produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) appliqué à la dose de 540 g/ha. Avec un taux de réduction de 13,31 % par rapport au témoin non traité, la dose du produit témoin ne se distingue pas du Nicosulfuron (30 g/ha). La quantité de biomasse sèche des parcelles sarclées manuellement n'est pas significativement différente de celles des témoins non traités.

Cette tendance se maintient au stade de croissance active, au 15^{ème} jour après application des herbicides à partir duquel, l'effet moyen des herbicides (6,59 g/m²) correspond à une réduction de la biomasse sèche des adventices de 23,28 % par rapport au témoin non traité. Parmi les herbicides appliqués, le plus faible taux de réduction au Nicosulfuron (40 g/l SC) (17,81 %) se situe à la dose de 30 g/ha. Ce taux de réduction n'est pas statistiquement différent de celui de la dose 540 g/ha du produit témoin. Par rapport au témoin non traité, ce produit témoin a réduit la biomasse sèche des adventices de 16,19 % de moins que le Nicosulfuron (100 g/ha) qui, avec un taux de réduction de 31,90 % par rapport au témoin non traité, ne se distingue pas du Nicosulfuron (60 g/ha). La plus faible biomasse sèche est obtenue au niveau des parcelles sarclées manuellement.

Au stade montaison, au 30^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (14,01 g/m²) est une réduction de la biomasse sèche des adventices de 16,26 % par rapport au témoin non traité. Parmi les herbicides appliqués, les plus faibles taux de réduction (5,92 %) se situent au Nicosulfuron (30 g/ha). Ce taux de réduction est suivi par celui de la dose 540 g/ha du produit témoin (12,01 %) qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) qui ne se distingue pas significativement de celui du Nicosulfuron (60 g/ha). Parmi les doses d'herbicides appliquées, le Nicosulfuron (100 g/ha) affiche la plus faible quantité de biomasse sèche (11,60 g/m²). Cette plus forte dose de Nicosulfuron (40 g/l SC) a réduit la biomasse sèche des adventices de 18,65 % de plus que le produit témoin. La plus faible quantité de biomasse sèche (9,81 g/m²) est observée sur les parcelles sarclées manuellement.

Au stade épiaison-floraison, au 45^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (14,23 g/m²) est une réduction de la biomasse sèche des adventices de 11,39 % par rapport au témoin non traité. Parmi les doses d'herbicide appliquées, le Nicosulfuron (100 g/ha) se distingue de manière significative du Nicosulfuron (60 g/ha) et du 2,4-D sels amines (540 g/ha) avec un taux de réduction (16,50 %) plus élevé par rapport au témoin non traité. Cependant, la quantité de biomasse sèche (13,41 g/m²) des parcelles traitées à cette plus forte dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) n'est pas statistiquement différente de celle des parcelles traitées au Nicosulfuron (30 g/ha) qui est de 13,85 g/m². La plus faible réduction de biomasse sèche des adventices par les herbicides se situe au niveau du traitement au produit témoin 2,4-D sels amines (540 g/ha). Cette dose du 2,4-D sels amines (720 g/l SL) a réduit la biomasse sèche des adventices de 10,83% de moins que le Nicosulfuron (100 g/ha) et cette réduction n'est pas significativement différente de celle du Nicosulfuron (60 g/ha).

A la maturation complète, au 65^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (10,97 g/m²) est une réduction de la biomasse sèche des adventices de 20,68 % par rapport au témoin non traité. Parmi les doses d'herbicides appliquées, la plus faible quantité de biomasse sèche (9,64 g/m²) est obtenue sur les parcelles traitées au Nicosulfuron (100 g/ha). Avec un taux de réduction de 30,30 % par rapport au témoin non traité, cette forte dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) a réduit la biomasse sèche des adventices de 9,48 % de plus que la dose 540 g/ha du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL). La quantité de biomasse sèche (11,33 g/m²) des parcelles traitées au Nicosulfuron (60 g/ha) n'est pas statistiquement différente de celle des parcelles traitées avec le 2,4-D sels amines (540 g/ha) qui est de 10,95 g/m². La plus forte quantité de biomasse sèche des parcelles traitées aux herbicides (11,96 g/m²) a été obtenue au Nicosulfuron (30 g/ha). Cette quantité est 2 fois supérieure à celle des parcelles sarclées manuellement.

Tableau VI : Variation du poids de la biomasse sèche des adventices du maïs (g /m²) en fonction des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC).

Traitements	Périodes d'observations (J A T : Jours Après Traitements)											
	0		7		15		30		45		65	
	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Sans transf.	Après $\sqrt{x+1}$
Témoin non traité	11,28	3,48 b	41,98	6,46 a	73,69	8,59 a	280,83	16,73 a	261,25	16,06 a	196,73	13,83 a
Sarclage manuel	13,38	3,59 b	39,96	6,32 a	11,27	3,50 d	97,49	9,81 e	17,93	4,24 e	33,46	5,65 e
2,4-D sels amines : 540 g/ha	16,54	4,15 a	31,09	5,60 b	52,15	7,24 b	216,71	14,72 c	233,16	15,15 b	126,72	10,95 c
Nicosulfuron : 30 g/ha	13,92	3,61 b	29,64	5,38 b	51,82	7,06 b	222,64	15,74 b	200,97	13,85 c d	146,31	11,96 b
Nicosulfuron : 60 g/ha	15,29	3,97 a	20,79	4,66 c	38,46	6,23 c	195,20	13,97 c	222,11	14,53 b c	127,96	11,33 c
Nicosulfuron : 100 g/ha	11,31	3,41 b	22,72	4,67 c	33,84	5,85 c	136,26	11,60 d	186,24	13,41 d	94,38	9,64 d
Moyenne		3,70		5,52		6,41		13,76		12,87		10,56
CV (%)		5,60		5,70		4,20		4,00		3,90		3,10
ETR (ddl =15)		0,21		0,32		0,27		0,55		0,50		0,32
ETM (Sx)		0,10		0,16		0,13		0,27		0,25		0,16
Probabilité		0,0008		< 0,0001								
Seuil de signification		THS		THS		THS		THS		THS		THS

THS : Très Hautement Significatif

1.5. Efficacité des traitements en fonction de la biomasse sèche des adventices (g/m²).

Partant de la biomasse sèche des adventices, les taux d'efficacité biologique des différents traitements ont connu les variations suivant les périodes d'observations (Tableau 7). Ainsi le taux d'efficacité biologique du Nicosulfuron (30 g/ha) est passé de 43,01% au 15^{ème} JAT à 35,64% au 30^{ème}JAT. Au 65^{ème} JAT il est légèrement en baisse par rapport à sa valeur au 7^{ème} JAT. Pour ce qui est du taux d'efficacité biologique du Nicosulfuron (60 g/ha), il est passé de 63,46% au 7^{ème} JAT à 37, 28 % au 45^{ème}JAT. Au 65^{ème} JAT, il a considérablement baissé par rapport à sa valeur au 7^{ème} JAT. Quant à celui du Nicosulfuron (100 g/ha), il est passé de 54,20% au 15^{ème} JAT à 28,90 % au 45^{ème} JAT. Au 65^{ème} JAT il a été plus élevé qu'au 7^{ème} JAT.

Le taux d'efficacité biologique du 2,4-D sel amines (720 g/l SL) appliqué à la dose de 540 g/ha est passé de 39,13 % au 45^{ème} JAT à 56,07 % au 65^{ème} JAT, la valeur la plus élevée de toutes les périodes d'observation.

Le sarclage manuel a affiché les taux d'efficacité biologiques les plus élevés de tous les traitements après le 7^{ème} jour après application des herbicides. Ces taux ont varié de 19,75 % à 94,21 % ; les plus élevés étant situés au 15^{ème} et au 45^{ème} jour après application des herbicides.

Tableau VII : Efficacité des traitements en fonction de la biomasse sèche des adventices du maïs.

Traitements	Jour Après Traitements (J A T)					
	0	7	15	30	45	65
Témoin non traité						
Sarclage manuel		19,75	87,10	70,68	94,21	85,66
2,4-D sels amines : 540 g/ha		49,49	51,74	47,28	39,13	56,07
Nicosulfuron : 30 g/ha		42,78	43,01	35,64	37,66	39,73
Nicosulfuron : 60 g/ha		63,46	61,50	48,63	37,28	52,01
Nicosulfuron : 100 g/ha		46,02	54,20	51,52	28,90	52,15

1.6. Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 45^{ème} jour après application des herbicides.

L'inventaire réalisé au 45^{ème} JAT a permis de dénombrer dans la flore adventice de l'essai expérimentale 30 espèces réparties dans 15 familles botaniques (Tableau 8). Les espèces les plus rencontrées sont *Cyperus* sp, *Setaria pallide-fusca* et *Digitaria horizontalis*.

Tableau VIII: Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 45^{ème} JAT.

Genre et espèces	Famille	Témoin	Sarclage	2,4-D sels amines:	Nicosulfuron :	Nicosulfuron :	Nicosulfuron :
		non traité	manuel	540 g/ha	30g/ha	60 g/ha	100 g/ha
<i>Ageratum conyzoides L</i>	Astéraceae	0	4	0	0	0	0
<i>Bidens pilosa L.</i>	Asteraceae	52	36	8	16	156	345
<i>Cassia mimosoides L.</i>	Cesalpiaceae	47	1	10	21	54	29
<i>Cleome viscosa L.</i>	Cleomaceae	0	0	1	41	0	0
<i>Corchorus olitorius L.</i>	Tiliaceae	184	12	32	93	509	231
<i>Corchorus tridens L.</i>	Tiliaceae	0	0	0	0	1	0
<i>Cynodon dactylon L.</i>	Poaceae	1	6	1	2	0	0
<i>Cyperus difformis L.</i>	Cyperaceae	0	0	2	0	0	0
<i>Cyperus rotundus L.</i>	Cyperaceae	1	3	3	10	0	1
<i>Cyperus sp.</i>	Cyperaceae	543	244	11	172	0	60
<i>Desmodium tortuosum (Sw.) DC.</i>	Fabaceae	5	0	4	0	0	0
<i>Digitaria horizontalis Willd.</i>	Poaceae	167	6	517	372	186	164
<i>Echinochloa obtusiflora Stapf.</i>	Poaceae	0	0	0	1	0	0
<i>Euphorbia heterophylla L.</i>	Euphorbiaceae	9	1	3	7	0	0
<i>Fimbristylis littoralis Gaudet</i>	Cyperaceae	0	1	10	0	0	0
<i>Gomphrena celosioides Mart.</i>	Amaranthaceae	53	3	28	10	0	0
<i>Ipomoea triloba L.</i>	Convolvulaceae	2	1	0	0	0	1

