



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



BURKINA FASO
Unité- Progrès-Justice

MINISTERE DE
L'AGRICULTURE, DES
AMENAGEMENTS
HYDRO-AGRICOLES ET
DE LA MECANISATION

ACTION MONDIALE POUR LA GESTION INTEGREE DE LA CHENILLE LEGIONNAIRE D'AUTOMNE (CLA)

**STRATEGIE REGIONALE DE GESTION INTEGREE DE LA CHENILLE
LEGIONNAIRE D'AUTOMNE (BURKINA FASO)**

Mars 2021

Sommaire

1. Généralités.....	6
1.1. Écosystèmes agricoles de production de maïs.....	6
1.2. Systèmes de production de maïs.....	7
1.3. Biologie et histoire de la chenille légionnaire d'automne (CLA)	9
1.4. Pratiques de gestion en vigueur	11
1.5. Principaux défis	12
2. Objectifs	13
2.1. Objectif global et impacts attendus	13
2.2. Objectifs spécifiques.....	14
3. Actions de gestion intégrée de la CLA.....	16
3.1. Préparation.....	16
3.2. Surveillance, prospection et alerte rapide	16
3.3. Modèles de gestion intégrée	18
3.3.1. Technologies de gestion intégrée de la CLA retenues	18
3.3.2. Utilisation de semences de maïs de variétés tolérantes.....	19
3.3.4. Diversité végétale/Diversification des cultures.....	20
3.3.5. Lutte mécanique et moyens de lutte locaux	21
3.3.6. Options de lutte biologique	21
3.3.7. Pesticides de synthèse	22
4. Évaluation des technologies, démonstration, services de conseil et formation	23
4.1. Évaluation des nouvelles technologies par la recherche	23
4.1.1. Mise en place d'un élevage de masse du parasitoïde <i>Telenomus remus</i> pour la lutte biologique augmentative contre la CLA	23
4.1.2. Evaluation des variétés de maïs pour la tolérance à la CLA.....	29

4.1.3. Evaluation de l'efficacité de plusieurs types de pièges pour lutter contre la CLA .	32
4.1.4. Evaluation de la technologie Push-pull pour lutter contre la chenille légionnaire d'automne	34
4.1.5. Evaluation des espèces végétales indigènes susceptibles de jouer le rôle du Push-Pull dans la lutte contre la chenille légionnaire d'automne	37
4.1.6. Evaluation de l'association maïs-plantes aromatiques dans la lutte contre la CLA	41
4.1.7. Evaluation de l'efficacité de l'association « maïs-pois d'angole » et « maïs-plantes aromatiques » dans la protection du maïs contre <i>Spodoptera frugiperda</i>	45
4.1.8. Evaluer l'efficacité de souches locales d'entomopathogènes pour lutter contre la CLA.....	48
4.1.9. Evaluation du potentiel de contrôle biologique des ennemis naturels arthropodes indigènes de la CLA.....	52
4.1.10. Evaluation de l'efficacité des biopesticides d'origine végétale dans la protection du maïs contre <i>Spodoptera frugiperda</i> (protocole d'essai 2021).....	55
4.1.11. Efficacité des biopesticides d'origine non végétale dans la protection du maïs contre <i>Spodoptera frugiperda</i> (Protocole d'essai 2021)	58
4.2. Mise en place de plateformes de démonstration sur le terrain	61
4.2.1. Plan de mise en place des plateformes de démonstration et des CEP	61
4.2.2. Protocoles de mise en place des démonstrations.....	61
4.2.3. Acteurs de mise en œuvre et leurs rôles.....	79
4.3. Services de conseil et plan de renforcement des capacités.....	80
4.3.1. Services de conseil	80
4.3.2. Plan de renforcement des capacités	80
4.3.3. Actions de communication de masse	84
Références	85

Liste des abréviations

AAES : Analyse de l'Agroécosystème

ANAM : Agence Nationale de la Météorologie

CEP : Champ Ecole des Producteurs

CILSS : Comité Inter-Etat de lutte contre la Sècheresse dans le Sahel

CLA : Chenille Légionnaire d'Automne

CORAF/WECARD : Conseil Ouest et centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricole

DDPA : Direction du Développement des Productions Agricoles

DGESS/MAAH : Direction Générale des Etudes Statistiques Sectorielles/ Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-agricoles

DGPV : Direction Générale des Productions Végétales

DIMA : Direction des Intrants et de la Mécanisation Agricole

DPAAHM : Direction Provinciale de l'Agriculture, des Aménagements Hydro-agricoles et de la Mécanisation

DPVC : Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement

DRAAHM : Direction Régionale de l'Agriculture, des Aménagements Hydro-agricoles et de la Mécanisation

DVRD : Direction de la Vulgarisation et de la Recherche Développement

EPI : Equipement de Protection Individuelle

FAMEWS : Fall Armyworm Monitoring and Early Warning System

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

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

JAS : Jour Après Semis

MECV : Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PD : Parcelle de Démonstration

PIB : Produit Intérieur Brut

TCP : Technical Country Project

UAT : Unité d'Appui Technique

ZAT : Zone d'Appui Technique

Liste des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs de l'objectif global de la stratégie.....	13
Tableau 2: Synthèse des objectifs et indicateurs de la stratégie régionale de gestion de la CLA	15
Tableau 3 : Liste des technologies de gestion intégrée de la CLA au Burkina Faso	18
Tableau 4 : Activités de renforcement de capacités à travers les PD.....	82
Tableau 5 : Activités de renforcement de capacités à travers les CEP	83

1. Généralités

1.1. Écosystèmes agricoles de production de maïs

En Afrique de l'Ouest, l'agriculture contribue pour près d'un quart à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) et emploie environ 70% de la population (Banque Mondiale, 2010). Ce secteur occupe donc une place déterminante dans les économies nationales de la sous-région à travers la création d'emplois, l'amélioration des revenus des ménages ruraux, l'équilibre de la balance commerciale et l'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations.

La région ouest africaine regorge d'importantes ressources naturelles (terres cultivables, ressources en eaux de surface et eaux souterraines, ...) qui reposent sur une forte diversité des écosystèmes favorables à la culture d'une large gamme de spéculations dont le maïs.

Le maïs constitue la principale céréale consommée en Afrique de l'Ouest (CORAF/WECARD, 2018). Il est également la céréale la plus énergétique et la plus économique du point de vue de la production.

Au Burkina Faso, le maïs est cultivé dans toutes les régions du pays et ce, dans des zones agroclimatiques variées situées entre la latitude 10°N à 13° N et la longitude 1°E à 5°W et une altitude comprise entre 295 m et 749 m. La température y connaît de grandes variations saisonnières et de fortes amplitudes diurnes surtout dans la région Nord du pays. Les moyennes mensuelles dépassent rarement 35°C et les extrêmes se rencontrent au nord (MECV, 2007). La pluviométrie est très capricieuse et décroît du Sud-Ouest au Nord. On distingue traditionnellement trois zones climatiques qui sont : la zone sahélienne au nord, la zone nord-soudanienne au centre et la zone sud-soudanienne. Les grandes zones de production de maïs sont situées dans les zones nord-soudanienne et sud-soudanienne (MECV, 2007 ; DGESS/MAAH, 2019).

La zone nord-soudanienne est caractérisée par l'alternance d'une saison pluvieuse qui dure 4 à 5 mois (juin à octobre) et d'une saison sèche allant de novembre à mai. La moyenne pluviométrique annuelle de cette zone est comprise entre 600 et 900 mm avec une température moyenne annuelle comprise entre 19 et 36 °C (MECV, 2007). Cette zone couvre les régions administratives du Centre, du Centre-Est, de l'Est, de la Boucle du Mouhoun, du Centre-Ouest, du Plateau Central, du Centre Nord et du Centre-Sud.

Quant à la zone sud-soudanienne, elle est caractérisée par l’alternance d’une saison pluvieuse qui dure 5 à 6 mois (mai à octobre) et d’une saison sèche allant de novembre à avril. La moyenne pluviométrique annuelle est comprise entre 900 et 1200 mm (ANAM, 2019). Les températures varient entre 18 et 40°C en saison sèche et de 20 à 35°C en saison humide (Kabore *et al.*, 2017). Elle couvre les régions administratives des Hauts-Bassins, des Cascades et du Sud-Ouest.

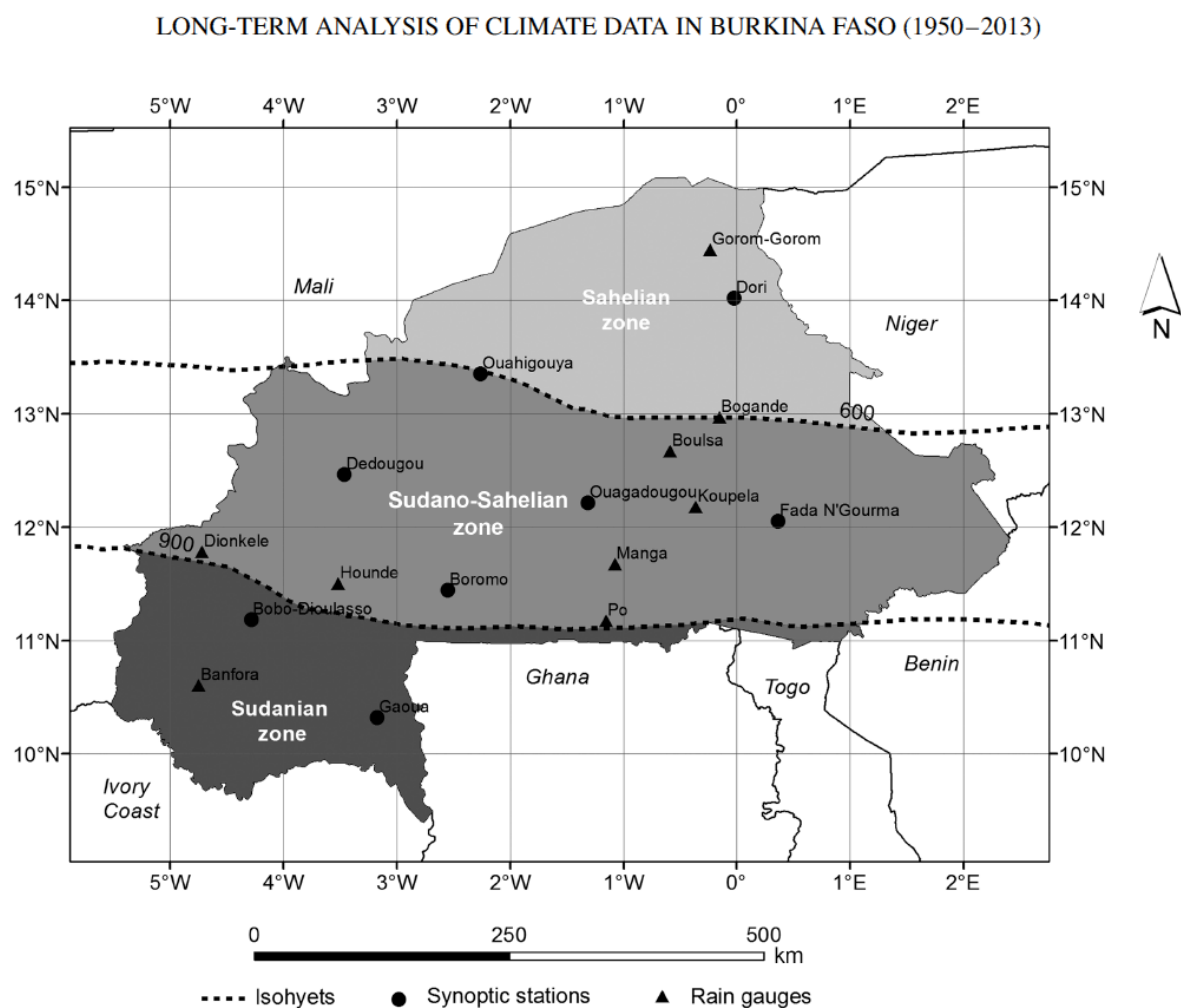


Figure 1 : Carte des zones agroclimatiques du Burkina Faso (source: Longueville et al., 2016)

1.2. Systèmes de production de maïs

Selon les données de la FAO (FAOSTAT, 2019), la superficie totale emblavée en maïs en Afrique de l’Ouest est évaluée à 12 311 964 ha, soit 33% de la superficie totale dans la région Afrique. Les principaux pays producteurs de maïs de cette zone sont respectivement le

Nigéria (6 218 156 ha), le Bénin (1 046 085 ha), le Mali (1 019 217 ha), le Burkina Faso (1 014 907 ha), le Ghana (993 329 ha) et le Togo (670 800 ha).