<i>Kyllinga pumila</i> Michx.	Cyperaceae	2	0	0	0	0	0
<i>Ludwigia abyssinica</i> A. Rich.	Onagraceae	105	31	23	34	28	37
<i>Ludwigia adscendens</i>	Onagraceae	5	0	0	0	0	1
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Rubiaceae	1	0	0	0	0	0
<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	Poaceae	11	7	33	25	18	36
<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. et Thonn.	Euphorbiaceae	1	0	2	3	0	0
<i>Physalis angulata</i> L.	Solannaceae	5	1	9	19	9	4
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Poaceae	1	0	0	1	0	0
<i>Sesamum indicum</i> L.	Pedaliaceae	0	0	0	1	0	0
<i>Setaria pallide-fusca</i> Schum. et stapf.	Poaceae	371	0	199	23	22	28
<i>Sida acuta</i> Brum. F.	Malvaceae	4	4	0	26	12	41
<i>Tridax procumbens</i> L.	Asteraceae	0	0	0	1	0	0
Total		1568	361	896	878	995	978
Nombre d'espèces		21	16	18	20	10	13

Parmi les différents traitements, les parcelles témoins non traitées et les parcelles traitées à la dose 30 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC), sont celles qui ont les plus grandes richesses spécifiques avec respectivement 21 et 20 espèces rencontrées (Tableau 8). Dans les parcelles témoins non traitées, ces espèces sont réparties dans 13 familles botaniques. *Cyperus* sp est l'espèce la plus rencontrée et représente 34,58 % du nombre d'adventices. Elle est suivie par *Setaria pallide-fusca* (23,63 %) et *Digitaria horizontalis* (10,64 %).

Dans les parcelles sarclées, 16 espèces réparties dans 11 familles botaniques ont été dénombrées. L'espèce la plus abondante est *Cyperus* sp qui représente 67,22 % du nombre d'adventices. Ensuite, viennent *Bidens pilosa* et *Ludwigia abyssinica* qui représentent respectivement 9,92 % et 8,54 % du nombre d'adventices. Les effectifs des espèces comme *Ludwigia abyssinica*, *Cyperus* sp. et de *Bidens pilosa* ont été réduits par le sarclage manuel respectivement de 70,48 % ; 55,06 % et 30,77 % par rapport au témoin non traité.

Dans les parcelles où le produit témoin, le 2,4-D sel amines (720 g/l SL) a été appliqué à la dose de 540 g/ha, l'inventaire a fait ressortir 18 espèces réparties dans 11 familles botaniques. Avec 57,70% du nombre d'adventices dénombrées, *Digitaria horizontalis* est l'espèce la plus abondante. Puis, viennent *Setaria pallide-fusca* et *Paspalum scrobiculatum* constituant respectivement 22,21 % et 3,68 % des adventices dénombrées. Par rapport au témoin non traité, la dose 540 g/ha du 2,4-D sels amines (720 g/l SL) a réduit le nombre de *Cyperus* sp de 97,97 %, celui de *Corchorus olitorius* de 82,61 %, celui de *Ludwigia abyssinica* de 78,10 % et celui de *Cassia mimosoides* de 78,72 %. En général, les plus grandes réductions de nombre d'adventices concernent les dicotylédones et les Cyperaceae. Un grand nombre d'espèces de la famille des Poaceae est très peu influencé par le produit d'après l'inventaire.

Dans les parcelles où le Nicosulfuron (40 g/l SC) a été appliqué à la dose de 30 g/ha, 20 espèces réparties dans 12 familles botaniques ont été recensées lors de l'inventaire. *Digitaria horizontalis* est l'espèce la plus rencontrée dans ces parcelles et représente 42,37 % de l'effectif des adventices dénombrées. *Cyperus* sp. et *Corchorus olitorius* sont les suivantes et occupent respectivement les 19,59 % et 10,59 % des adventices dénombrées. Cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) a influencé les espèces telles que *Setaria pallide-fusca*, *Gomphrena celosioides*, *Bidens pilosa*, *Cyperus* sp et *Ludwigia abyssinica* en diminuant leur nombre respectivement de 93,80 % ; 81,13 % ; 69,23 %; 68,32 % et 67,62 % par rapport au témoin non traité. Ce traitement n'a cependant pas réduit l'effectif de certaines espèces telles que *Paspalum scrobiculatum*, *Digitaria horizontalis* et *Physalis angulata*.

Dans les parcelles traitées avec le Nicosulfuron (40 g/l SC) à la dose de 60 g/ha, on a obtenu la plus petite richesse spécifique qui est de 10 espèces appartenant à 7 familles

botaniques. Parmi ces espèces, *Corchorus olitorius*, *Digitaria horizontalis* et *Bidens pilosa*, sont les plus abondantes à l'issue de l'inventaire. Elles représentent respectivement 50,85 % ; 18,69 % et 15,68 % du nombre d'adventices de ces parcelles. Cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) a eu une grande influence sur certaines espèces de mauvaises herbes en réduisant considérablement leur nombre. C'est le cas de *Cyperus sp.*, de *Gomphrena celosioides*, de *Ludwigia adscendens* qui ont été réduits à 100 % et de *Ludwigia abyssinica* et *Setaria pallide-fusca* qui ont été réduits respectivement de 73,33 % et 94,07 % par rapport au témoin non traité. Cependant, les espèces telles que *Sida acuta*, *Bidens pilosa*, *Corchorus olitorius* et *Digitaria horizontalis* n'ont pas été réduites par cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC).

Dans les parcelles traitées à la dose de 100 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC), 13 espèces réparties dans 8 familles botaniques ont été rencontrées lors de l'inventaire. L'espèce dominant est *Bidens pilosa*, qui représente 34,97 % des adventices dénombrées. Puis, viennent *Corchorus olitorius* et *Digitaria horizontalis* qui représentent respectivement 23,62 % et 16,77 % des adventices dénombrées. Les espèces d'adventices telles que *Gomphrena celosioides* et *Euphorbia heterophylla* ont été réduites à 100 % par rapport au témoin non traité alors que *Setaria pallide-fusca*, *Cyperus sp.*, *Ludwigia abyssinica* ont été réduites respectivement de 92,45% ; 88,95% et 64,76% par rapport au témoin non traité. Il n'y a cependant pas eu de réduction chez certaines espèces telles que *Bidens pilosa*, *Sida acuta* et *Paspalum scrobiculatum*.

1.7. Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 65^{ème} jour après application des herbicides.

L'inventaire réalisé au 65^{ème} JAT a permis de dénombrer dans la flore adventice de l'essai expérimental 34 espèces réparties dans 17 familles botaniques (Tableau 9).

Les espèces les plus rencontrées sont *Cyperus sp.*, *Setaria pallide-fusca*, *Digitaria horizontalis*, *Ludwigia abyssinica*, *Corchorus olitorius*, *Paspalum scrobiculatum* et *Bidens pilosa*.

Tableau IX: Effets des traitements sur la flore adventice du maïs au 65^{ème} JAT.

Genre et espèces	Famille	Témoin	Sarclage	2,4-D sels amines:	Nicosulfuron :	Nicosulfuron :	Nicosulfuron :
		non Traité	manuel	540 g/ha	30 g/ha	60 g/ha	100 g/ha
<i>Ageratum conyzoides L</i>	Astéraceae	1	4	1	0	1	0
<i>Basilicum polystachyon</i>	Lamiaceae	0	0	0	0	1	1
<i>Bidens pilosa L.</i>	Asteraceae	64	105	39	36	126	133
<i>Cassia mimosaoides L.</i>	Cesalpiniaceae	14	8	12	24	52	19
<i>Cleome viscosa L.</i>	Cleomaceae	2	0	0	2	0	0
<i>Commelina diffusa</i>	Commelinaceae	0	1	0	0	0	0
<i>Corchorus olitorius L.</i>	Tiliaceae	121	13	29	125	233	154
<i>Corchorus tridens L.</i>	Tiliaceae	1	0	0	2	1	5
<i>Cynodon dactylon L.</i>	Poaceae	0	0	0	0	0	2
<i>Cyperus pustulatus</i>	Cyperaceae	0	0	2	0	0	0
<i>Cyperus rotundus L.</i>	Cyperaceae	0	72	5	0	0	0
<i>Cyperus sp.</i>	Cyperaceae	39	109	14	4	9	0
<i>Desmodium tortuosum (Sw.) DC.</i>	Fabaceae	1	0	0	0	0	0
<i>Digitaria horizontalis Willd.</i>	Poaceae	178	3	173	179	56	41
<i>Echinochloa colona</i>	Poaceae	1	0	0	1	0	3
<i>Euphorbia heterophylla L.</i>	Euphorbiaceae	14	2	0	3	0	2
<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	0	0	0	0	1	1

<i>Fimbristylis littoralis</i> Gaudet	Cyperaceae	23	5	38	0	0	0
<i>Gomphrena celosioides</i> Mart.	Amaranthaceae	26	5	3	0	0	1
<i>Ipomoea triloba</i> L.	Convolvulaceae	0	0	0	0	0	0
<i>Kyllinga erecta</i>	Cyperaceae	0	2	2	0	0	0
<i>Ludwigia abyssinica</i> A. Rich.	Onagraceae	44	111	28	57	39	10
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Onagraceae	24	3	12	19	1	4
<i>Mariscus flabelliformis</i>	Cyperaceae	1	0	2	0	3	0
<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	0	0	1	0	1	0
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Rubiaceae	0	0	5	0	0	0
<i>Panicum ripens</i>	Onagraceae	0	10	6	1	0	1
<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	Poaceae	5	93	54	35	27	18
<i>Physalis angulata</i> L.	Solanaceae	2	3	1	1	2	4
<i>Rotthoellia exaltata</i>	Gramineae	0	0	4	0	1	3
<i>Scoparia dulcis</i>	Scrophulariaceae	0	1	0	0	0	0
<i>Setaria pallide-fusca</i> Schum. et stapf.	Poaceae	14	2	20	22	12	3
<i>Sida acuta</i> Brum. F.	Malvaceae	13	0	6	41	32	23
<i>Spigelia authelmia</i>	Loganiaceae	0	0	0	0	1	0
TOTAL		588	552	457	552	599	428
Nombre d'espèces		20	19	22	16	19	19

Parmi les différents traitements, les parcelles témoins non traitées viennent en deuxième position en terme de richesses spécifiques après celles traitées avec la dose 540 g/ha du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL). Ces parcelles renferment 20 espèces (Tableau 9) réparties dans 13 familles botaniques. *Digitaria horizontalis* est l'espèce la plus rencontrée et représente 30,27 % du nombre d'adventices de ces parcelles. Elle est suivie par *Corchorus olitorius* qui représente 20,58 % des adventices rencontrées. Puis viennent *Bidens pilosa* et *Ludwigia abyssinica* qui représentent respectivement 10,88 % et 7,48 % des adventices rencontrées sur ces parcelles.

Dans les parcelles sarclées manuellement, 19 espèces réparties dans 11 familles botaniques ont été dénombrées. L'espèce la plus abondante est *Ludwigia abyssinica* qui représente 20,11 % du nombre d'adventices de ces parcelles. Ensuite, viennent *Cyperus* sp., *Bidens pilosa* et *Paspalum scrobiculatum* qui représentent respectivement 19,75 % ; 19,02% et 16,85 % du nombre d'adventices rencontrées. Les effectifs des espèces comme *Setaria pallide-fusca*, *Euphorbia heterophylla*, *Ludwigia abyssinica*, *Corchorus olitorius* et *Sida acuta* ont été réduits par le sarclage manuel respectivement de 85,71 % ; 85,71 % ; 87,5 % ; 89,26 % et 100 % par rapport au témoin non traité.

Dans les parcelles où le produit témoin, 2,4-D sels amines (720 g/l SL) a été appliqué à la dose de 540 g/ha, l'inventaire a fait ressortir 22 espèces réparties dans 11 familles botaniques. Avec 37,85 % du nombre d'adventices dénombrées, *Digitaria horizontalis* est l'espèce la plus abondante. Puis, viennent *Paspalum scrobiculatum*, *Fimbristylis littoralis* et *Setaria pallide-fusca* qui représentent respectivement 11,82 % ; 8,31 % et 4,38 % des adventices dénombrées. Par rapport au témoin non traité, la dose 540 g/ha du 2,4-D sels amines (720 g/l SL) a réduit le nombre de *Corchorus olitorius* de 76,03 % ; celui de *Cyperus* sp. de 64,10 %, celui de *Ludwigia octovalvis* de 50 %, celui de *Bidens pilosa* de 39,06 % et celui de *Ludwigia abyssinica* de 36,36 %. En général, les plus grandes réductions du nombre d'adventices concernent les dicotylédones et certaines Cyperaceae. Un grand nombre d'espèces de la famille des Poaceae est très peu influencé par le produit d'après l'inventaire.

Dans les parcelles où le Nicosulfuron (40 g/l SC) a été appliqué à la dose de 30 g/ha, 16 espèces réparties dans 12 familles botaniques ont été recensées lors de l'inventaire. *Digitaria horizontalis* est l'espèce la plus rencontrée dans ces parcelles et représente 32,43 % de l'effectif des adventices dénombrées. Les espèces telles que *Corchorus olitorius* et *Ludwigia abyssinica* sont les suivantes et représentent respectivement 26,64 % et 10,33 % des adventices dénombrées. Puis viennent *Sida acuta*, *Paspalum scrobiculatum*, *Cassia mimosoides* et *Setaria pallide-fusca* occupant respectivement les 7,43 % ; 6,34 % ; 4,34 % et 3,98 % des adventices

dénombrées. Cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) a réduit les effectifs des espèces telles que *Ludwigia octovalvis*, *Cyperus sp.*, *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla*, et *Fimbristylis littoralis* respectivement de 20,83 % ; 39,74 % ; 43,75 % ; 78,57 % et 100 % par rapport au témoin non traité.

Dans les parcelles traitées avec le Nicosulfuron (40 g/l SC) à la dose de 60 g/ha, on a obtenu 19 espèces appartenant à 7 familles botaniques. Parmi ces espèces, *Corchorus olitorius*, et *Bidens pilosa*, sont les plus abondantes à l'issue de l'inventaire. Elles représentent respectivement 39,56 % et 21,39 % du nombre d'adventices de ces parcelles. Cette dose de Nicosulfuron (40 g/l SC) a eu une grande influence sur certaines espèces de mauvaises herbes en réduisant considérablement leur nombre. C'est le cas de *Setaria pallide-fusca*, *Digitaria horizontalis*, *Cyperus sp.*, *Euphorbia heterophylla* et *Fimbristylis littoralis* qui ont été réduites respectivement de 14,28 % ; 68,54 % ; 76,92 % ; 100 % et 100 % par rapport au témoin non traité. Cependant, les espèces de faibles proportions telles que *Sida acuta*, *Paspalum scrobiculatum* et *Cassia mimosoides* n'ont pas été réduites par cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC).

Dans les parcelles traitées avec la dose 100 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC), 19 espèces réparties dans 8 familles botaniques ont été rencontrées lors de l'inventaire. L'espèce dominante est *Corchorus olitorius* qui représente 35,98 % des adventices dénombrées. Puis, viennent *Bidens pilosa*, *Sida acuta*, *Cassia mimosoides* et *Paspalum scrobiculatum* qui représentent respectivement 31,07 % ; 5,37 % ; 4,44% et 4,20% des adventices dénombrées. Les espèces d'adventices telles que *Cyperus sp.* et *Fimbristylis littoralis* ont été réduites à 100% alors que certaines espèces telles que *Gomphrena celosioides*, *Euphorbia heterophylla*, *Ludwigia octovalvis*, *Ludwigia abyssinica* et *Digitaria horizontalis* ont été réduites respectivement de 96,15 % ; 85,71 % ; 83,33 % ; 77,27 % et 76,97 % par rapport au témoin non traité.

1.8. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries cellulolytiques du sol.

A la levée, avant l'application des herbicides, les parcelles témoins non traitées renfermaient le plus grand nombre de bactéries cellulolytiques ($666,33 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec). Parmi les parcelles à traiter aux différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC), celles destinées à recevoir la dose de 30 g/ha affichent le plus grand nombre de bactéries cellulolytiques ($518,67 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec). Puis, viennent les parcelles à traiter au Nicosulfuron (100 g/ha) qui ne se distinguent pas significativement de celles devant être traitées avec le 2,4-D sels amines (540 g/ha). La plus faible quantité de bactéries cellulolytiques

des parcelles à traiter aux herbicides ($369,33 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) se situe au niveau de celles destinées à recevoir le Nicosulfuron (60 g/ha). Cette quantité n'est pas statistiquement différente de celles des parcelles du sarclage manuel (Tableau : 10).

Tableau X: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries cellulolytiques, (1000/g de sol sec).

Traitements	Stades phénologiques		
	Levée	Epiaison-floraison	Maturation complète
	0 JAT	45 JAT	65 JAT
Témoin non traité	666,33 a	818,33 b	949,67 a
Sarclage manuel	361,33 d	814,67 b	833,33 b
2,4-D sels amines : 540 g/ha	437,67 c	906,33 a	683,00 c
Nicosulfuron : 30 g/ha	518,67 b	791,00 b	898,33 a
Nicosulfuron : 60 g/ha	369,33 d	792,33 b	949,67 a
Nicosulfuron : 100 g/ha	467,67 c	916,33 a	704,00 c
Moyenne	470,17	839,83	836,33
CV (%)	5,90	2,20	3,00
ETR (ddl=10)	27,72	18,07	25,34
ETM (SX)	13,86	9,03	12,67
Probabilité	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Seuil de signification	THS	THS	THS

THS: Très Hautement Significatif.

Au stade épiaison-floraison, au 45^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides ($851,50 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est une légère augmentation du nombre de bactéries cellulolytiques de 4,05% par rapport au témoin non traité. Parmi les parcelles traitées aux Nicosulfuron (40 g/l SC), celle ayant reçue la dose 100 g/ha ont affiché le plus grand nombre de bactéries cellulolytique ($916,33 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) qui ne se distingue pas significativement de celui des parcelles traitées au 2,4-D sels amines (540 g/ha). Cette plus forte quantité de bactéries cellulolytiques est suivie par celle des parcelles traitées au Nicosulfuron (60 g/ha) qui ne se distingue pas significativement de celle des parcelles traitées au Nicosulfuron (30 g/ha), de celles des parcelles sarclées manuellement ainsi que des parcelles témoin non traitées.

Au stade de maturation complète, au 65^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides ($808,75.10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est une réduction du nombre de bactéries cellulolytiques de 14,84% par rapport au témoin non traité. Parmi les herbicides appliqués, la plus forte réduction par rapport au témoin non traité (25,87%) se situe au niveau des parcelles traitées au Nicosulfuron (100 g/ha). La quantité de bactéries cellulolytique correspondant à cette réduction n'est pas statistiquement différente de celle des parcelles traitées avec 2,4-D sels amines (540 g/ha). Parmi les différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) appliquées, le plus grand nombre de bactéries cellulolytiques ($949,67.10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est obtenu au niveau du Nicosulfuron (60 g/ha). Cette quantité ne se distingue pas de manière significative de celle des parcelles témoins non traitées et des parcelles traitées au Nicosulfuron (30 g/ha). Avec un taux de réduction de 12,25 %, par rapport au témoin non traité, le sarclage manuel a réduit le nombre de bactéries cellulolytiques d'au moins 13,62 % de moins que les herbicides.

1.9. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les champignons microscopiques du sol.

A la levée, avant application des herbicides, les parcelles à traiter au Nicosulfuron (60 g/ha) contenaient le plus grand nombre de champignons microscopiques ($192,67.10^3$ champignons/gramme de sol sec), soit au moins 4 fois celui des parcelles témoins non traitées et au moins 85 champignons de plus que les parcelles à sarcler manuellement. La plus faible quantité de champignons microscopiques (12.10^3 champignons/gramme de sol sec) se situait dans les parcelles à traiter au Nicosulfuron (100 g/ha). Cette quantité ne se distinguait pas significativement de celle des parcelles à traiter avec la dose 540 g/ha du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL). Les parcelles à traiter au Nicosulfuron (30 g/ha) contenaient 64,17% de champignons de plus que les parcelles témoins non traitées.