Au Burkina Faso, les céréales constituent l'essentiel de l'alimentation de base des ménages (CILSS, 2007). Selon les résultats de l'enquête permanente agricole, la production céréalière du pays est passée de 4 189 665 tonnes en 2015 à 4 939 630 de tonnes en 2019 (DGESS/MAAH, 2019). Au cours de cette même période, les superficies emblavées sont passées de 3 584 231 à 4 272 786 hectares (DGESS/MAAH, 2019). Parmi les céréales les plus cultivées dans le pays, le maïs occupe une place de choix. Les données issues du bilan de la campagne agricole 2017/2018 font ressortir que le maïs occupait la première place avec une production de 1 533 430 tonnes, soit 37% de la production céréalière nationale (MAAH, 2018). C'est aussi la céréale qui a le meilleur indice de rendement (Sanou, 1996). Les superficies emblavées en maïs ont augmenté de plus de 19% au cours des cinq dernières années. Elles sont passées de 820 117 hectares en 2015 à 1 014 907 hectares en 2019 pour des productions respectives de 1 469 612 tonnes et 1 710 898 tonnes sur un potentiel de 9 millions d'hectares de terres cultivables (DGESS/MAAH, 2020).

Tout comme dans les autres pays de la sous-région, la production de maïs au Burkina Faso est assurée en majeure partie par des exploitations agricoles de type familial avec des superficies moyennes variant de 2,73 à 3,19 ha (DGESS/MAAH, 2017). Le niveau de technicité des producteurs reste toujours faible. Les pratiques culturales dans ces exploitations agricoles varient d'une localité à une autre et pourraient influencer positivement ou négativement l'abondance et/ou la diversité des nuisibles dans un environnement donné.

Le maïs est cultivé généralement en rotation avec le coton, les légumineuses (arachide et niébé) et les céréales (sorgho, mil, ...). En outre, il est produit en intercalaire avec les cultures maraichères (tomate, oignon, chou, ...) notamment en saison sèche.

Les producteurs de maïs utilisent la fertilisation organo-minérale avec une prédominance de la fertilisation minérale (200 kg/ha de NPK et 150 kg/ha d'urée). L'irrigation est essentiellement effectuée pendant la campagne sèche et dans les périmètres irrigués durant toute l'année. Le système d'irrigation principalement utilisé dans la production de maïs est de type gravitaire.

Avant l'apparition de la CLA, la production de maïs, comme la plupart des céréales, ne faisait pas l'objet de protection phytosanitaire en dehors du traitement de semences.

La connaissance des pratiques agricoles constitue donc un élément important dans la prévention des attaques parasitaires. Parmi les principaux ravageurs inféodés au maïs, la

chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) apparaît comme une véritable menace à la production du maïs (MAAH, 2018).

1.3. Biologie et histoire de la chenille légionnaire d'automne (CLA)

Originnaire des régions tropicales et subtropicales des Amériques, la chenille légionnaire d'automne (*S. frugiperda*) a été détectée pour la première fois en Afrique Sub-Saharienne (Bénin, Nigéria, São Tomé et Príncipe et Togo) au début de l'année 2016 (Day *et al.*, 2017). Depuis lors, elle s'est rapidement propagée dans toutes les zones de production céréalière en Afrique (Day *et al.*, 2017). C'est un ravageur invasif à caractère transfrontalier et très polyphage. Il s'attaque à plus de 80 espèces végétales dont le maïs, le riz, le sorgho, le mil, la canne à sucre, le coton, les cultures maraichères, des légumineuses et de nombreuses plantes herbacées. Cependant, le maïs demeure sa plante hôte préférée. L'adulte est une noctuelle à forte capacité de dispersion ; il peut parcourir plus de 500 km en une nuit (Bhusal & Bhattarai, 2019).

Le cycle de vie du ravageur dure en moyenne 37 jours à une température de $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Il comporte quatre phases : la phase embryonnaire, la phase larvaire, la phase chrysalide et la phase adulte. La femelle dépose directement une masse d'environ 150-200 œufs sur la surface de la feuille de maïs dont les larves vont se nourrir à l'éclosion. Elle peut pondre environ 1 500 à 2 000 œufs au cours de sa vie. Les œufs éclosent deux à trois jours plus tard en fonction des conditions environnementales. A partir du troisième stade larvaire, les chenilles commencent alors à perforer le cornet ou migrent vers une autre plante au moyen de fils de soies qu'elles tissent.

Les dégâts sont exclusivement causés par les larves. Les dégâts les plus spectaculaires sont observés à partir du troisième stade larvaire.

Sur les céréales comme le maïs, les jeunes larves se nourrissent à l'intérieur dans le cornet des plantes. Les feuilles sont consommées et le cornet peut être perforé et rempli d'excréments de larves, avec les bordures des jeunes feuilles déchiquetées. Les larves plus âgées peuvent couper la base de la plante. Les plantes matures subissent quant à elles une attaque des organes reproductifs. Au début de la saison, de graves dommages dus à l'alimentation des larves sur les jeunes plantes peuvent détruire le méristème (point de croissance) provoquant le symptôme appelé « cœur mort » du maïs. Les plants de maïs peuvent aussi avoir leurs épis attaqués par des larves qui sillonnent les grains. A de fortes densités, les larves âgées peuvent agir comme des légionnaires et se disperser sous forme de bandes.

Au Burkina Faso, la présence de la CLA a été signalée pour la première fois au cours de la campagne agricole 2016-2017 dans la région du Centre-Nord (Day *et al.*, 2017). Cette présence a été confirmée au cours de la campagne agricole 2017-2018 dans toutes les 13 régions administratives du pays. Selon les données de la Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement, les superficies infestées sont passées de 58 234 ha en 2017/2018, à 102 684 ha en 2018/2019 et à 83 144 ha durant la campagne agricole 2019/2020. Les taux d'infestation varient entre 5 et 90% voire 100% induisant du même coup, une baisse des rendements et partant, des productions agricoles (DPVC, 2017).

La chenille légionnaire d'automne constitue donc une menace pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations burkinabè et partant, de la sous-région.

Au regard donc de l'importance du phénomène et de sa vitesse d'expansion, le Ministère en charge de l'Agriculture, à travers ses services compétents a organisé la riposte afin de répondre à l'invasion de ce ravageur. La stratégie adoptée comporte trois étapes : le suivi des infestations, la sensibilisation des populations et la lutte proprement dite.

En dépit des efforts consentis aussi bien par les pouvoirs publics que par les producteurs eux-mêmes dans la lutte contre ce ravageur, les dégâts occasionnés restent importants à travers le pays.

Compte tenu de la forte menace de cette chenille légionnaire sur la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations et de son impact sur les plans économique et social, il est plus que nécessaire de mettre urgemment en place une stratégie pour lutter durablement contre ce ravageur transfrontalier. C'est à ce titre que, le Ministère en charge de l'Agriculture, avec l'appui de la FAO, a élaboré en 2019 une stratégie nationale de gestion durable de la chenille légionnaire au Burkina Faso assortie d'un plan d'actions.

La chenille légionnaire d'automne connaît plusieurs ennemis naturels aussi bien dans sa zone d'origine que dans son aire d'invasion. Ces agents biologiques bénéfiques contribuent à limiter sa prolifération. Au Burkina Faso, des investigations préliminaires ont permis de constater la présence de certains ennemis naturels tels que les prédateurs (Formicidae, arachnides, Forficulidae, Staphylinidae,...), des parasites (nématodes) et des parasitoïdes des œufs (*Telenomus remus*) et des larves (*Braconidae*, *Tachinidae*).

1.4. Pratiques de gestion en vigueur

➤ Surveillance et alerte précoce

Dans le cadre de la surveillance et de l'alerte précoce, l'application mobile FAMEWS (Fall Armyworm Monitoring and Early Warning System) a été utilisée pour la collecte des données sur le ravageur. Des cellules de veille phytosanitaire chargées de l'alerte précoce ont été mises en place dans tous les départements du pays. Le Ministère en charge de l'agriculture a également acquis et mis à la disposition des Directions Régionales en charge de l'agriculture des pièges à paraphéromones afin d'effectuer la surveillance de la CLA.

➤ Lutte mécanique/physique

La lutte mécanique/physique pratiquée par les producteurs du Burkina Faso consiste au pincement des plantules, à l'écrasement des œufs et des larves de la CLA, à l'utilisation de l'eau, de la cendre ou encore du sable fin dans le cornet de la plante. Cependant, ces pratiques sont limitées compte tenu de leur pénibilité et de l'étendue des superficies infestées.

➤ Lutte biologique

Des pratiques locales de lutte biologique par l'utilisation de biopesticides ont été testées par les producteurs avec des résultats plus ou moins satisfaisants. Il s'agit par exemple des traitements avec des extraits aqueux de plantes locales comme *Nicotiana tabacum* (tabac), *Azadirachta indica* (Neem), *Capsicum frutescens* (piment), *Kaya senegalensis* (caïlcédrat), *Ocimum americanum* (basilic sauvage), *Hyptis suaveolens* (Chan ou Gros baum), et aussi des traitements avec une solution de potasse ou d'eau savonneuse.

Il existe un grand potentiel d'utilisation d'auxiliaires qui reste à valoriser au regard des premiers résultats de la recherche.

➤ Lutte chimique

La lutte chimique demeure la méthode de lutte la plus utilisée par les producteurs pour faire face aux infestations de la CLA. En moyenne, l'Etat Burkinabè met à la disposition des producteurs durant chaque campagne agricole 22 000 litres de pesticides, sans compter les quantités d'insecticides achetées par les producteurs individuels ou fournies aux organisations de producteurs par les ONG et les projets de développement. Les principales matières actives utilisées sont l'acétamipride, la lambda-cyhalothrine, l'émamectine-benzoate, le

chlorpyrifos-éthyl et l'abamectine (DPVC, 2020). En outre, il faut noter la volonté politique affichée par les plus hautes autorités du Burkina Faso qui s'est manifestée par la tenue du 10 au 12 septembre 2019 à Ouagadougou d'une conférence sous régionale sur la chenille légionnaire d'automne au Sahel et en Afrique de l'Ouest.

Cependant, malgré les efforts consentis par le gouvernement du Burkina Faso et ses partenaires pour réduire l'incidence de ce redoutable ravageur, les actions de lutte contre la CLA se sont heurtées à de nombreuses difficultés.

1.5. Principaux défis

Les principaux défis à relever pour gérer durablement et efficacement la CLA au niveau du Burkina Faso sont :

- Dynamiser et généraliser le système de surveillance et d'alerte précoce basé sur l'utilisation d'outils efficaces (FAMEWS, pièges à paraphéromone, ...) ;
- Amener la majorité des producteurs à adopter des méthodes de gestion durable de la CLA autres que la lutte chimique ;
- Rendre disponibles et accessibles les biopesticides de qualité pour la lutte contre la CLA dans toutes les localités ;
- Rendre disponibles et accessibles les pesticides homologués pour la lutte contre la CLA dans toutes les localités ;
- Mobiliser les ressources nécessaires à la mise en œuvre des actions de gestion intégrée de la CLA ;
- Renforcer les capacités des agents d'appui conseil et des producteurs sur la gestion durable de la CLA ;
- Dynamiser les cellules de veille phytosanitaire et le comité de lutte contre la CLA ;
- Accompagner financièrement les institutions de recherche pour le développement et l'évaluation de technologies de lutte accessibles aux producteurs.

Au regard de l'incidence économique de la CLA, et des impacts négatifs des pesticides de synthèse, il s'avère nécessaire, voire impérieux, de promouvoir des alternatives aux pesticides de synthèse plus respectueuses de l'environnement et du bien-être des populations.

C'est à ce titre que, la FAO a lancé l'initiative dénommée « **Action mondiale pour la gestion durable de la chenille légionnaire d'automne** ». Cette gestion durable qui se définit comme une stratégie de production et de protection des cultures fondée sur les écosystèmes, suppose

un examen attentif et l'intégration ultérieure des mesures appropriées pour prévenir l'apparition de populations nuisibles et maintenir le recours aux pesticides et à d'autres types d'interventions à des niveaux économiquement justifiés, tout en réduisant le plus possible les risques pour la santé humaine et pour l'environnement.

L'Action mondiale a pour finalité d'intégrer des technologies novatrices, de les développer et de faire la démonstration de leur efficacité contre la CLA.

Dans le cadre de la conduite des actions de cette initiative, le Burkina Faso, a été identifié comme Pays de Démonstration (PD) pour 13 autres pays de la sous-région (Nigéria, Bénin, Mali, Ghana, Togo, Guinée, Côte d'Ivoire, Sénégal, Gambie, Cap Vert, Niger, Sierra Leone et Guinée Bissau). Pour ce faire, il est chargé de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une stratégie régionale de gestion durable du ravageur qui servira de boussole pour les autres pays dans le cadre de la lutte contre la CLA.

C'est dans cette optique que le présent document est élaboré. Il s'articule autour des points suivants : *i)* objectifs de l'Action Mondiale, *ii)* actions de gestion intégrée de la CLA et *iii)* évaluation des technologies, démonstrations, services de conseil et formation.

2. Objectifs

2.1. Objectif global et impacts attendus

L'objectif global poursuivi par cette stratégie régionale est de contribuer à la réduction des pertes de rendements dues à la CLA par la gestion efficiente du ravageur tout en réduisant l'usage des insecticides de synthèse afin d'améliorer de façon durable la situation alimentaire et nutritionnelle des ménages du Burkina Faso.

Les indicateurs d'impact de la mise en œuvre de cette stratégie régionale de gestion durable de la CLA sont contenus dans le tableau1 :

Tableau 1 : Indicateurs de l'objectif global de la stratégie

Objectif global	Indicateurs	Valeur de référence 2020	Cible 2021	Cible 2022	Hypothèses
Contribuer à la réduction des pertes de rendements dues à	Proportion des pertes de rendements dues à la	15%	10%	5%	-Système d'alerte précoce généralisé ;

Objectif global	Indicateurs	Valeur de référence 2020	Cible 2021	Cible 2022	Hypothèses
la CLA par la gestion efficiente de la CLA tout en réduisant l'usage des insecticides de synthèse afin d'améliorer de façon durable la situation alimentaire et nutritionnelle des ménages du Burkina Faso.	CLA				-Disponibilité et accessibilité des méthodes alternatives ; -Large adhésion des acteurs ; -Stabilité politique et sociale ; -Bonne pluviométrie.
	Taux d'utilisation des insecticides de synthèse	80%	70%	60%	
	Taux de couverture des besoins céréaliers	104%	140%	140%	

2.2. Objectifs spécifiques

La stratégie régionale de gestion intégrée de lutte contre la CLA vise les objectifs spécifiques suivants :

1. Réduire la perte des rendements due aux attaques de la CLA ;

Indicateur d'effet 1 : niveau moyen des rendements.

2. Réduire les effets néfastes des pesticides de synthèse sur l'environnement ;

Indicateur d'effet 2 : taux d'utilisation des méthodes alternatives (biopesticides, push-pull, ...) aux pesticides de synthèse.

3. Améliorer la situation alimentaire et nutritionnelle des ménages ;

Indicateur d'effet 3 : Taux d'accroissement des marges bénéficiaires brutes.

Indicateur d'effet 3 : Revenu annuel moyen de la production agricole des ménages agricoles.

4. Renforcer les capacités des exploitants agricoles et de la coordination nationale en matière de gestion intégrée

Indicateur d'effet 4 : proportion des producteurs utilisant les nouvelles technologies de gestion intégrée de lutte contre la CLA.

Indicateur d'effet 4 : nombre de sessions tenues par la coordination nationale.

Tableau 2: Synthèse des objectifs et indicateurs de la stratégie régionale de gestion de la CLA

Objectifs	Indicateurs	Valeur de référence 2020	Cible 2021	Cible 2022	Hypothèses
Objectif global : Contribuer à la réduction des pertes de rendements dues à la CLA par la gestion efficiente du ravageur tout en réduisant l’usage des insecticides de synthèse afin d’améliorer de façon durable la situation alimentaire et nutritionnelle des ménages du Burkina Faso.					
	Proportion des pertes de rendements dues à la CLA	15%	10%	5%	-Système d’alerte précoce généralisé ;
	Taux d’utilisation des insecticides de synthèse	80%	70%	60%	-Disponibilité et accessibilité des méthodes alternatives biopesticides ;
	Taux de couverture des besoins céréaliers	104%	140%	140%	-Adhésion des acteurs ; -Stabilité politique et sociale -Bonne pluviométrie
Objectif spécifique 1 : Réduire la perte des rendements due aux attaques de la CLA					
	Taux moyen de perte de rendements (inférieur ou égal à 5% dans les parcelles de démonstration et 10 % en milieu paysan (à l’échelle nationale)	15%	5 et 10%	5 et 10%	
Objectif spécifique 2 : réduire les effets néfastes des pesticides de synthèse sur l’environnement					
	Taux d’utilisation des biopesticides	ND	20%	30%	
	Taux d’adoption des autres technologies IPM (autre que chimique)	ND	10%	20%	
Objectif spécifique 3 : Améliorer la situation alimentaire et nutritionnelle des ménages					
	Taux d’accroissement des marges bénéficiaires bruts liées à la production du maïs	ND	10%	15%	
	Revenu annuel moyen de la production agricole des ménages agricoles	525 629	550 000	575 000	
Objectif spécifique 4 : Rrenforcer les capacités des exploitants agricoles et de la coordination nationale en matière de gestion intégrée de la CLA					
	Nombre des producteurs formés sur les nouvelles technologies de gestion intégrée de lutte contre la CLA	ND	12 100	24 200	
	Nombre de sessions du comité de lutte contre la CLA	0	2	4	

3. Actions de gestion intégrée de la CLA

3.1. Préparation

La mise en œuvre de la stratégie de gestion intégrée de la CLA se basera sur un dispositif de surveillance bien organisé. La surveillance est une opération qui consiste à collecter et analyser les données sur la chenille légionnaire d'automne en vue de prendre des décisions appropriées. Elle se fera à travers des prospections régulières, l'utilisation de pièges à paraphéromone, la collecte de données avec l'application FAMEWS et de drones. Son opérationnalisation sur la période de 2021-2022 coûtera **114 725 000 FCFA (208 591 USD)** pour la formation des acteurs, l'acquisition des pièges, des paraphéromones, et le suivi de la collecte de données (Cf. budget détaillé). L'État et ses partenaires assureront l'organisation des acteurs à tous les niveaux et la mobilisation des ressources humaines, financières et matérielles.

Du point de vue organisationnel, les données seront collectées par les producteurs individuels et les cellules de veille phytosanitaire sous la supervision des directions provinciales et régionales en charge de l'agriculture. Ces données seront centralisées et analysées au niveau de la direction en charge de la protection des végétaux. Un point focal national assurera la coordination du dispositif de surveillance et rendra régulièrement compte au rapporteur Général de la Task Force Nationale (Directeur de la Protection des Végétaux et du Conditionnement) qui prendra les décisions qui s'ensuivent.

Les mesures prises pour une meilleure accessibilité aux différentes options de gestion intégrée de la CLA sont : la formation des agents d'appui conseil et celle des producteurs à travers les champs écoles de producteurs (CEP), la conduite des démonstrations, l'utilisation du système 3-2-1¹ et de centres d'appel (plateforme GARBAL², Ecodata, ...).

3.2. Surveillance, prospection et alerte rapide

❖ Prospections régulières des champs des producteurs

Ces prospections permettent d'assurer une alerte précoce à travers la recherche permanente du ravageur par l'agriculteur dans son champ de maïs. C'est un processus qui permet de faire preuve de vigilance en vue de détecter toute présence de la CLA (œufs, larves, déjections, ...). Ainsi, au niveau du producteur, il importe de suivre de près l'état phytosanitaire des champs

¹ Le système 3-2-1 est un système de sensibilisation qui permet de toucher des millions de producteurs à travers des messageries vocales sur la CLA dans les langues locales

² La plateforme GARBAL est une plateforme interactive développée en partenariat avec une société de téléphonie mobile pour rendre accessible les informations d'aide à la décision en matière de gestion de la CLA

de maïs, au moins deux visites par semaine. Cela nécessite donc une maîtrise des caractéristiques morphologiques de l'insecte. La formation et la sensibilisation des agriculteurs sur la biologie, l'identification du ravageur et la gestion des outils de surveillance s'avèrent donc indispensables pour mettre en place un bon dispositif de surveillance à la base.

Les informations collectées par les agriculteurs seront transmises à l'agent d'appui conseil membre de la cellule de veille phytosanitaire pour analyse. Ces informations seront confirmées ou infirmées par les agents d'appui conseil membres des cellules de veille, à travers des méthodes de prospection utilisant des outils appropriés tels que FAMEWS et les pièges à paraphéromone. En cas de confirmation de la présence de la CLA, des conseils appropriés seront prodigués aux producteurs.

❖ Collecte de données avec l'application FAMEWS

FAMEWS est une application conçue par la FAO pour le suivi et l'alerte précoce des attaques de la chenille légionnaire d'automne. Les agents d'appui conseil agricole seront formés/recyclés pour la collecte des données à travers cette application via des smartphones.

Pour la collecte des données avec l'application FAMEWS, il faut :

- Matérialiser le dispositif en W dans le champ et marquer 5 points à partir desquels partent les 5 lignes d'échantillonnage ;
- Compter 10 plants consécutifs choisis au hasard sur le nombre de plants infestés sur chaque ligne en évitant les effets de bordures.

Les données collectées seront centralisées et traitées par le point focal national de concert avec les gestionnaires de la base de données de la FAO.

❖ Détection précoce de la CLA avec les pièges à paraphéromone

La présence et la densité de la chenille légionnaire d'automne dans les zones de production de maïs seront détectées en utilisant des pièges à paraphéromone. Dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie de gestion intégrée de la CLA, **6000 pièges à paraphéromone**, en raison de **460 pièges par région** en moyenne, seront déployés pour couvrir **12000 ha** prenant en compte les grandes zones de production de maïs. La collecte des données des pièges se fera par les agents d'appui conseil et les producteurs formés à cet effet.

Le protocole d'installation des pièges à paraphéromone est décrit comme suit :

- Les pièges à paraphéromone sont placés dans les champs de maïs au semis ;

- Un endroit approprié est choisi pour fixer chaque piège soit, à l'intérieur soit en bordure du champ ou dans une zone ouverte à proximité ;
- Le piège sera fixé à un poteau ou une branche à environ 30 cm au-dessus des plantes ;
- Il est prévu un piège pour une superficie comprise entre 0,5 à 2 ha ;
- Le relevé des pièges se fera deux fois par semaine à partir de la levée des plantules jusqu'à la maturité du maïs, afin de mieux détecter les premières arrivées de noctuelles capturées ;
- Le paraphéromone et la bandelette d'insecticide sont remplacés toutes les 4 semaines ;
- Cinq leurres et cinq bandelettes d'insecticides seront nécessaires par piège pour un cycle de production du maïs ;
- Les informations recueillies seront enregistrées, centralisées et analysées par la Direction en charge de la protection des végétaux afin d'orienter la prise de décision.