Au stade épiaison-floraison, au 45^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (204.10^3 champignons/gramme de sol sec) est une réduction du nombre de champignons microscopiques de 52,59% par rapport au témoin non traité. Parmi les parcelles traitées aux herbicides, la plus forte quantité de champignons microscopiques (245.10^3 champignons/gramme de sol sec) est obtenue dans les parcelles traitées au Nicosulfuron (100 g/ha). Cette dose du Nicosulfuron (40 g/l SC) a réduit le nombre de champignons microscopiques de 43,07 % par rapport au témoin non traité. (Tableau 11).

Tableau XI: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les Champignons microscopiques, (1000/g de sol sec).

Traitements	Stades phénologiques		
	Levée	Epiaison-floraison	Maturation complète
	0 JAT	45 JAT	65 JAT
Témoin non traité	40,00 d	430,33 a	20,67 e
Sarclage manuel	107,33 b	366,00 b	36,33 d
2,4-D sels amines: 540 g/ha	12,00 e	203,00 d	180,67 b
Nicosulfuron : 30 g/ha	65,67 c	180,67 d	130,00 c
Nicosulfuron : 60 g/ha	192,67 a	186,67 d	124,67 c
Nicosulfuron : 100 g/ha	12,00 e	245,67 c	220,67 a
Moyenne	71,61	268,72	118,83
CV (%)	3,90	04,70	3,10
ETR (ddl=10)	2,81	12,68	3,73
ETM (SX)	1,40	6,34	1,86
Probabilité :	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Seuil de signification :	THS	THS	THS

THS : Très Hautement Significatif.

Le plus faible taux de réduction par rapport au témoin non traité (14,95%) se situe au niveau du sarclage manuel. Le taux de réduction le plus élevé des champignons par rapport au témoin non traité (58,01 %) est obtenu sur les parcelles traitées au Nicosulfuron (30 g/ha). La quantité de champignons microscopiques correspondant à cette forte réduction ne se distingue pas aussi bien de celle des parcelles traitées au Nicosulfuron (60 g/ha) que de celle des parcelles traitées avec le 2,4-D sels amines (540 g/ha).

A la maturation complète, au 65^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides (164.10³ champignons/gramme de sol sec) est une augmentation du nombre de champignons microscopiques d'au moins 7 fois celui des parcelles témoins non traitées. (20,67.10³ champignons/gramme de sol sec). Les parcelles traitées au Nicosulfuron (100 g/ha) ont affiché le nombre de champignons le plus élevé (220,67.10³ champignons/gramme de sol sec) qui est au moins 10 fois celui des parcelles témoins non traitées. Puis, viennent les parcelles traitées

avec le 2.4-D sels amines (540 g/ha) qui contiennent au moins 8 fois le nombre de champignons des parcelles témoins non traitées et au moins 4 fois celui des parcelles sarclées manuellement. Parmi les parcelles traitées aux herbicides, la plus faible quantité de champignons microscopiques est obtenue dans les parcelles traitées au Nicosulfuron (60 g/ha). Cette quantité n'est pas statistiquement différente de celle des parcelles traitées au Nicosulfuron (30 g/ha).

1.10. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries ammonifiantes du sol.

A la levée, avant application, parmi les parcelles à traiter aux herbicides, seules celles devant recevoir la plus forte dose de Nicosulfuron (40 g/l SC), la dose 100 g/ha renferme le nombre de bactéries ammonifiantes le plus élevé (6504.10^3 bactéries/gramme de sol sec) et qui ne se distingue pas de celui des parcelles témoins non traitées (Tableau 12).

Tableau XII: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les microorganismes utilisant la forme organique de l'azote (bactéries ammonifiantes, 1000/g de sol sec).

Traitements	Stades phénologiques		
	Levée	Epiaison-floraison	Maturation complète
	0 JAT	45 JAT	65 JAT
Témoin non traité	6345,33 a	22615,67 a	24416,67 a
Sarclage manuel	3730,00 c	13991,67 b	24308,67 a
2,4-D sels amines : 540 g/ha	5622,33 b	10487,67 c	24608,67 a
Nicosulfuron : 30 g/ha	3786,00 c	13493,67 b	16422,67 b
Nicosulfuron : 60 g/ha	2169,00 d	9024,33 c	22166,67 a
Nicosulfuron : 100 g/ha	6504,00 a	13500,00 b	13083,33 c
Moyenne	4692,78	13852,17	20834,45
CV (%)	3,40	6,60	7,70
ETR (ddl=10)	161,49	912,52	1606,27
ETM (SX)	80,74	456,26	803,13
Probabilité :	< 0,0001	< 0,001	< 0,0001
Seuil de signification :	THS	HS	THS

HS : Hautement Significatif, THS : Très Hautement Significatif.

Les parcelles à traiter au 2,4-D sels amine (540 g/ha) sont les suivantes à contenir un nombre important de bactéries ammonifiantes puis qu'elles renferment par gramme de sol sec 723.10^3 bactéries de moins que les parcelles témoins non traitées et au moins 1836.10^3 bactéries de plus que les parcelles à traiter au Nicosulfuron (30 g/ha) et celles du sarclage manuel. Ces deux parcelles précédemment citées ne sont pas statistiquement différentes en termes de quantité de bactéries ammonifiantes. La plus faible quantité de bactéries ammonifiantes (2169.10^3 bactéries/gramme de sol sec) est obtenue au niveau des parcelles à traiter au Nicosulfuron (60 g/ha).

Au stade épiaison-floraison, au 45^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides ($11626,42.10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est une réduction du nombre de bactéries ammonifiantes de 48,59 % par rapport au témoin non traité. Parmi les trois doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) appliquées, le plus grand nombre de bactéries (13500.10^3 bactéries/gramme de sol sec) est obtenu dans les parcelles traitées au Nicosulfuron (100 g/ha). Cette quantité n'est pas statistiquement différente de celle des parcelles traitées au Nicosulfuron (30 g/ha) ainsi que de celle du sarclage manuel. Avec un taux de réduction de 40,31 %, le Nicosulfuron (100 g/ha) a réduit le nombre de bactéries ammonifiantes de 13,32 % de moins que la dose du produit témoin, le 2,4-D sels amines (540 g/ha). Le nombre de bactéries ammonifiantes (10487.10^3 bactéries/gramme de sol sec) obtenu sur les parcelles traitées avec le 2,4-D sels amines (540 g/ha) n'est pas significativement différent de celui des parcelles traitées au Nicosulfuron (60 g/ha).

A la maturation complète, au 65^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides ($19070,33.10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est une réduction du nombre de bactéries ammonifiantes de 21,90 % par rapport au témoin non traité. Parmi les doses d'herbicides appliquées, le Nicosulfuron (100 g/ha) affiche le taux de réduction le plus élevé (46,42 %) par rapport au témoin non traité. Ce taux est suivi par celui du Nicosulfuron (30 g/ha) qui a réduit le nombre de bactéries ammonifiantes de 32,74% par rapport au témoin non traité. Parmi les parcelles traitées aux différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC), le nombre de bactéries ammonifiantes le plus élevé ($16422,67.10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est obtenu avec le Nicosulfuron (60 g/ha). Cette quantité n'est pas statistiquement différente de celle des parcelles traitées avec le 2,4-D sels amines (540 g/ha), des parcelles sarclées manuellement et des parcelles témoins non traitées.

1.11. Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries nitrifiantes du sol.

A la levée, avant application des herbicides, parmi les parcelles à traiter avec le Nicosulfuron (40 g/l SC), seules celles devant recevoir la dose de 60 g/ha affichent le nombre de bactéries nitrifiantes le plus élevé (10539.10³ bactéries/gramme de sol sec). Cette quantité n'est pas statistiquement différente de celle des parcelles à traiter avec la dose 540 g/ha du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) (tableau 13).

Tableau XIII: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les bactéries nitrifiantes (1000/g de sol sec).

Traitements	Stades phénologiques		
	Levée	Epiaison-floraison	Maturation complète
	0 JAT	45 JAT	65 JAT
Témoin non traité	8273,00 c	8270,00 c	32000,00 b
Sarclage manuel	8888,67 b c	3045,00 d	29024,33 c
2,4-D sels amines : 540 g/ha	9719,00 a b	25935,00 a	40987,67 a
Nicosulfuron : 30 g/ha	6666,67 d	11325,00 b	23740,00 d
Nicosulfuron : 60 g/ha	10539,00 a	11951,00 b	27000,00 c
Nicosulfuron : 100 g/ha	8780,33 b c	10416,67 b	32416,67 b
Moyenne	8811,11	11823,78	30861,45
CV (%)	5,20	7,00	3,70
ETR (ddl= 10)	454,10	824,42	1155,67
ETM(Sx)	227,05	412,21	577,83
Probabilité :	< 0,0001	< 0, 001	< 0,0001
Seuil de signification :	THS	HS	THS

HS : Hautement Significatif, THS : Très Hautement Significatif.

Cependant, elle excède celle des parcelles témoins non traitées de 27,39 %. La quantité de bactéries nitrifiantes (9719.10³ bactéries/gramme de sol sec) obtenue dans les parcelles à traiter avec le 2,4-D sels amines (540 g/ha) ne se distingue pas de manière significative de celle des parcelles à sarcler manuellement (8888,67.10³ bactéries/gramme de sol sec) et de celle des parcelles devant recevoir le Nicosulfuron (100 g/ha). Les deux traitements précédemment cités affichent un nombre de bactéries nitrifiantes qui n'est pas statistiquement différent de celui des

parcelles témoins non traitées. La plus faible quantité de bactéries nitrifiantes ($6666,67 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) se situe dans les parcelles à traiter au Nicosulfuron (30 g/ha).

Au stade épiaison-floraison, au 45^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides ($14906,92 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est une augmentation du nombre de bactéries nitrifiantes de 80,25 % par rapport au témoin non traité. La plus forte quantité de bactéries nitrifiantes ($25935 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est obtenue sur les parcelles traitées au 2,4-D sels amines (540 g/ha). Cette quantité est d'au moins 2 fois celle des parcelles traitées aux différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC), d'au moins 3 fois celle des parcelles témoins non traitées et d'au moins 8 fois celle des parcelles sarclées manuellement. Les quantités de bactéries nitrifiantes des parcelles traitées aux trois doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) ne sont pas statistiquement différentes.

A la maturation complète, au 65^{ème} jour après application, l'effet moyen des herbicides ($31036,08 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) est une réduction du nombre de bactéries nitrifiantes de 3,01 % par rapport au témoin non traité. Parmi les doses d'herbicides appliquées, celle du produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL), affiche une augmentation du nombre de bactéries nitrifiantes de 28,09% par rapport au témoin non traité. Cependant, le nombre de bactéries des parcelles traitées au Nicosulfuron (100 g/ha) qui est de ($32416,67 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec) ne se distingue pas de manière significative de celui des parcelles témoins non traitées ($32000 \cdot 10^3$ bactéries/gramme de sol sec). Parmi les différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) appliquées, la plus forte réduction par rapport au témoin non traité (25,81%) est obtenue en appliquant 30 g du Nicosulfuron (40 g/l SC) à l'hectare. Puis, vient la réduction au Nicosulfuron (40 g/l SC) appliqué à la dose de 60 g/ha qui n'est pas statistiquement différente de celle du sarclage manuel.

1.12. Influence des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur la structure et le rendement du maïs.

Au critère du nombre d'épis, l'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre la plus forte dose (100 g/ha) et la dose recommandée (60 g/ha) du Nicosulfuron (40 g/l SC) au seuil de 5% (tableau 14).

Tableau XIV: Effets des différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur la structure et le rendement du maïs.

Traitements	Nombre d'épis/ha (moyenne)	Longueur moyenne d'un épi (cm)	Nombre de grains/épi (moyenne)	Poids de 1000 grains (g)	Rendement (Kg/ha)
Témoin non traité.	38484,00 d	7,83 b	218,00 d	129,10 b	1066,83 d
Sarclage manuel	46152,00 c	10,87 a	364,67 a	170,70 a	3787,84 b
2,4-D sels amines : 540 g/ha	51071,00 b	10,87 a	311,16 c	174,26 a	2564,34 c
Nicosulfuron : 30 g/ha	49190,00 b c	10,37 a	327,78 b c	170,12 a	3917,52 b
Nicosulfuron : 60 g/ha	58449,00 a	10,58 a	330,89 b	167,64 a	4217,04 b
Nicosulfuron : 100 g/ha	59317,00 a	11,11 a	310,89 c	178,88 a	4827,90 a
Moyenne	50444,00	10,27	310,56	165,12	3396,91
CV (%)	4,60	4,10	3,00	4,30	8,30
ETR (ddl)	2320,43	0,42	9,31	7,15	282,94
ETM (Sx)	1160,22	0,21	4,65	3,57	141,47
Probabilité :	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Seuil de signification :	THS	THS	THS	THS	THS

THS : Très Hautement Significatif.

Les parcelles traitées au Nicosulfuron (60 g/ha) et au Nicosulfuron (100 g/ha) ont affiché le plus grand nombre d'épis, soit un surplus d'au moins 26,64% par rapport au sarclage manuel. Puis, vient le nombre d'épis des parcelles traitées au produit témoin qu'est le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) appliqué à la dose de 540 g/ha qui ne se distingue pas de manière significative de celui des parcelles traitées avec la dose de 30 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC). Par rapport au témoin non traité, cette dose du produit témoin a permis d'obtenir un surplus d'épis de 19.17% de moins que la dose recommandée (60 g/ha) du Nicosulfuron (40 g/l SC). Le plus

faible nombre d'épis est obtenu au niveau du sarclage manuel qui affiche un surplus de 31,96 % de moins que le Nicosulfuron (40 g/l SC) appliqué à la dose de 60 g/ha et ne se distingue pas significativement de celui du Nicosulfuron (40 g/l SC) appliqué à la dose de 30 g/ha.

Au critère de la longueur moyenne d'un épi, l'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les doses d'herbicides appliquées et le sarclage manuel au seuil de 5 %. Ces traitements herbicides ont permis d'obtenir une augmentation de longueur d'au moins 32,44 % par rapport au témoin non traité. La tendance est la même pour ce qui est du poids des 1000 grains, mais avec un surplus de 29,85 % par rapport au témoin non traité. Pour ce qui est du nombre de grains par épi, celui du sarclage manuel est le plus élevé, soit un surplus de 67,28% par rapport au témoin non traité. Puis, vient le Nicosulfuron (40 g/l SC) appliqué à la dose de 60 g/ha qui affiche un surplus de grains de 15,50 % de moins que le sarclage manuel. Avec un surplus de grains de 51,78 % par rapport au témoin non traité, le nombre de grains par épi obtenu avec la dose 60 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC) ne se distingue pas mathématiquement de celui du Nicosulfuron (30 g/ha). Le plus petit nombre de grains par épi est obtenu avec le Nicosulfuron (40 g/l SC) appliqué à la dose de 100 g/ha. Ce nombre ne se distingue pas significativement de celui du 2,4-D sel amines (720 g/l SL) appliqué à la dose de 540 g/ha et mathématiquement du Nicosulfuron (40 g/l SC) appliqué à la dose de 30 g/ha.

En ce qui concerne le rendement, le plus élevé est obtenu avec la plus forte dose (100 g/ha) du Nicosulfuron (40 g/l SC), soit au moins 4 fois celui du témoin non traité. Ce rendement est suivi par celui obtenu en appliquant 60 g du Nicosulfuron (40 g/l SC) par hectare qui ne se distingue pas significativement de celui de la dose 30 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC) et du sarclage manuel. L'application du Nicosulfuron (40 g/l SC) à la dose de 100 g/ha a permis d'obtenir un surplus de rendement de 27,46% par rapport au sarclage manuel. Parmi les doses d'herbicides appliquées, celle du 2,4-D sels amines (720 g/l SL) a affiché le plus faible rendement, soit un déficit de 32,30 % par rapport au sarclage manuel.

1.13. Corrélations entre des facteurs étudiés et le rendement.

L'étude de la corrélation entre le nombre d'adventices au 7^{ème} jour après l'application des herbicides et le nombre d'épis de maïs récoltés (figure 4) montre que ces deux facteurs sont fortement corrélés. Autrement dit, il a été constaté que plus le nombre d'adventices (pieds/m²) est important, plus le nombre d'épis de maïs récoltés est faible. Cette corrélation est traduite par l'équation de régression : $Y = -62,63X + 68508,65$ avec pour coefficient de corrélation linéaire $r = -0,91$ et $p = 0,011$.

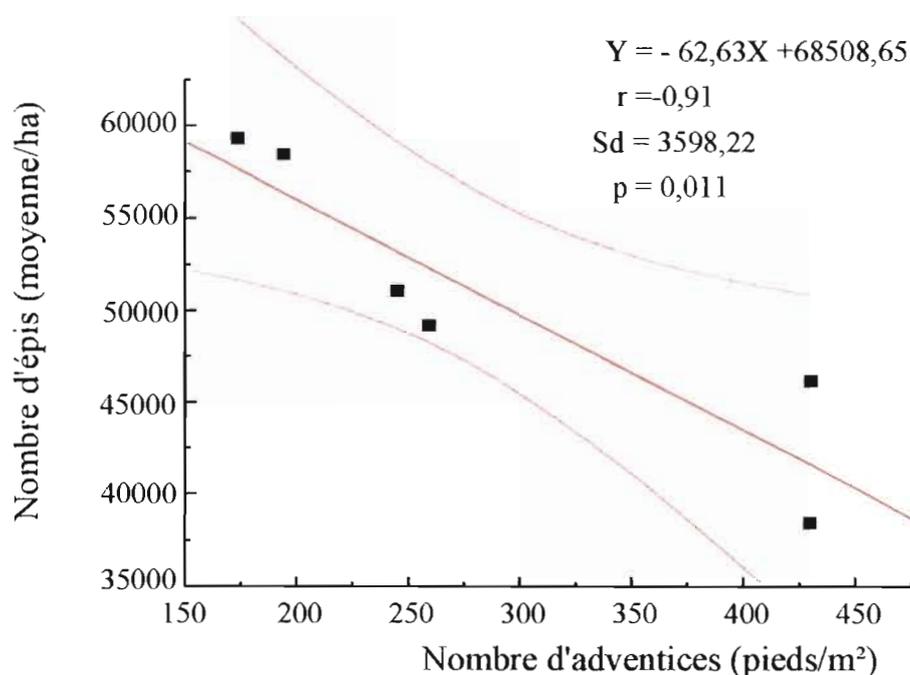


Figure 4: Corrélation entre le nombre d'adventices au 7^{ème} jour après application des herbicides et le nombre d'épis de maïs récoltés.

De même, nous avons noté une forte corrélation entre la biomasse sèche des adventices et le nombre d'épis de maïs récoltés à partir du 7^{ème} jour après l'application des herbicides (Figure 5). En effet, plus le poids de la biomasse sèche des adventices (g/m²) est élevé, plus le nombre d'épis de maïs récoltés est faible. Cette corrélation s'exprime par l'équation de régression $Y = -860,86X + 77157,83$ avec pour coefficient de corrélation linéaire $r = -0,95$ et $p = 0,0032$.

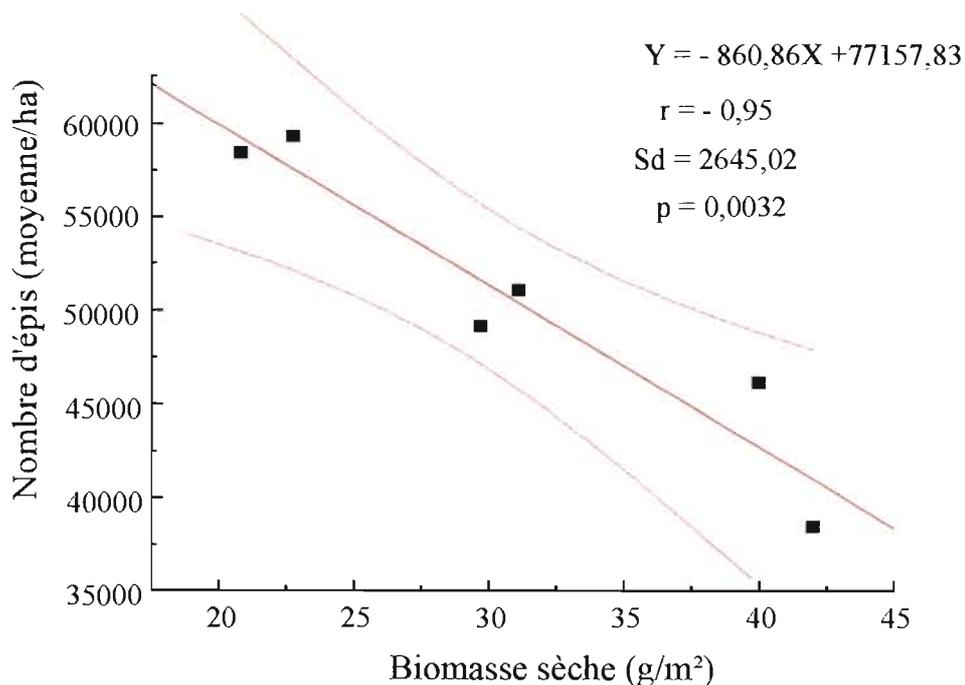


Figure 5: Corrélation entre la biomasse sèche des adventices au 7^{ème} jour après l'application des herbicides et le nombre d'épis de maïs récoltés.