Les résultats des analyses des données de surveillance seront diffusés aux producteurs à travers les canaux suivants : les cellules de veille phytosanitaire, les agents d'appui conseil, le système 3-2-1, les centres d'appel (plateforme GARBAL, Ecodata), la télévision, les radios locales, etc.

❖ Collecte de données avec des drones de surveillance

Des drones de surveillance seront utilisés pour renforcer la collecte des données sur la CLA.

3.3. Modèles de gestion intégrée

3.3.1. Technologies de gestion intégrée de la CLA retenues

Tableau 3 : Liste des technologies de gestion intégrée de la CLA au Burkina Faso

N°	Technologies IPM	Description	Efficacité	Observations
	Pratiques agronomiques			
1	Utilisation de semences de maïs tolérantes à la CLA	Des semences tolérantes à la CLA seront acquises pour des tests	Bonne	Essai/évaluation
2	Push-Pull ou "Pousser-tirer"	Cela consiste à cultiver le maïs en association avec une plante « qui repousse », par exemple : le trèfle espagnol, qui repoussera la chenille légionnaire d'automne hors du champ, et à semer une culture le long de la lisière du champ qui attirera ou « piègera » la chenille légionnaire d'automne en l'attirant loin du maïs. Il peut s'agir, par exemple : du <i>Brachiaria mullato II</i> ou de l'herbe à éléphant.	Très bonne	Essai/évaluation

N°	Technologies IPM	Description	Efficacité	Observations
3	Association culturale maïs & manioc	Association du maïs avec du manioc	Bonne	Démonstration
4	Fertilisation organo-minérale	Comparaison entre une parcelle fertilisée uniquement en engrais minéral et une parcelle fertilisée en engrais organo-minérale	Bonne	Démonstration
Utilisation d'agents de lutte biologique				
5	Lutte biologique par conservation	Maïs et pois d'angole	Bonne	Essai/évaluation
6	Lutte biologique augmentative par des lâchers de <i>Telenomus remus</i>	Adapter la production de masse du parasitoïde au laboratoire et évaluer les lâchers en milieu contrôlé	Très bonne	Essai/évaluation
7	Lutte biologique augmentative par des lâchers de <i>Telenomus remus</i>	Produire en masse ce parasitoïde au laboratoire et procéder à des lâchers sur des parcelles de production de maïs	Très bonne	Démonstration
Utilisation de biopesticides				
8	Utilisation de l'huile de neem/extrait aqueux de neem (<i>Azadirachta indica</i>)	Acquérir de l'huile de neem pour les démonstrations	Bonne	Démonstration
9	Utilisation de biopesticides à base de Bt (privilégier les formulations liquides)	Acquérir des biopesticides à base de Bt pour les démonstrations	Passable à bonne	Démonstration
10	Baculovirus NPV	Acquérir les biopesticides à base de baculovirus pour les démonstrations	Très bonne	Démonstration
11	Extrait aqueux de <i>Oscimum americanum</i> / <i>Hyptis suaveolens</i>	Production d'extrait aqueux à base des feuilles pour la pulvérisation	Bonne	Démonstration
12	Spinetoram or Spinosad	Acquérir pour les démonstrations	Très bonne	Démonstration
Utilisation de pesticides de synthèse				
12	Flubendiamide+thiacloprid	Acquérir pour les démonstrations	Très bonne	Démonstration
13	Emamectine benzoate/Méthomyl	Acquérir pour les démonstrations	Très bonne	Démonstration

3.3.2. Utilisation de semences de maïs de variétés tolérantes

Des essais seront conduits sur des variétés de maïs par les institutions de recherche pour déterminer leur tolérance à la CLA. Les semences des variétés tolérantes seront acquises pour les démonstrations et aux producteurs à des prix subventionnés. Les producteurs seront sensibilisés sur le traitement des semences qui permet de limiter les dommages précoces aux semis après la germination.

3.3.3. Gestion de la culture

La lutte préventive contre la CLA sera promue à travers la gestion du calendrier cultural et la fertilisation. Les producteurs seront sensibilisés à effectuer des semis groupés et à bonne date (de juin à mi-juillet) dans le but de réduire les importantes pertes de rendement dues à la CLA sur les parcelles de maïs semées tardivement. L'accent sera aussi mis sur la fertilisation organo-minérale équilibrée qui favorise un développement vigoureux des plants, ce qui les rend plus tolérants aux infestations de la CLA. Des engrais minéraux et organiques seront acquis et mis à la disposition des producteurs pour les démonstrations.

3.3.4. Diversité végétale/Diversification des cultures

3.3.4.1. Association des cultures

L'association de cultures permet de prévenir les infestations de la CLA. En effet, lorsque le maïs est cultivé en association avec d'autres cultures non hôtes, la CLA est perturbée dans son déplacement pour repérer les plantes hôtes (maïs) (Sauvion et *al.*, 2013). De ce fait, les producteurs seront sensibilisés et formés à la pratique de l'association culturale « maïs-manioc » à travers les Champs Ecoles et les Parcelles de Démonstration.

3.3.4.2. Technologie « Push-Pull »

La technologie « push-pull » qui fera l'objet d'essai, est une méthode de gestion de la CLA qui consiste à cultiver le maïs en intercalaire avec une plante ayant des propriétés répulsives comme *Desmodium uncinatum* et une plante piège ayant des propriétés attractives comme *Brachiaria mullato* II installé en bordures du champ de maïs.

Desmodium uncinatum est une légumineuse qui repousse les papillons tandis que *Brachiaria mullato* II est une poacée qui attire les papillons femelles qui viennent pondre sur ces plantes. La légumineuse est plantée entre les lignes des plants de maïs et chasse les femelles de *Spodoptera frugiperda* vers *B. mullato* II sur lequel ces papillons femelles déposent leurs œufs à la base de la tige sur les gaines pourvues de poils piquants. À l'éclosion, les larves se déplacent sur les gaines et se font piquer par les poils et s'embourbent également dans la substance gluante de la gaine. Ces chenilles sont ainsi entravées dans le développement.

Cette technologie favorise également la prolifération des ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes) de la CLA.

3.3.5. Lutte mécanique et moyens de lutte locaux

Des séances de sensibilisation seront organisées au profit des producteurs pour les inviter à surveiller régulièrement leurs champs en vue de détecter le plus tôt possible les œufs et les larves de la CLA et les détruire. Par ailleurs, l'accent sera mis sur les moyens de lutte endogènes ayant montré leur efficacité tels que l'usage de la cendre ou du sable dans les cornets des plants de maïs pour lutter contre les jeunes larves de la CLA. Cela se fera au bénéfice des petits producteurs.

3.3.6. Options de lutte biologique

3.3.6.1. Lutte biologique de conservation

Il existe plusieurs ennemis naturels de la CLA au Burkina Faso notamment les parasitoïdes tels que les hyménoptères du genre *Telenomus*, et les prédateurs comme les fourmis, les coccinelles, les acariens, les forficules, les staphylins... Les actions de promotion de cette lutte biologique consisteront à créer les conditions favorables à la prolifération de ces prédateurs et parasitoïdes, en vue de réduire les populations de la CLA. Il s'agira entre autres d'accompagner les producteurs à :

- La création de bandes en bordure du champ avec *Cajanus cajan* pour attirer les ennemis naturels ;
- La protection de nids des ennemis naturels tels que les guêpes et les fourmis pour accroître leur population et ainsi favoriser leur action de prédation et de parasitisme ;
- La réduction au maximum de l'usage anarchique des pesticides de synthèse.

3.3.6.2. Lutte biologique augmentative

La lutte biologique augmentative consiste en des lâchers répétés (inondation) d'ennemis naturels déjà présents dans la zone. Cette approche de lutte sera mise en exergue au Burkina Faso à travers les parcelles de démonstration avec des lâchers de *Telenomus remus*, un parasitoïde des œufs de la CLA, déjà présent dans les champs des producteurs. La production de masse du parasitoïde (*Telenomus remus*) se fera dans un laboratoire National ou International identifié à cet effet. Les parasitoïdes produits seront lâchés dans les parcelles de démonstration conduites par les producteurs. Des techniciens seront formés sur les techniques d'élevage de masse, de lâcher et d'évaluation de l'efficacité de la technologie.

3.3.6.3. Utilisation de biopesticides

- Utilisation de pesticides botaniques

Certains pesticides botaniques utilisés dans le cadre de la lutte contre la CLA se sont avérés efficaces. Les extraits utilisés sont faits à base de graines ou de feuilles de *Azadirachta indica* (neem), de *Hyptis suaveolens* et de *Ocimum americanum*.

Dans la promotion des technologies de gestion intégrée de la CLA, l'usage de ces extraits sera mis à l'échelle à travers (i) la formation des producteurs sur les techniques de fabrication et d'utilisation de ces extraits botaniques (ii) l'acquisition et la mise à disposition des producteurs de l'huile de neem pour la conduite des démonstrations. Les extraits à base de *Hyptis suaveolens* et d'*Ocimum americanum* seront mis en essai.

- Utilisation des bio-pesticides microbiens

Les biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), de spinotéram, de spinosad et de baculovirus, qui se sont avérés efficaces contre la CLA, seront acquis pour la conduite des démonstrations. Les agents d'appui conseil et les producteurs conduisant les démonstrations seront formés sur les techniques d'application de ces biopesticides.

3.3.7. Pesticides de synthèse

L'accent sera mis sur les pesticides de synthèse homologués qui présentent un faible risque pour la santé humaine, animale et pour l'environnement. Ils ne seront utilisés qu'en dernier recours dans le cadre de la mise en œuvre de cette stratégie de gestion intégrée de la CLA. Il s'agit des pesticides à base de méthomyl, flubendiamide+thiacloprid et d'émamectine benzoate. Cinq cents litres de pesticides ainsi que les équipements phytosanitaires (110 appareils de traitements et 110 EPI) seront acquis et mis à la disposition des producteurs pour la conduite des outils de vulgarisation.

4. Évaluation des technologies, démonstration, services de conseil et formation

4.1. Évaluation des nouvelles technologies par la recherche

4.1.1. Mise en place d'un élevage de masse du parasitoïde *Telenomus remus* pour la lutte biologique augmentative contre la CLA

➤ Contexte

Dans le cadre de la lutte contre la chenille légionnaire d'automne, la lutte biologique, une composante majeure de lutte intégrée, est actuellement envisagée dans le contexte africain où la lutte chimique a été dans un premier temps déployée pour faire face à l'urgence. Plusieurs options de lutte biologique sont possibles mais la lutte biologique augmentative à l'aide de parasitoïdes indigènes a fait ses preuves dans plusieurs régions du monde (Van Lenteren, 2012). Les parasitoïdes des œufs de la CLA sont considérés comme les plus efficaces parmi les agents de lutte biologique connus car capables de minimiser l'apparition des chenilles et donc des dégâts de la CLA (Mills, 2009).

Telenomus remus Nixon (Hymenoptera : Platygasteridae) est un parasitoïde des œufs de plusieurs espèces de Lépidoptères dont *Spodoptera frugiperda*. Ce parasitoïde, connu dans plusieurs régions du monde, a été plus récemment signalé en Afrique et au Burkina Faso en association avec la CLA. *Telenomus remus* est un parasitoïde prometteur dans la lutte biologique augmentative contre *S. frugiperda* dans les champs de maïs en raison de son fort potentiel reproducteur (chaque femelle peut parasiter 250-270 œufs au cours de sa vie) et de sa capacité à parasiter les couches internes de masses d'œufs (Cave, 2000 ; Pomari et al., 2012). C'est ainsi que *T. remus* est signalé comme étant très efficace dans plusieurs pays de l'Amérique du Sud avec des taux de parasitisme parfois supérieurs à 80%.

L'élevage de masse vise la production à un coût compétitif d'insectes dans le cadre d'un programme de lutte biologique augmentative afin de mettre à disposition un nombre très important d'individus au moment voulu. Comme l'élevage de masse peut avoir des effets négatifs sur la performance des insectes produits, il importe de bien planifier le processus de production de masse afin de produire des insectes en quantité et en qualité au bon moment. En ce qui concerne *T. remus*, une bonne planification s'impose surtout que les femelles vivent environ 3 jours pour une durée de développement d'en moyenne 10 jours. En outre, les demandes de parasitoïdes dans les programmes de lutte biologique fluctuent généralement dans le temps, ce qui oblige à stocker les hôtes pour des intervalles de temps variables.

➤ Objectifs

L'objectif général de la présente étude est de mettre en place les conditions nécessaires pour produire en masse *T. remus* afin de réaliser des lâchers augmentatifs dans les parcelles de démonstration dans les zones de production du maïs du Burkina Faso. Cet objectif se décline en quatre objectifs spécifiques suivants :

- Adapter la méthode de production de masse de *T. remus* au Burkina Faso ;
- Mener des essais de lâchers de *T. remus* en milieu contrôlé et en milieu réel réduit ;
- Produire et lâcher les parasitoïdes *T. remus* dans les parcelles de démonstration dans les zones de production du maïs ;
- Suivre et évaluer les effets de lâchers dans les parcelles de démonstration.

Chaque objectif spécifique fera l'objet d'une activité de recherche.

Activité 1 : Adapter la méthode de production de masse de *T. remus* au Burkina Faso

Plusieurs études ont été réalisées sur les méthodes de production de masse de *T. remus* qui semblent par ailleurs bien connues. Cependant, au Burkina Faso, seuls des élevages de maintien au laboratoire du parasitoïde ont, jusque-là, été réalisés à partir de souches de terrain. Passer à une production de masse pour faire des lâchers augmentatifs à grande échelle nécessite une adaptation préalable des méthodes d'élevage connues et des systèmes de lâchers.

La zone à couvrir par les lâchers est également grande et il paraît nécessaire d'outiller au moins deux laboratoires de recherche pour la production de masse pour faire face à ce défi.

Cette activité, qui sera réalisée en 2021, consistera donc à affiner les méthodes connues de production de *T. remus*, en utilisant les œufs de la CLA ou ceux d'hôtes de substitution, en évaluant les conditions de conservation des hôtes pour éviter une production anarchique et permettre d'optimiser les lâchers. Les défis à relever concernent également le choix de l'hôte approprié, la confirmation des méthodes de stérilisation et de conservation des œufs-hôtes pour une production optimale de parasitoïdes.

❖ Laboratoires de réalisation

Cette activité sera menée dans deux laboratoires du Burkina Faso, le laboratoire d'entomologie fondamentale et appliquée (LEFA) de l'Université Joseph KI-ZERBO et le laboratoire d'entomologie de la station de recherches de Farakô-Bâ (INERA). Le choix de ces deux laboratoires se justifie par la nécessité de rapprocher au mieux les zones de production

d'insectes des zones de lâchers et de l'expertise de ces laboratoires dans l'élevage de parasitoïdes.

❖ **Matériel et Méthode**

Matériel

Salles d'élevage, Congélateurs, Réfrigérateurs, aspirateurs, boîtes plastiques, petit matériel et consommables.

Méthodologie

Différents facteurs qui influencent les élevages seront évalués. Les élevages et les différents tests seront réalisés dans les salles d'élevage à une température de 25,5°C et une humidité de 80% (12h :12h LD).

Utilisation des œufs d'hôtes de substitution

La production de masse de parasitoïdes à partir des œufs de *S. frugiperda* peut être contraignante (disponibilité d'un milieu de culture ou de la plante hôte à tout moment ; cannibalisme des larves) et il peut être nécessaire d'utiliser des hôtes de substitution. Dans ce cadre, des essais d'élevage de *T. remus* seront réalisés à la fois sur les œufs de la CLA et sur ceux de *Corcyra cephalonica* Stainton (Lepidoptera : Pyralidae), un ravageur de denrées stockées. Cette dernière espèce est utilisée comme hôte pour l'élevage de plusieurs espèces de parasitoïdes oophages comme les trichogrammes et *T. remus* (Cave, 2000). Pour évaluer les résultats de l'élevage sur les deux types d'hôtes, les paramètres suivants seront comparés en fonction des hôtes, du nombre de femelles parasitoïdes utilisées pour l'infestation des œufs :

- Taux de parasitisme des œufs ;
- Durée du développement des parasitoïdes ;
- Taux d'émergence de parasitoïdes ;
- Sex ratio des parasitoïdes.

Evaluation de la stérilisation des œufs par congélation

Certains microorganismes peuvent nuire aux élevages et donc compromettre la production de masse. Comme il est également possible que les chenilles émergent dans les élevages à partir des œufs non parasités et dans ce cas s'attaquent aux œufs parasités, il peut être nécessaire de bloquer le développement embryonnaire surtout dans le cas de *C. cephalonica* et de stériliser les œufs. Ainsi, des tests seront également réalisés en comparant

des œufs soumis au froid (-15°C au congélateur) à ceux non congelés. Les mêmes paramètres de développement du parasitoïde seront évalués sur les hôtes préalablement congelés ou non.

Evaluation de la conservation des œufs-hôtes

La conservation des œufs des hôtes permet de faciliter la planification de la production des auxiliaires. Des études antérieures ont proposé des températures optimales de conservation en utilisant le froid. Cette technique paraît la plus accessible et sera donc évaluée. Pour ce faire, deux catégories d'œufs-hôtes seront infestées par les femelles parasitoïdes : œufs conservés à 15°C et œufs frais (moins de 24h). Plusieurs durées de conservation seront également testées pour les œufs conservés à 15°C. Ces différents tests se feront en utilisant les œufs des deux espèces hôtes (*S. frugiperda* et *C. cephalonica*). Les paramètres à déterminer sont les mêmes que ceux cités précédemment.

Activité 2 : Essais de lâchers de parasitoïdes, suivi et évaluation en milieu contrôlé et en milieu réel réduit

L'efficacité des lâchers de parasitoïdes dans un programme de lutte biologique dépend de plusieurs facteurs incluant le nombre d'insectes à lâcher, la méthode de lâchers, les points de lâchers, le nombre et la fréquence des lâchers dans le champ. Sur la base des résultats antérieurs, ces différents facteurs seront testés dans des dispositifs expérimentaux en serre et en milieu réel réduit. Les lâchers pourraient se faire sur la base du nombre optimal de 100 000 parasitoïdes/ha défini par Salazar-Mendoza et al. (2020).

L'objectif est donc de déterminer la fréquence et les périodes optimales de lâchers pour contrôler la CLA et minimiser ses effets sur le maïs.

L'activité sera réalisée en saison humide 2021 en serre et en saison sèche 2022 sur le terrain, en milieu réel réduit.

❖ Matériel et méthodes

✓ Sites de réalisation

Les essais seront réalisés dans les zones de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso (Farakô-Bâ).

✓ Méthodologie

➤ Pour les essais de lâchers de parasitoïdes en serre

Les essais consisteront à mettre en place un dispositif en blocs comportant 4 répétitions à l'intérieur d'une serre avec des unités expérimentales (plants de maïs). Les plants de maïs de

toutes les unités expérimentales seront dans un premier temps infestées artificiellement par des adultes de la CLA de façon à se rapprocher de l'infestation naturelle. Pour ce faire, des adultes de *S. frugiperda* seront lâchés dans la serre de façon à avoir une infestation homogène de toutes les unités expérimentales. Pour déterminer les effets de lâchers de parasitoïdes sur la CLA, trois modalités de lâchers (traitements) seront testées :

- Pas de lâchers de parasitoïdes
- 2 lâchers de parasitoïdes, le premier, au début de la phase végétative du maïs et le second dès l'initiation des organes florifères
- 3 lâchers de parasitoïdes, soit 2 lâchers pendant la période végétative et 1 lâcher à l'initiation des organes florifères

Dans les unités expérimentales de lâchers de parasitoïdes, les lâchers se feront de façon homogène de sorte à couvrir toute l'unité (pas de lâchers en un point unique)

➤ ***Pour les essais de lâchers de parasitoïdes en milieu réel réduit***

Le même type de dispositif que précédemment sera mis en place en milieu réel réduit. Des parcelles de maïs (unités expérimentales) seront mises en place en suivant les itinéraires techniques recommandés en culture de maïs. Ces parcelles seront sous infestation naturelle par la CLA. Les modalités de lâchers seront définies en fonction des résultats obtenus à l'issue des essais en serre.

❖ **Suivi et évaluation de l'effet des lâchers**

En serre comme en milieu réel réduit, les mêmes paramètres seront suivis pour évaluer les effets de lâchers de parasitoïdes sur l'infestation du maïs par la CLA :

- Tout au long du cycle de croissance du maïs, des observations seront réalisées avant et après les lâchers de parasitoïdes et tous les deux jours jusqu'à la récolte ;
- Il s'agira de prélever des masses d'œufs dans les différentes parcelles et d'évaluer les taux de parasitisme des œufs. Des masses d'œufs seront également ramenés au laboratoire puis mis en incubation pour confirmer la présence de *T. remus*.
- Il s'agira aussi d'évaluer l'effet des lâchers sur les niveaux d'infestation du maïs et des dégâts (incidence et sévérité) de la CLA, les rendements et la qualité du maïs.

Activité 3 : Produire et lâcher des parasitoïdes *T. remus* dans les parcelles de démonstration

Cette activité sera réalisée au cours de la saison humide 2022 sur la base des résultats des études préalables de production de masse de parasitoïdes et d'essais de lâchers.

L'objectif est de faire une démonstration de l'efficacité de la lutte biologique augmentative par lâchers de parasitoïdes oophages *T. remus*.

Cela implique tout d'abord de produire et fournir le nombre d'insectes parasitoïdes nécessaires pour mettre en place les parcelles de démonstration dans les principales zones de production de maïs. En fonction des zones, les parasitoïdes proviendront soit de Ouaga soit de Bobo. Une planification sur la base du nombre et de la taille des parcelles de démonstration permettra de rendre disponible les stades adéquats pour les lâchers au moment approprié pour effectuer les lâchers selon les modalités retenues à l'issue des essais de lâchers. Chaque laboratoire aura des zones précises à couvrir identifiées à l'avance pour lesquelles la production de parasitoïdes sera planifiée.

Un accompagnement sera fait auprès des agents mettant en œuvre les parcelles de démonstration pour leur permettre de maîtriser les lâchers et les périodes appropriées pour le faire.

➤ Suivi et évaluation dans les parcelles de démonstration

Cette activité accompagnera les lâchers de parasitoïdes dans les parcelles de démonstration. Elle sera donc réalisée en saison humide 2022 dans les parcelles de démonstration ayant reçu les parasitoïdes ou non.

Il s'agira de mesurer les paramètres suivants :

- Taux de parasitisme par *T. remus*
- Niveaux d'infestation des plants de maïs (incidence et sévérité)
- Dégâts de la CLA sur les épis de maïs (taux de perforation)
- Rendements du maïs

4.1.2. Evaluation des variétés de maïs pour la tolérance à la CLA

➤ Objectif

L'objectif de ce travail est de réaliser un criblage variétal pour connaître les variétés qui sont tolérantes à la CLA.

Les objectifs spécifiques sont :

- Étudier la capacité de la CLA à se développer sur les principales variétés de maïs cultivées au laboratoire ;
- Évaluer le niveau de dégât dû à la CLA et le rendement du maïs au champ.

➤ Matériels et méthodes

❖ Site de l'étude :

Les essais seront réalisés au Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (L.E.F.A) de Université Joseph KI ZERBO. Les expériences seront réalisées en laboratoire dans les conditions suivantes : $25 \pm 1^\circ \text{C}$, $80 \pm 5\% \text{ HR}$ et 12 h L : 12 h D.

Parallèlement au travail de laboratoire, des essais seront mis en place sur le site de Koubri et de Loumbila.

❖ Variétés de maïs :

Dix principales variétés de maïs produites par les producteurs seront utilisées pour les essais. Il s'agit de Barka, SR21, Wari, Masongo, FBC6, Espoir, Komsaya, Bondofa, KPJ, KEJ. Par ailleurs, certaines variétés locales de maïs seront également testées.