II. DISCUSSION.

Comme l'attestent les différentes corrélations établies entre des facteurs et le rendement, les herbicides ont influencé la densité de population des mauvaises herbes (figures 4 et 5). Cette efficacité biologique a été déterminée par leur mode d'action, leur persistance d'action, les doses appliquées, leurs teneurs résiduelles dans le sol ainsi que le mode d'application. Ainsi grâce à l'action herbicide du Nicosulfuron qui se manifeste par l'inhibition de l'enzyme acetolactate syntase (ALS) indispensable à la synthèse des acides aminés à chaîne latérale essentiels (JERRY, 2002), les doses 60 g/ha et 100 g/ha du Nicosulfuron (40 g/l SC) se sont montrées plus efficaces contre les adventices que la dose 540 g/ha du 2,4-D sel d'amine (720 g/l SL). En effet, avec le même nombre et poids de la biomasse sèche des adventices sur les parcelles à traiter, cette efficacité de la dose recommandée du produit expérimenté s'est caractérisée dès le 7^{ème} jour après application, par une réduction par rapport au témoin non traité, du nombre et de la biomasse sèche des adventices respectivement de 15,5 % et 14,55 % de plus que ceux du produit témoin. Ce n'est qu'au 30^{ème} jour après application que la dose du produit témoin a permis d'atteindre le même taux de réduction que la dose recommandée du produit testé. Le produit expérimenté est encore plus efficace que le produit témoin lorsqu'il est appliqué à la dose de 100 g/ha comme l'atteste la plus forte réduction du nombre et de la biomasse sèche des adventices enregistrés dans ce traitement au cours de toutes les périodes d'observations. Par contre, la plus faible dose (30 g/ha) du Nicosulfuron (40 g/l SC) paraît moins efficace que la dose du produit témoin (540 g/ha) car, bien que les parcelles à traiter avec cette dose du produit expérimenté aient un taux d'enherbement plus faible, elles ont affiché une quantité d'adventices n'excédant pas celle des parcelles traitées avec la dose (540 g/ha) du produit témoin au 7^{ème} et au 15^{ème} jour après application. Ainsi, on peut dire que le Nicosulfuron (40 g/l SC) est plus efficace que le 2,4-D sel d'amine (720 g/l SL) en nous accordant avec JERRY (2002) sur le fait que c'est grâce à leur mode d'action que la plupart des herbicides ont des effets utiles et efficaces car c'est lui qui permet de supprimer les plantes sensibles à des doses d'application relativement faibles.

Par ailleurs, ce n'est qu'à partir du 15^{ème} jour, puis du 45^{ème} jour après application que le sarclage manuel s'est révélé plus efficace que les doses d'herbicides appliquées et ce, à cause du fait que cette opération culturale n'a pas été exécutée à la période prévue en raison de la très forte humidité qui régnait sur les parcelles.

Cette intervention tardive sur les adventices à travers le sarclage manuel ou les herbicides a une incidence sur le rendement du maïs car la période critique de nuisibilité des

adventices pour les cultures annuelles à cycle court, comme le cotonnier, le maïs ou le riz, se situe entre 15 et 45 jours après le semis (CIRAD, 2000).

La présente étude montre que la persistance d'action du Nicosulfuron (40 g/l SC) couvre également le cycle végétatif de la variété de maïs <<Barka>> comme le montrent les effets moyens des doses de cet herbicide sur les adventices durant toutes les périodes d'observations. Kambou (2008) a obtenu le même résultat en appliquant MAIA 75G à la dose de 55 g et 80 g de nicosulfuron par hectare en culture irriguée de la variété <<Wari>> de maïs qui a un cycle légèrement plus long.

Par ailleurs, aucun cas de phytotoxicité aux doses étudiées n'a été noté comme ce fut le cas lors des études réalisées d'une part, par Kambou (2008) et d'autre part, par Zougouri (2015) avec les mêmes doses du produit expérimenté.

L'identification de la flore adventice effectuée au 45^{ème} et au 65^{ème} jour après l'application des herbicides a montré que l'activité du Nicosulfuron a surtout concerné cyperacées, en témoigne leur réduction à près de 100 % par sa dose recommandée (60 g/ha) et sa plus forte dose (100 g/ha). Ces résultats corroborent ceux obtenus par Kambou (2008) à travers l'application de MAIA 75G aux doses de 55 et 80 g de Nicosulfuron par hectare. Les Graminées telles que *Digitaria horizontalis* et *Setaria pallide-fusca* ainsi que de nombreuses Dicotylédones ont été fortement réduites par les doses 60 et 100 g par hectare du Nicosulfuron. Cependant, ces doses semblent inefficaces contre certaines espèces telles que *Paspalum scrobiculatum*, *Corchorus olitorius*, *Sida acuta* et *Bidens pilosa*.

L'ensemble de ces faits observés au cours de cette expérimentation s'expliquent aussi par les phénomènes d'adsorption et de désorption du Nicosulfuron, de sa demi-vie dans le sol etc. Ainsi Wu *et al* (2010) soulignait que le Nicosulfuron une semaine après application est dissipée à 90% tandis que Gonzalez (1996) notait que la désorption du Nicosulfuron est de 50 à 70% du Nicosulfuron absorbée par les substances colloïdales du sol. Pola (2005) montrait que les résidus du Nicosulfuron dans le sol ont été observés 8 semaines après son application, cependant, à la récolte l'effet phytotoxique n'existait plus. Green et Hale (2005) tiraient la conclusion que pour une activité maximum, les propriétés physico-chimiques de l'herbicide, les adjuvants et la spécificité des adventices doivent correspondre; d'où ces phénomènes observés au cours de cette étude. C'est pourquoi par exemple le produit témoin n'a pas eu d'effets en général sur les Graminées telles que *Digitaria horizontalis* et *Paspalum scrobiculatum*. Cela est dû au fait que le produit est un anti-dicotylédones.

Les facteurs cités plus haut affectent la communauté et l'activité microbienne du sol. Ouattara *et al.* (2010) ont montré que lorsque les doses des pesticides étaient insuffisantes, elles

n'affectaient pas les bactéries ammonifiantes mais pouvaient influencer leur efficacité dans la transformation de la matière organique. Au cours de cette expérimentation, le Nicosulfuron n'a pratiquement pas perturbé la dynamique d'évolution des bactéries cellulolytiques, champignons microscopiques, bactéries ammonifiantes et bactéries nitrifiantes. Au stade maturation complète, le nombre de ces microorganismes était supérieur à celui de la période d'avant levée. Ces données ont été aussi obtenues par Joly (2014) qui a démontré que le S-métholachlor, le Mesotrione, le Nicosulfuron appliqués en mélange aux doses recommandées étaient plus toxiques que les matières actives seules. Sur les microorganismes il n'y avait pas de modifications sur les paramètres globaux et leur abondance. Par ailleurs, le Nicosulfuron (40 g/l SC) n'a pas influencé négativement la qualité des grains ainsi que le rendement du maïs. Nos résultats corroborent ceux obtenus par Mortureux (2014) qui a montré qu'un herbicide sélectif du maïs composé de 750 g/kg de Nicosulfuron, se présentant sous forme de granules dispersables (WG) n'avait aucun impact négatif sur la qualité des grains et le rendement du maïs lorsqu'il est appliqué à sa dose recommandée qui est de 60 g/ha de Nicosulfuron ou même à double dose, c'est-à-dire, 120 g/ha de Nicosulfuron. C'est pourquoi, l'ensemble de ces facteurs ont permis d'obtenir aux doses fortes de Nicosulfuron les meilleurs rendements suivies de la dose moyenne (60 g/ha) équivalent au sarclage manuel.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.

Au terme de notre étude, il apparaît que le Nicosulfuron (40 g/l SC) ne présente pas de phytotoxicité sur le maïs même à la dose de 100 g/ha lorsqu'il est appliqué au stade 3 feuilles des adventices. Appliqué aux doses de 60 et 100 g/ha, il a un spectre d'efficacité plus large que le produit témoin appliqué à la dose de 540 g/ha à partir du moment où il a anéanti la pression des Cyperaceae et réduit considérablement en plus de nombreuses Dicotylédones, les Gramineae néfastes telles que *Digitaria horizontalis* et *Setaria pallide-fusca*. Les différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) semblent inefficaces contre *Sida acuta*, *Corchorus olitorius*, *Paspalum scrobiculatum* et *Bidens pilosa*. Néanmoins, le produit témoin appliqué à la dose de 540 g/ha a réduit considérablement la densité de certaines espèces de Dicotylédones non maîtrisées par les différentes doses de Nicosulfuron (40 g/l SC) notamment *Sida acuta*, *Corchorus olitorius* et *Bidens pilosa*. Les traitements herbicides semblent mieux contrôler les Cyperaceae que le sarclage manuel. Avec une persistance d'action de plus d'un mois, les différentes doses du Nicosulfuron (40 g/l SC) n'ont pas perturbé la dynamique d'évolution des bactéries cellulolytiques, des champignons microscopiques, des bactéries ammonifiantes et des bactéries nitrifiantes qui interviennent dans l'évolution de la matière organique du sol. Ainsi, en une seule application, l'efficacité de la dose recommandée (60 g/ha) du Nicosulfuron (40 g/l SC) a permis d'obtenir un rendement qui équivaut à celui du sarclage manuel pendant que celle de sa dose plus forte (100 g/ha) offre un surplus de rendement de 24,46 % par rapport au témoin sarclé manuellement. De ce fait, la dose recommandée du Nicosulfuron (40 g/l SC) peut remplacer valablement le sarclage manuel et le 2,4-D sels amines (720 g/l SL) appliqué à la dose de 540 g/ha à partir du moment où d'une part, elle est aussi efficace que le sarclage manuel et plus efficace que la dose (540 g/ha) du produit témoin et d'autre part, elle n'est pas toxique pour microorganismes du sol et ne présente pas de symptômes de phytotoxicité sur le maïs.

Pour des raisons d'incertitudes liées à la présence des résidus de Nicosulfuron dans les grains de maïs et des questions de rentabilité économique, nous recommandons l'application de la dose recommandée (60 g/ha) en milieu rural en lieu et place du sarclage manuel, en attendant que d'autres études clarifient ces zones d'ombre. Il est également nécessaire d'étendre sur au moins trois ans l'étude des effets du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les microorganismes du même terrain afin de confirmer les résultats de la présente étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

ACTA, 2014. Index phytosanitaire. 50^{ème} édition. ACTA-le réseau des instituts des filières animales et végétales. Paris. ISBN: 978.2.85794.281.8.956 p.

AFPP, 2015. Liste des méthodes publiées par la commission des essais biologiques. 36p.
.85794.281.8. 956 p.

.Akanvou L., Akanvou R., Anguété K.et Diarrassouba L., 2006. Bien cultiver le maïs en Côte d'Ivoire. Centre National de Recherche Agronomique (CNRA). 4 p.

Akobundu I.O.et Agyakwa C.W., 1982. Guides des adventices de l'Afrique de l'ouest. ISBN : 978.131.036.7.524 p.

Arino J., Auber C., Bonin L., Gall J., Glanchant C., Ménétrier P., Vacher C., Zaganiacz V., 2012. Connaître les adventices pour les maîtriser en grandes cultures sans herbicide. ITAB. 88 p.

Berhaut J., 1967. Flore du Sénégal. Clairafrique. Dakar. 485 p.

Caussanel J. P., 1989. Nuisibilité et seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans les cultures annuelles : situation de concurrence bénéfique. Elsevier/INRA. Agronomie 9.pp 219-240.

Chaussaud R., 1996. La qualité biologique des sols. Forum << Le sol, un patrimoine menacé ?>>. Laboratoire de microbiologie des sols, INRA, 17 rue Sully-BV1540-21034 Dijon. pp 261-278.

Deuse J. P. et Guillerm J. L., 1984. Le désherbage du maïs en Afrique de l'Ouest et les principales adventices. 2^{ème} édition. Maisonneuve et Larose. ISBN: 2.7068.0864.0. 79p.

DGPSA, 2007. Méthodologie du Recensement Général de l'Agriculture : objectifs généraux et questionnaires. R G A 2006-2010. Volume I. E-mail : agrista@fasonet.bf. 60 p.

Diallo K., 2012. Diversification des systèmes de production piscicole : élevage de *Oreochromis niloticus* (Linne, 1758) en cage et en trou à poisson. Mémoire d'ingénieur du développement rural. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Institut du Développement Rural (IDR). 39 p.

Dospiehov B. A., 1985. Méthodes d'expérimentation en champ. M. Kolos. 270 p.

DPSAA/ DGPER, 2010. Etude sur la dynamique de la consommation alimentaire au Burkina Faso. Syngenta. Fondation pour une agriculture durable. 65 p.

Eliard J. L., 1987. Manuel d'agriculture générale. Nouvelle édition. j. b. bailliére. 10. rue Thénard, 75005. Paris. 310 p.

- FAO, 2014.** La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Ouvrir l'agriculture familiale à l'innovation. ISBN 978-92-5-208536-2 (print). E-ISBN 978-92-5-108537-9 (PDF). 109 p.
- Gonzalez J. M., 1996.** Adsorption and desorption of nicosulfuron in soils. Journal of environmental quality. Vol 28. (6) 1186-1192.
- Green J. M and Hale T., 2005.** Increasing and decreasing p^{II} to entance the biological activity of Nicosulfuron. Weeds technology.19 (2).pp 468-475.
- Groleau R. V., 1998.** Contraintes mécaniques des exsudations racinaires du maïs : incidence de la morphologie du système racinaire. Thèse. Institut Polytechnique de Lorraine. 189 p.
- Gros A., 1962.** Engrais. Guide pratique de la fertilisation. 3^{ème} édition. Maison rustique. 441p.
- GUINKO S., (1984) :** Végétation de la Haute-Volta. Tome I. Thèse de doctorat Es sciences naturelles. Université de BORDEAUX III. 364 P+ Annexes.
- Guissou R., Iboudo F., Palé R., Haoua C., Kouanda A., 2012.** Analyse des incitations et pénalisations pour le maïs au Burkina Faso. Série notes techniques, SPAAA, FAO, Rome. 43 p.
- Hoopen M. E.-T. et Maïga A., 2012.** Production et transformation du maïs. Collection PROAGRO, CTA. ISBN 978-92-9081-494-8. 31 p.
- Jaunard D., Monty A., Mahy G., Henriet F., Anseau F., Roisin C., De Proft M. et Bodson B., 2013.** Contrôle des populations de mauvaises herbes. Livre Blanc « Céréales ». 32 p.
- Jerry L. M., 2002.** Impact des herbicides sur les systèmes forestiers et aquatiques et la faune sauvage : l'expérience américaine. USDA FOREST SERVICE. Southern Research Station, 520 Devall Drive AUBERN, AL 36849. ETATS-UNIS. pp 593-608.
- Johnson D. E., 1997.** Les adventices en riziculture en Afrique de l'Ouest. Weed of rice in West Africa. United Kingdom, Hong Kong: Imprint Design, 1997. ISBN: 92 9113 1105. 312p.
- Joly P., 2014.** Maize herbicides mixtures effets on soil microbiol communities: microsomes studies. [https://www. Researchgate. Net/publication/281184765.](https://www.researchgate.net/publication/281184765)
- Kambou G., 2008.** Activité herbicide du Nicosulfuron sur les adventices du maïs sous irrigation. Rapport de campagne sèche 2008. INERA. 22 p.
- Le Bourgeois T., Bonnet P., Edelin C., Grard P., Prosperi J., héveny F., Barthélémy D., 2008.** L'identification des adventices assistée par ordinateur avec le système IDAO. pp167-175.
- Likov A. M. et Tulikov A. M., 1985.** Guide pratique de malherbologie à base de pédologie. Moscou, URSS. Agropromizdat. 207 p.

- M'Bodj M., 2009.** Décentralisation et gestion des ressources en eau : cas de la commune de Bama. Mémoire de fin d'étude. Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement (2iE). Ouagadougou, Burkina Faso. 55p + Annexes.
- Millogo A. A., 2013.** Analyse des disparités spatiales de la transmission du paludisme dans la Vallée du Kou et sa gestion par un SIG. Mémoire de Master Professionnel en SIG-AGEDD. Option : Aménagement du territoire. Université de Ouagadougou. Institut de Recherche en Sciences de Santé. Unité de Formation et de Recherches en Sciences Humaines. Département de géographie. 121 P.
- Mortureux M., 2014.** Avis de l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une demande d'autorisation de mise sur le marché de la préparation TEMPLIER et de sa préparation identique IDDEM à base de nicosulfuron de la société ROTAM AGROCHEMICAL EUROPE LIMITED. Anses – dossiers n° 2011-0614 et 2014-0256 TEMPLIER et IDDEM. Maisons-Alfort. 22 p.
- Nitcheu M. N., Midekor A., Diallo M., Wellens J., 2009.** Scheme Irrigation Management Information System. Observatoire_Eau@yahoo.fr. 53 p.
- Noba M. K., 2002.** La flore adventice du bassin arachidier (Sénégal) : structure, dynamique et impact sur la production du mil et de l'arachide. Thèse. Université Cheikh Anta Diop. 128 p.
- Ouattara B., Sawadogo P. W., Traoré O., Koulibaly B., Sedogo M. P., Traoré A., 2010.** Effet des pesticides sur l'activité microbienne d'un sol ferrugineux tropical du Burkina Faso. Cameroun journal of experimental biology. Vol 6. 1. pp 11- 20.
- Ouédraogo M. R., Tagnan A. I., Toé J. B. et Tourigny G., 1995.** Guide de protection des cultures du Burkina Faso. Première édition, MARA et MESSRS. pp. 2-40.
- Pola H., 2005.** Effet of soil tillage on the sulfonuylurea herbicide degradation rate in maize. Polish journal of soil science. 140. pp 239-243.
- Rodriguez A., 2015.** La flore adventice: définitions, enjeux et maîtrise. ACTA. 40 p.
- Sabo I., Siri A., Zerbo A., 2010.** Analyse de l'impact des subventions de fertilisants chimiques de céréales au Burkina Faso: MEGC micro-simulé. Numéro: 01. PNUD. 29 p.
- Sauret E. S. G., 2008.** Contribution à la compréhension du fonctionnement hydrogéologique du système aquifère dans le bassin du Kou. Mémoire de DEA en Sciences Appliquées. Option : Géologie et Sciences de l'environnement. Université de Liège. 83 p + Annexes.
- Schaub C., 2010.** Mieux connaître les mauvaises herbes pour mieux maîtriser le désherbage. 18 p.
- Soltner D., 1985.** Les grandes productions végétales. 14^{ème} édition. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 461 p.

- Tepper E. Z., Chilnikova V. K., Pirivierzeva G. I., 1987.** Guide pratique de microbiologie. M. Agropromizdat. 239 p.
- Terry P. J., 1983.** Quelques adventices banals des cultures de l'Afrique occidentale et la lutte contre celles-ci. Incata Press. Melbourne. Australia. 132 p.
- UEMOA, 2011.** Etude de la mise en place d'un dispositif regional de renforcement et de coordination des stocks nationaux de sécurité alimentaire dans l'espace UEMOA. Rapport final. 48 p.
- Vilistky. L. N., 1989.** Technologie d'emploi des herbicides. L. Agropromizdat. 176 p.
- Weill A. et Duval J., 2009.** Répression des ennemis des cultures – Mauvaises herbes. Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée. Équiterre. 31 p.
- Wu Q., Chen X., Xu Y., Han. L., 2010.** Dissipation and residues of Nicosulfuron in corn and soil under field conditions. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. Volume85(1) pp 79-8.
- Zomboudré G., Zombré G., Ouedraogo M., Guinko S., Roy M. H., 2005.** Reponses physiologiques et productivité des cultures dans un système agroforestier traditionnel : cas du maïs (*Zea mays L.*) associé au karité (*Vitellaria paradoxa* Gaerthn.) dans la zone Est du Burkina Faso. *Biotechnol, Agron, Soc, Environ.* 2005 9 (1), pp 75-85.
- Zougouri L. T. A., 2015.** Efficacité de NICOMAÏS 40 SC (Nicosulfuron 40 g/l) sur les adventices du maïs (*Zea mays L.*) et ses effets sur les propriétés chimiques du sol. Mémoire de fin de cycle des ingénieurs d'agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou. 56 p.