❖ Origines des insectes

La souche d'insectes utilisée proviendra de la région du Centre (Koubri). Elle sera élevée pendant quatre générations en laboratoire afin d'éliminer l'effet des réserves de nourriture dans les œufs et sur les larves émergentes (He *et al.*, 2021) avant de commencer l'expérience.

Capacité de *S. frugiperda* à se développer sur les principales variétés de maïs

Au laboratoire

Cinquante œufs de la CLA seront placés individuellement dans une boîte de Pétri (5 cm de diamètre) garnie de papier filtre humidifié et contenant une feuille de chaque variété. Chaque boîte de Pétri sera considérée comme une répétition (donc $n = 50$ pour chaque plante hôte). Après l'éclosion des larves, leur nourriture sera changée tous les jours et de l'eau sera ajoutée pour humidifier le papier filtre jusqu'à la nymphose. Les individus seront sexés et les nymphes mâles et femelles seront regroupées en couples. Chaque couple de chrysalides sera placé dans une boîte de Pétri individuelle contenant un papier filtre humidifié. Après

l'émergence des adultes, les mâles et les femelles seront laissés ensemble dans des boîtes de Pétri pendant toute leur vie. Les adultes seront nourris quotidiennement avec 5% d'eau de miel.

Les paramètres suivants seront mesurés :

- Nombre d'œufs pondus ;
- Durée d'incubation de l'œuf ;
- Nombre d'individus émergés ;
- Durée de développement de chaque stade larvaire ;
- Durée de vie du stade chrysalide ;
- Cycle biologique sur chaque variété ;
- Durée de vie des adultes ;
- Taux de survie.

Au champ

❖ Travaux cultureux

- Labour suivi de pulvérisage ;
- Planage de la superficie à emblaver ;
- Démariage à deux plantes par poquet deux semaines après semis ;
- Apport de NPK à raison de 200 Kg/ha deux semaines après semis ;
- 30 JAS premier apport d'urée 100 Kg/ha ;
- 45 JAS second apport d'urée 50 Kg/ha.

❖ Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental sera un bloc de Fisher complètement randomisé à 10 traitements répétés chacun 4 fois (figure 1). Les différents traitements sont :

- **T1** : parcelle élémentaire Barka,
- **T2** : parcelle élémentaire SR21,
- **T3** : parcelle élémentaire Wari,
- **T4** : parcelle élémentaire Masongo,
- **T5** : parcelle élémentaire FBC6,
- **T6** : parcelle élémentaire Espoir,
- **T7** : parcelle élémentaire Komsaya,
- **T8** : parcelle élémentaire Bondofa,
- **T9** : parcelle élémentaire KPJ,
- **T10** : parcelle élémentaire KEJ.

La parcelle élémentaire (PE) comporte 8 lignes dont deux de bordure. L'écartement entre les poquets est de 0,40 m et de 0,80 m entre les lignes. La longueur d'une ligne est de 4,4 m et la largeur de la parcelle est de 5,6 m. Une distance de 2 m sépare les parcelles élémentaires. La

superficie d'une PE : $5,6\text{m} \times 4,4\text{m} = 26 \text{ m}^2$. Au démariage, deux plantes / poquet sont laissés pour la suite.

❖ **Observations**

Entre cinq et sept jours après semis (JAS), on procède à la recherche des œufs et /ou larves de *Spodoptera frugiperda*. Cette recherche se fait une fois / semaine et portera sur :

- Le nombre de plantes de maïs infestées par PE;
- Le nombre de plants de maïs infesté et marquer les plants infestés avec un fil de laine ;
- Le stade végétatif du maïs ;
- Le nombre d'organes florifères attaqués par PE ;
- Le nombre d'épis perforés et non perforés par PE ;
- A la récolte, les lignes centrales de chaque traitement sont récoltées pour évaluer le rendement épis et rendement grain.

➤ **Analyse des données collectées**

Les données relatives aux différents traitements diététiques ainsi que les paramètres biologiques seront soumises à l'analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel XLSAT. Les valeurs moyennes des traitements obtenues seront comparées en utilisant le test de Tukey ($p \leq 0,05$).

Une analyse en composantes principales sera réalisée en fonction de ces paramètres en vue d'un classement des différentes variétés.

4.1.3. Evaluation de l'efficacité de plusieurs types de pièges pour lutter contre la CLA

➤ Objectif

L'objectif de cette étude est de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse dans le cadre de la lutte contre la CLA en culture de maïs au Burkina Faso.

Les objectifs spécifiques sont :

- Évaluer la capacité de capture des différents types de pièges ;
- Évaluer la densité de pièges pour l'efficacité de la lutte contre la CLA.

➤ Matériel et méthode

✓ Matériel

Sites de l'étude : l'étude sera conduite dans les six régions d'intervention (Boucle du Mouhoun ; Cascades, Centre-Est, Centre-Ouest, Hauts-Bassins, Sud-Ouest). Ces régions représentent les principales zones de production du maïs du pays. Dans chaque région, deux sites seront choisis pour la conduite des activités.

Matériel de piégeage :

- Piège à seau universel ;
- Piège de type *Heliothis* ;
- Piège lumineux ;
- Piège Delta.



Photo 1 : Piège à seau universel



Photo 2 : Piège de type *Heliothis*

Matériel d'observation

Le matériel d'observation sera composé d'une fiche. Cette fiche comprendra les informations suivantes : la date d'observation, le nombre de papillons de la CLA capturés dans les pièges, le nombre de papillons d'autres espèces de chenille.

✓ Méthode**Pose de pièges**

Les pièges seront placés dans les champs de maïs à partir de la date de semis. Plusieurs densités seront essayées.

Suivi des pièges

Les données de capture seront relevées tous les deux jours et le nombre de papillons de *S. frugiperda* à l'intérieur du piège sera dénombré et enregistré par date.

Les autres papillons de chenille légionnaire africaine seront triés et comptés séparément.

La collecte des données se fera pendant la campagne humide 2021 (Juin-octobre 2021) et la campagne sèche (octobre 2021 à mai 2022).

➤ Analyse des données collectées

Les données de capture de la chenille légionnaire seront analysées avec le logiciel XLSAT ou R. Par ailleurs, un test HSD Tukey de structuration de moyennes sera réalisé pour une comparaison des moyennes.

4.1.4. Evaluation de la technologie Push-pull pour lutter contre la chenille légionnaire d'automne

❖ Contexte et objectifs

Ce travail se fait dans le cadre d'une stratégie régionale de gestion intégrée de la chenille légionnaire d'automne (CLA) avec l'accompagnement technique et financier de la FAO.

L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'efficacité de la technologie de « Push-Pull » dans la lutte contre la CLA.

Les objectifs spécifiques suivants sont associés à l'objectif général :

- ✓ Evaluer les niveaux des dégâts associés à la CLA à la fois dans le système de « Push-Pull » et dans une parcelle témoin sans « Push-Pull »
- ✓ Inventorier les ennemis naturels dans les traitements ;
- ✓ Evaluer les performances économiques de chaque traitement.

❖ Périodes de l'étude

L'étude sera réalisée durant les campagnes humide 2021 et sèche 2022.

❖ Matériel et méthodes

✓ Site de l'étude

Située à 25 km à l'ouest de Bobo-Dioulasso, Bama est le chef-lieu de la commune du lieu-dit. Cette ville est située à 10°20' de latitude nord, 4°20' de longitude ouest et se trouve à 450 m au-dessus du niveau de la mer (Guinko, 1984). Elle est une commune rurale de la province du Houet. Le climat y est de type soudano-guinéen. La végétation est faite de larges galeries forestières au sein desquelles s'épanouissent de nombreuses espèces guinéennes, telles que *Carpa procera*, *Antizoris africana*, *Dalium guineense*, *Chlorophora regia* (Guinko, 1984).

✓ Matériel

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de :

- ✓ Une variété de maïs vulgarisée, à cycle moyen et à haut rendement ;
- ✓ *Desmodium uncinatum*

Desmodium uncinatum est une légumineuse pérenne qui recouvre le sol entre les lignes de la culture principale, notamment le maïs. Cette espèce produit des composés chimiques volatils qui repoussent (Push) les insectes foreurs de tige des céréales et la CLA. Ses racines produisent des composés qui inhibent la germination des graines de *Striga* dans le sol. En plus, en association avec une bactérie, ses racines peuvent fixer l'azote atmosphérique. En fin de saison, la biomasse produite par *Desmodium* peut être utilisée comme fourrage, ou bien enfouie dans le sol comme engrais vert.

✓ *Brachiaria mullato* II

Brachiaria mullato II est une poacée pérenne qui produit des composés volatils qui attirent (Pull) les insectes foreurs de tige des céréales et la CLA pour la ponte. Mais en fait, il s'agit d'une plante piège qui entrave le développement des insectes qui pondent sur elle. En plus, *B. mullato* II attire les ennemis naturels des insectes ravageurs. Cette espèce constitue un fourrage très apprécié par le bétail.

Fumure organo-minérale

La parcelle Push-Pull recevra au labour, du fumier bien décomposé à la dose de 5 t/ha. Chacune des deux parcelles recevra la fumure minérale aux doses et fréquences suivantes :

- ✓ NPK à la dose de 200 kg/ha apporté 15 jours après le semis (JAS) ;
- ✓ Urée (46% N) à la dose de 100 kg/ha apporté aux 30^{ème} et 50 kg/ha apportés au 45^{ème} JAS.

Insecticides

Les insecticides et les herbicides de synthèse qui sont utilisés par les producteurs de maïs seront utilisés dans la parcelle témoin.

✓ **Méthodes**

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental sera constitué de deux traitements et de quatre répétitions. Les traitements sont :

- ✓ T0 : témoin ;
- ✓ T2 : Push-Pull.

Chaque traitement aura une superficie de 64 m² (8 m x 8 m). Les traitements comme les répétitions seront séparés entre eux par une distance de 10 m. La superficie totale de l'expérimentation est de 62 m x 30 m = 1860 m².

Dans chaque traitement, le maïs sera semé aux écartements de 80 cm entre les lignes et 40 cm sur les lignes. *Desmodium uncinatum* sera semée en lignes continues entre deux lignes de maïs. *Brachiaria mullato* II sera semée sur des lignes de trois poquets espacés de 20 cm en bordure de la parcelle. La légumineuse et la poacée seront mises en place 20 jours avant le semis du maïs.

✓ Collecte de données

Dans chacune de deux parcelles, 50 plants de maïs seront échantillonnés au hasard une fois par semaine, du 10^{ème} JAS à la maturité du maïs. Les paramètres suivants seront recueillis :

- ✓ Taille des plants ;
- ✓ Nombre de feuilles/plant ;
- ✓ Nombre de verticilles attaqués ;
- ✓ Nombre de feuilles attaquées ;
- ✓ Sévérité des attaques sur feuilles ;
- ✓ Nombre d'épis attaqués ;
- ✓ Sévérité des attaques sur épis.

Dans chaque traitement, 20 larves de la CLA seront collectées chaque semaine à partir du 7^{ème} JAS jusqu'à la maturité du maïs. Ces larves seront ramenées au laboratoire pour déterminer leur état sanitaire : (i) sain (ii) parasité ou (iii) colonisé par un entomopathogène. Les larves parasitées seront mises en incubation afin de recueillir les parasitoïdes et les déterminer. Les prédateurs de la CLA seront également prospectés dans chaque traitement aussi bien au niveau des plants de maïs que des plants de *D. uncinatum* et de *B. mullato* II. Pour ce faire, trois lignes de *D. uncinatum* et 5 lignes de *B. mullato* II seront prospectées. Les ennemis naturels seront capturés et ramenés au laboratoire pour détermination.

✓ Récolte

A la récolte, deux carrés de rendement de 8 m² chacun seront posés dans chacune des deux parcelles. Le fruit de la récolte de chaque parcelle sera séché, pesé et le poids corrigé au taux d'humidité de 14%

Une évaluation économique des technologies sera faite comme suit :

- ✓ Coûts de production ;
- ✓ Valeur brute de la production ;
- ✓ Marges brutes.