WEBOGRAPHIE.

AGRA-OST, 2006. (www.glea.net/AGRAOST/doc_Herbicides_genealites_2006_F.pdf), consulté le 22-03-2016 à 19 h 20 mn.

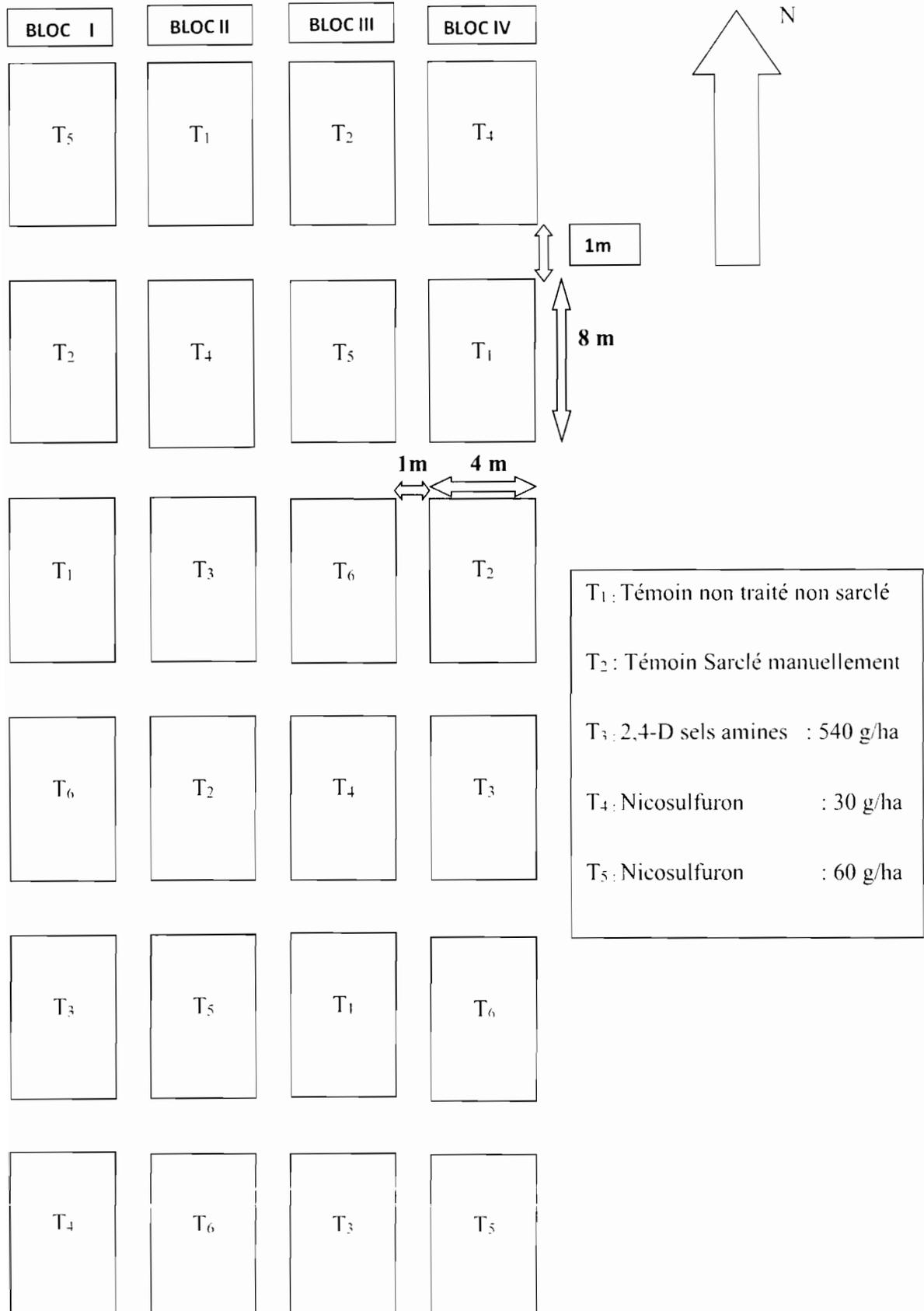
CIRAD, 2000. Les herbicides (www.agroecologie.cirad.fr), consulté le 22/03/16 à 16h 25mn.
WWW.afpp.net/apps/accesbase/Bindocload.asp?d=5916&t=0&identobj=Osav8DFg&uid=57302590&idk=1, consulté le 22/03/16 à 19h 16mn.

WWW.omafra.gov.on.ca/fcnch/crops/pub370/pub370ch2.pdf; consulté , consulté le 22/03/2/016 à 16h 46mn.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Bama_\(département\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bama_(d%C3%A9partement)), consulté le 22/03/2016 à 17h 15mn.

ANNEXES.

ANNEXE 1: DISPOSITIF EXPERIMENTAL.



ANNEXE 2: FCHE DE COLLECTTE DES DONNEES SUR LES PARCELLES UTILES.

Campagne

Nom.....

Stade phenologique.....

Produit.....

Date.....

Répétition.....

JAT.....

N°	Nombre d'adventices							
Traitements								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Total								
Moyenne								

**ANNEXE 3: ECHELLE DE NOTATION VISUELLE DE LA COMMISSION DES
ESSAIS BIOLOGIQUES (CEB) DE L'UNION EUROPEENNE.**

Note	Appréciation	Phytotoxicité
0	Nulle	-
1	Très faible	Simple décoloration limitée aux cotylédons
2	Faible	Quelques brûlures sur les cotylédons
3	Sensible	Décolorations plus nombreuses (cotylédons + première feuille)
4	Assez forte	Nombreuses décolorations sur les feuilles
5	Forte	Très nombreuses décolorations, pas de brûlures
6	Très forte	Quelques feuilles brûlées
7	Très forte	Brûlures plus nombreuses
8	Très forte	Nombreuses feuilles brûlées, desséchées
9	Très forte	Pieds bloqués, ne se développent plus
10	Très forte	Pieds entièrement brûlés, pratiquement détruits

Source : (AFPP, 2015).

**ANNEXE 4: PREPARATION DES DIFFERENTS MILIEUX DE CULTURES
GELOSES.**

1. Le milieu Amidon-Ammoniaque- Agar (AAA) pour les bactéries nitrifiantes.

$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	$\text{K}_2 \text{HPO}_4$	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	NaCl	CaCO_3	Amidon	Agar
2 g	1 g	1 g	1 g	3 g	10 g	20 g

2. Le milieu Meat-Pepton-Agar (MPA) pour bactéries ammonifiantes.

Extrait de viande	Pepton	NaCl	Agar
5 g	10 g	5 g	20 g

3. Le milieu CZAPEK-DOX (TD) pour les champignons microscopiques.

NaNO_3	KH_2PO_4	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	KCl	FeSO_4	Saccharose	Agar
3 g	1 g	0,5 g	0,5 g	0,1 g	30 g	20 g

4. Le milieu Getchinson pour les bactéries cellulolytiques (G).

NaNO_3	K_2HPO_4	CaCl_2	MgSO_4	NaCl	Agar
2,5 g	1 g	0,1 g	0,3 g	0,1 g	20 g

ANNEXE 5 : COLONIES DE BACTERIES ET CHAMPIGNONS DU SOL SUR DES MILIEUX DE CULTURE GELOSES (AVANT L'APPLICATION DES HERBICIDES)



Photo 1 : bactéries cellulolytiques



Photo 2 : bactéries cellulolytiques



Photo 3 : champignons microscopiques



Photo 4 : champignons microscopiques



Photo 5 : bactéries ammonifiantes



Photo 6 : bactéries ammonifiantes



Photo 7 : bactéries nitrifiantes



Photo 8 : bactéries nitrifiantes

ANNEXE 6 : COLONIES DE BACTERIES ET CHAMPIGNONS DU SOL SUR DES MILIEUX DE CULTURE GELOSES (45 JAT)



Photo 1 : bactéries cellulolytiques



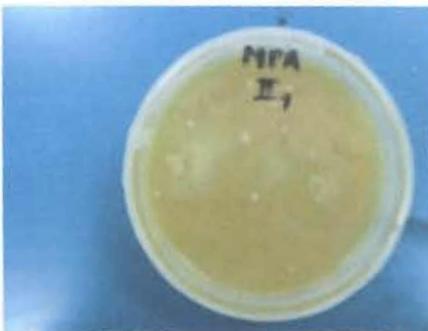
Photo 2 : bactéries cellulolytiques



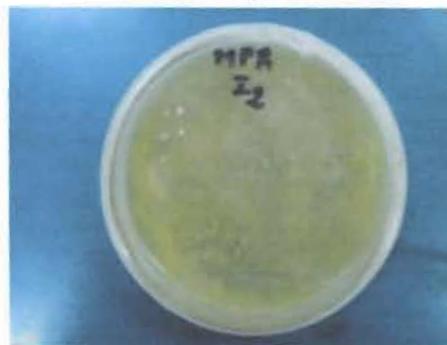
**Photo 3 : champignons
microscopiques**



**Photo 4 : champignons
microscopiques**



**Photo 5: bactéries
ammonifiantes**



**Photo 6 : bactéries
ammonifiantes**



Photo 7 : bactéries nitrifiantes



Photo 8 : bactéries nitrifiantes

ANNEXE 7 : COLONIES DE BACTERIES ET CHAMPIGNONS DU SOL SUR DES MILIEUX DE CULTURE GELOSES (65 JAT)



Photo1 : bactéries cellulolytiques



Photo 2 : bactéries cellulolytiques



Photo 3 : champignons microscopiques



Photo 4 : champignons microscopiques



Photo 5 : bactéries ammonifiantes



Photo 6 : bactéries ammonifiantes



Photo 7 : bactères nitrifiantes



Photo 8 : bactéries nitrifiantes