❖ **Analyse des données**

Les données collectées seront soumises à un test de normalité. S'ils suivent la loi normale, une analyse de variance sera réalisée à l'aide du logiciel GenStat Discovery Edition 11. La séparation des moyennes se fera avec le test de Student Newman Keuls au seuil de probabilité de 5 %.

4.1.5. Evaluation des espèces végétales indigènes susceptibles de jouer le rôle du Push-Pull dans la lutte contre la chenille légionnaire d'automne

❖ **Contexte et objectifs**

Ce travail se fait dans le cadre d'une stratégie régionale de gestion intégrée de la chenille légionnaire d'automne (CLA) avec l'accompagnement technique et financier de la FAO et de ses partenaires.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer des espèces végétales indigènes au Burkina Faso susceptibles de jouer le même rôle que celles impliquées dans la technologie du Push-Pull développée pour lutter contre la CLA.

Les objectifs spécifiques suivants sont associés à cet objectif général :

- ✓ Evaluer les niveaux des dégâts associés à la CLA à la fois dans le système de « Push-Pull », dans celui impliquant trois espèces végétales indigènes et dans une parcelle témoin ;
- ✓ Inventorier les ennemis naturels dans chaque traitement ;
- ✓ Evaluer les performances économiques de chaque traitement.

L'étude sera réalisée durant la campagne humide 2021.

❖ **Matériel et méthodes**

- ✓ **Site de l'étude**

Située à 25 km à l'ouest de Bobo-Dioulasso, Bama est le chef-lieu de la commune du lieu-dit. Cette ville est située à 10°20' de latitude nord, 4°20' de longitude ouest et se trouve à 450 m au-dessus du niveau de la mer (Guinko, 1984). Elle est une commune rurale de la province du Houet. Le climat y est de type soudano-guinéen. La végétation est faite de larges galeries forestières au sein desquelles s'épanouissent de nombreuses espèces guinéennes, telles que *Carpa procera*, *Antizoris africana*, *Dalium guineense*, *Chlorophora regia* (Guinko, 1984).

✓ Matériel

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de :

- ✓ Une variété de maïs vulgarisée, à cycle moyen et à haut rendement ;
- ✓ *Desmodium uncinatum*

Desmodium uncinatum est une légumineuse pérenne qui recouvre le sol entre les lignes de la culture principale, notamment le maïs. Cette espèce produit des composés chimiques volatiles qui repoussent (Push) les insectes foreurs de tige des céréales et la CLA. Ses racines produisent des composés qui inhibent la germination des graines de *Striga* dans le sol. En plus, en association avec une bactérie, ses racines peuvent fixer l'azote atmosphérique. En fin de saison, la biomasse produite par *Desmodium* peut être utilisée comme fourrage, ou bien enfouie dans le sol comme engrais vert.

- ✓ *Brachiaria mullato* II

Brachiaria mullato II est une poacée pérenne qui produit des composés volatiles qui attirent (« Pull ») les insectes foreurs de tige des céréales et la CLA pour la ponte. Mais en fait, il s'agit d'une plante piège qui entrave le développement des insectes qui pondent sur elle. En plus, *B. mullato* II attire les ennemis naturels des insectes ravageurs. Cette espèce constitue un fourrage très apprécié par le bétail.

- ✓ Trois légumineuses indigènes pouvant jouer chacune le rôle de *Desmodium uncinatum* ;
- ✓ Trois poacées indigènes pouvant jouer chacune le rôle de *Brachiaria mullato* II.

Fumure organo-minérale

Les parcelles abritant des légumineuses et des poacées recevront au labour, du fumier bien décomposé ou du compost à la dose de 5 t/ha. Toutes les parcelles recevront la fumure minérale aux doses et fréquences suivantes :

- ✓ NPK à la dose de 200 kg/ha apporté 15 jours après le semis (JAS) ;
- ✓ Urée (46% N) à la dose de 150 kg/ha apporté aux 30^{ème} (100 kg/ha) et 45^{ème} (50 kg/ha) JAS.

Insecticides

Les insecticides et les herbicides de synthèse qui sont utilisés par les producteurs de maïs seront utilisés dans la parcelle témoin.

✓ Méthodes

- **Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental sera un bloc de Fisher constitué de cinq traitements et de quatre répétitions. Les traitements sont :

- ✓ Traitement 0 : Parcelle témoin ;
- ✓ Traitement 1 : Push-Pull ;
- ✓ Traitement 2 : Légumineuse indigène 1 + Poacée indigène 1
- ✓ Traitement 3 : Légumineuse indigène 2 + Poacée indigène 2
- ✓ Traitement 4 : Légumineuse indigène 3 + Poacée indigène 3

Chaque traitement aura une superficie de 64 m² (8 m x 8 m). Les traitements comme les répétitions seront séparés entre eux par une distance de 10 m. La superficie totale de l'expérimentation est de 62 m x 80 m = 4960 m².

Dans chaque traitement, le maïs sera semé aux écartements de 80 cm entre les lignes et 40 cm sur les lignes. Les légumineuses impliquées dans l'expérimentation seront semées en lignes continues entre deux lignes de maïs. Les poacées seront semées sur des lignes de trois poquets espacés de 20 cm en bordure de la parcelle. Les légumineuses et les poacées seront mises en place 20 jours avant le semis du maïs.

- **Collecte de données**

Dans chaque traitement, 10 plants de maïs seront échantillonnés au hasard une fois par semaine, du 7^{ème} JAS à la maturité du maïs. Les paramètres suivants seront recueillis :

- ✓ Taille des plants ;
- ✓ Nombre de feuilles/plant ;
- ✓ Nombre de verticilles attaqués ;
- ✓ Nombre de feuilles attaquées ;
- ✓ Sévérité des attaques sur feuilles ;
- ✓ Nombre d'épis attaqués ;
- ✓ Sévérité des attaques sur épis.

Dans chaque traitement, 20 larves de la CLA seront collectées chaque semaine à partir du 7^{ème} JAS jusqu'à la maturité du maïs. Ces larves seront ramenées au laboratoire pour déterminer leur état sanitaire : (i) sain (ii) parasité ou (iii) colonisé par un entomopathogène. Les larves parasitées seront mises en incubation afin de recueillir les parasitoïdes et les déterminer. Les prédateurs de la CLA seront également prospectés dans chaque traitement aussi bien au niveau des plants de maïs que des plants des légumineuses et des poacées. Pour ce faire, trois lignes de *D. uncinatum* et 5 lignes de *B. mullato* II seront prospectées. Les ennemis naturels seront capturés et ramenés au laboratoire pour détermination.

• Récolte et analyse économique

A la récolte, deux carrés de rendement de 8 m² chacun seront posés dans chaque traitement. Le fruit de la récolte de chaque traitement sera séché, pesé et le poids corrigé au taux d'humidité de 14%.

Une évaluation économique des technologies sera faite en prenant en compte les paramètres suivants :

- ✓ Coûts de production ;
- ✓ Valeur brute de la production ;
- ✓ Marges brutes.

• Analyse des données

Les données collectées seront soumises à un test de normalité. S'ils suivent la loi normale, une analyse de variance sera réalisée à l'aide du logiciel GenStat Discovery Edition 11. La séparation des moyennes se fera avec le test de Student Newman Keuls au seuil de probabilité de 5 %.

4.1.6. Evaluation de l'association maïs-plantes aromatiques dans la lutte contre la CLA

❖ Contexte et Objectifs

Ce travail se fait dans le cadre d'une stratégie régionale de gestion intégrée de la chenille légionnaire d'automne (CLA) avec l'accompagnement technique et financier de la FAO. L'objectif global de cette étude se situe dans le cadre de la recherche des stratégies de lutte intégrée permettant de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse dans le cadre de la lutte contre la CLA en culture de maïs au Burkina Faso.

De façon spécifique, on évaluera :

- L'efficacité de chaque stratégie de protection phytosanitaire ;
- L'effet sur le rendement et la qualité sanitaire du maïs ;
- La rentabilité économique des itinéraires techniques ;
- L'acceptabilité des itinéraires techniques par les producteurs.

❖ Activités à réaliser

Les activités de terrain qui porteront sur deux saisons culturales (saison humide : Mai-Septembre 2021 et saison sèche : Janvier-Mai 2022) du maïs, seront les suivantes :

- 1) Identification des sites et des producteurs qui abriteront les essais ;
- 2) Mise en place des essais ;
- 3) Collecte des données et évaluation des rendements et de l'effet de la CLA.

❖ Matériel et méthodes

• Sites expérimentaux

L'étude sera conduite dans quatre sites dont deux par campagne de production (saison humide et saison sèche) afin d'évaluer l'efficacité de chaque traitement dans l'espace et dans le temps.

Le choix des sites tiendra compte des différentes zones agro-climatiques du Burkina Faso, les superficies emblavées en maïs et la présence d'un périmètre irrigué pour les essais de saison sèche.

• Matériel végétal

- Semences de maïs adapté à la zone ;

- Semences des plantes aromatiques : basilic (*Ocimum basilicum*) et citronnelle (*Cymbopogon citratus*).

- **Fumure organo-minérale :**

- Fumure organique à apporter au labour à la dose de 5T/ha ;
- Pour le maïs : NPK à apporter au 14^{ème} jour après semis (JAS) à la dose de 200 kg/ha et l'urée (46% N) en deux fractions à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} JAS et 50kg/ha au 45^{ème} JAS.
- Pour les plantes aromatiques : NPK à apporter au 14^{ème} jour après repiquage (JAR) à la dose de 200 kg/ha.

- **Matériel d'observation**

Le matériel d'observation sera composé des fiches de prospection et des piluliers pour la collecte des insectes auxiliaires.

- **Dispositif expérimental**

Pour chaque saison, deux essais seront réalisés (chaque site représente 1 essai comparatif).

Le dispositif expérimental adopté au niveau de chaque essai (ou site), sera un split plot où deux facteurs seront étudiés : l'effet du nombre de lignes de la plante aromatique en association avec le maïs et l'effet de la plante aromatique sur la CLA.

Le nombre de lignes de la plante aromatique en association avec le maïs constituera le facteur principal avec deux modalités (1 ligne et 2 lignes en interligne avec le maïs), alors que la plante aromatique avec deux modalités également (basilic, citronnelle), constituera le facteur secondaire.

Chaque site comportera six traitements et trois répétitions (blocs). Les traitements sont :

- Temoin1 = Maïs seul sans association, sans traitement insecticide ;
- Temoin2 = Maïs seul sans association + traitements insecticides ;
- T1 = Maïs + 1 lignes de basilic sans traitement insecticide ;
- T2 = Maïs + 2 lignes de basilic sans traitement insecticide ;
- T3 = Maïs + 1 ligne de la citronnelle sans traitement insecticide ;
- T4 = Maïs + 2 lignes de la citronnelle sans traitement insecticide ;

Maïs + Basilic	Témoin 1	Témoin 2	Maïs + Citronnelle
Témoin 2	Témoin 1	Maïs + Citronnelle	Basilic + Basilic
Maïs + Citronnelle	Témoin 2	Témoin 1	Maïs + Basilic

On va répartir les 2 modalités de lignes (1L et 2L) au hasard dans chaque sous bloc :

Bloc 1	1L	2L	Témoin 1	Témoin 2	1L	2L
Bloc 2	Témoin 2	Témoin 1	2L	1L	2L	1L
Bloc 3	2L	1L	Témoin 2	Témoin 1	1L	2L

Figure 2 : Dispositif expérimental de chaque objet

Chaque parcelle élémentaire (traitement) mesurera 50 m² et constitue une répétition. Les parcelles élémentaires seront séparées entre elles par des allées de 2m.

Les semis en poquet de maïs seront effectués en lignes aux écartements de 80 cm x 40 cm à raison de deux grains par poquet.

Les plantes aromatiques (basilic et citronnelle) seront repiquées en interligne avec le maïs.

Période et conditions d'application des traitements

Toutes les parcelles seront conduites de la même manière dans les différents sites.

Suivi et entretien des parcelles d'expérimentation

Un suivi des essais sera réalisé du semis jusqu'à la récolte. Les essais seront conduits par des stagiaires. Ils seront chargés de la mise en place des essais, des opérations culturales, de l'entretien des parcelles, des traitements phytosanitaires et de la récolte en collaboration avec les producteurs qui abriteront les essais.

❖ Collecte des données et analyse des résultats

• Collecte des données

La collecte des données débutera à partir du 7^{ième} jour après semis et se fera de façon hebdomadaire afin d'enregistrer les dommages causés par le ravageur. Les observations porteront sur 10 plantes par parcelle élémentaire (méthode X) à raison d'un plant/poquet.

Dans chaque parcelle élémentaire et traitement, la collecte des données portera sur :

- Le nombre de plantes attaquées, le nombre de feuilles attaquées par plante et le stade phénologique des plantes ;
- Le nombre d'épis perforés ;
- Le nombre de verticilles attaqués ;
- Les insectes auxiliaires et autres ravageurs présents.

Les insectes collectés, seront conservés dans l'alcool à 70°C et ramenés au laboratoire pour identification.

La collecte des données se fera tôt le matin (entre 7h et 9 h) car c'est à ces périodes que le ravageur est plus actif.

Paramètres à mesurer :

- L'incidence de la CLA dans chacune des parcelles ;
- La sévérité de l'infestation (degré de dégâts) ;
- L'évaluation des rendements dans chaque traitement.

La détermination du rendement

Les épis attaqués et non attaqués seront dénombrés et à la récolte, les lignes centrales de chaque traitement sont récoltées pour évaluer le rendement épis et le rendement grain.

• Analyse statistique des résultats

L'efficacité de chaque pratique sera évaluée en analysant la performance de chaque pratique sur les effets de la CLA et le rendement économique du maïs grâce au logiciel R ou XLSTAT.

L'analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) seront réalisées pour évaluer la corrélation entre les paramètres étudiés notamment l'incidence et la gravité du ravageur. Le logiciel GraphPad Prism 6.01 sera utilisé pour la réalisation des différents graphes.

L'acceptabilité d'un itinéraire sera testée en interrogeant les producteurs (ils auront pu observer les parcelles et se faire une opinion sur l'intérêt ou non de cet itinéraire).

❖ Calendrier des opérations

Le tableau ci-dessous indique le calendrier des différentes opérations pour la campagne humide (Avril- Septembre 2021) et saison sèche (Décembre-Mai 2022).

Activités	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
Choix des sites et des producteurs volontaires														
Installation des pépinières de basilic et d'oignon														
Semis / repiquage des plants														
Suivi des parcelles et collecte de données														
Synthèse des données et rédaction du rapport														

4.1.7. Evaluation de l'efficacité de l'association « maïs-pois d'angole » et « maïs-plantes aromatiques » dans la protection du maïs contre *Spodoptera frugiperda*

❖ OBJECTIF

Evaluer l'efficacité association maïs pois d'angole pour la protection des plantes de maïs contre la chenille légionnaire *Spodoptera frugiperda*

❖ LIEU D'ETUDE ET TRAVAUX CULTURAUX :

- * Zone ouest (Station de Farako-Bâ, ou/et vallée du Kou) ;
- * Labour suivi de pulvérisage ;
- * Planage de la superficie à emblaver ;
- * Démariage à deux plantes par poquet deux semaines après semis ;
- * Apport de NPK à raison de 200 Kg/ha deux semaines après semis ;
- * 30 JAS premier apport d'urée 100 Kg/ha ;
- * 45 JAS second apport d'urée 50 Kg/ha.

❖ MATERIEL ET METHODES

a. Matériel végétal

Variété de maïs adaptée

Variété de *Cajanus cajan*

b. Produits chimiques utilisés

- traitement avec un Biopesticide d'origine végétale à la demande :

*** Traitement des semences**

Les semences doivent être traitées avec un insecticide-fongicide.

*** Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental utilisé est un Bloc Fisher à cinq répétitions et cinq traitements :

T0 : Parcelle semée avec une ligne de pois d'angole et une ligne de maïs ;

T1 : parcelle semée avec une ligne de maïs entre deux lignes de pois d'angole ;

T2 : Trois lignes de maïs entre deux lignes de pois d'angole ;

T3 : Parcelle semée en continu 50% de maïs et 50% pois d'angole ;

T4 : deux lignes extrêmes de la parcelle semée avec le pois angole et les autres en maïs.

La parcelle élémentaire (PE) comporte 8 lignes dont 2 de bordure. L'écartement entre les poquets est de 0,40 m et de 0,80 m entre les lignes. La longueur d'une ligne est de 7,2 m et la largeur de la parcelle est de 4,4 m. Une distance de 2 m sépare les parcelles élémentaires.

Superficie d'une PE : $7,2\text{m} \times 4,4\text{m} = 31,6 \text{ m}^2$

L'essai comporte cinq répétitions et par répétition on a cinq parcelles élémentaires soit au total 25 parcelles élémentaires. Une distance de 2 m sépare les répétitions.

La superficie totale de l'essai : $[(7,2\text{m} \times 5) + (2\text{m} \times 4)] \times [(4,4\text{m} \times 5) + (2\text{m} \times 4)] = 1320 \text{ m}^2$

d. Observations et opérations entomologiques

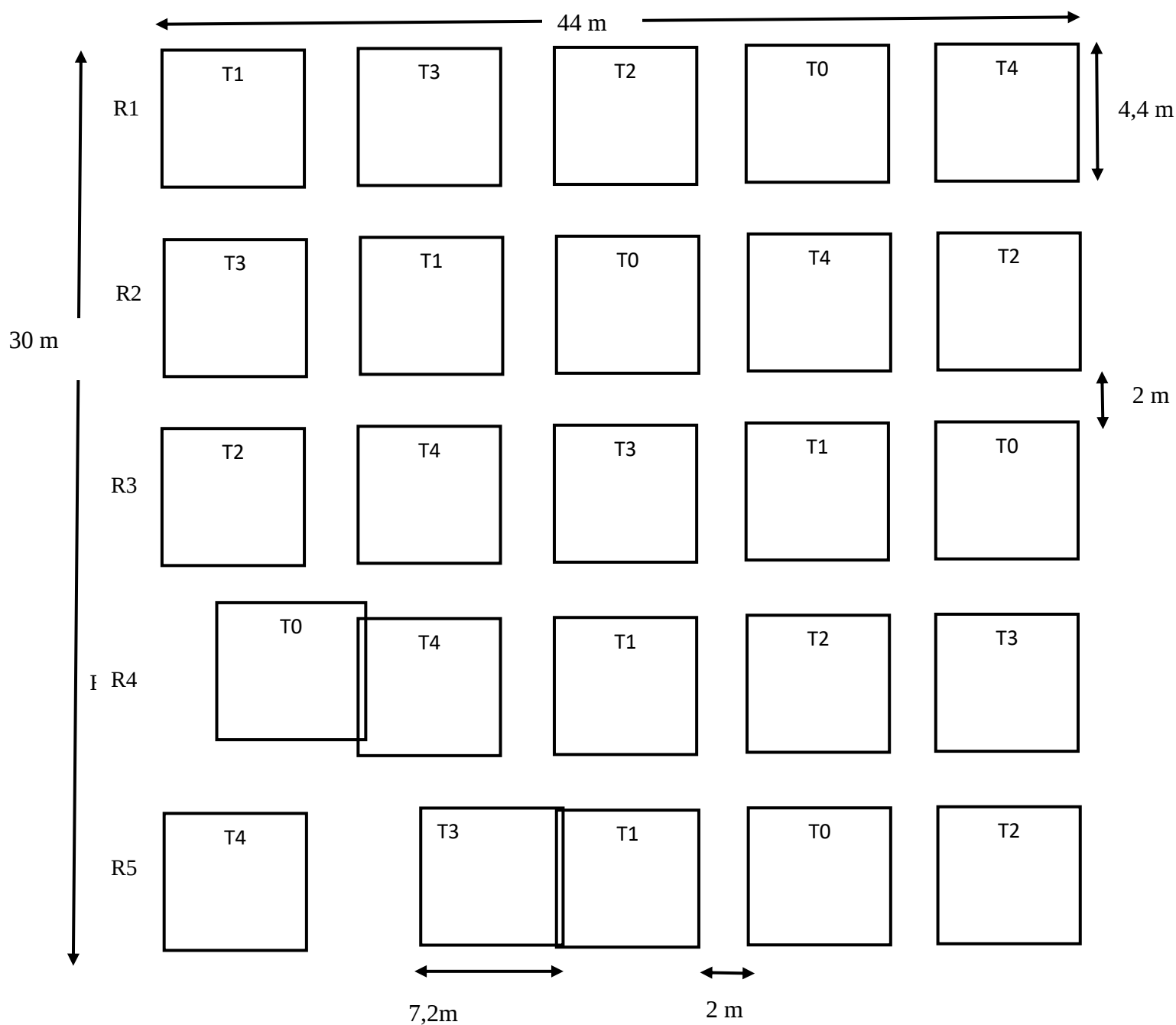
1. Semer le maïs sur la parcelle aménagée et irriguée ;
2. Au démariage, laisser 2 plantes de maïs / poquet ;
3. Les plantes sont ensuite observées et notées deux fois /semaine pour suivre leur évolution ;
4. Entre 05 et 07 JAS, on procède à la recherche des œufs et /ou des larves de *Spodoptera frugiperda*. Cette recherche se fait une fois / semaine sur toutes les plantes.
 - 4.1. Compter le nombre de plants de maïs infestés par PE et marquer les plants infestés avec un fil de laine, le comptage des plants infestés se fait une fois par semaine

4.2. Compter le nombre de larves et des paquets d'œufs sur les lignes semées avec le pois d'angle; ce comptage se fait une fois par semaine.

5. A chaque observation, le stade végétatif du maïs et celui du pois d'angle sont notés, les insectes présents sur le pois d'angle sont capturés et ramenés au labo pour identification

6. Les épis attaqués et non attaqués sont dénombrés et à la récolte, les lignes centrales de chaque traitement sont récoltées pour évaluer le rendement épis et le rendement grain.

PLAN DE L'ESSAI (BLOC FISHER)



4.1.8. Evaluer l'efficacité de souches locales d'entomopathogènes pour lutter contre la CLA

❖ Justification

La chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera : Noctuidae), un papillon nocturne originaire des Amériques, a récemment envahi les pays d'Afrique subsaharienne, où elle menace sérieusement la sécurité alimentaire en tant que ravageur des céréales notamment le maïs.

L'utilisation d'insecticides est l'outil principal pour gérer les arthropodes nuisibles envahissants dès le début de leur introduction dans une nouvelle zone (Pimentel et al., 2000). Cette tendance a été respectée au Burkina Faso lors de l'avènement de la CLA, où sans compter les dons, achats de pesticides par les ONG, projets, et les producteurs individuels, l'Etat a distribué gratuitement, aux producteurs pendant la campagne 2017/2018, plus de 14 000 litres et 220 kg de pesticides, pour faire face à ce ravageur (Dpvc, 2018). Compte tenu des méfaits néfastes des pesticides sur la santé humaine, animale et sur l'environnement (destruction des espèces non cibles...), la recherche d'autres solutions est envisagée. Au de ces solutions, figure l'utilisation des entomopathogènes endogènes.

En effet, lors des prospections sur la CLA, il n'est pas rare de rencontrer des chenilles malades, mortes ou momifiées envahies par du mycélium. Ces maladies peuvent être dues à des champignons, des bactéries, des virus ou même des nématodes.

Il serait donc intéressant de mener des investigations pour identifier les agents entomopathogènes responsables de ces mortalités, mesurer leur degré de virulence et réaliser des formulations qui pourront servir dans la lutte contre la CLA. C'est ce qui justifie le présent protocole de recherche sur les entomopathogènes endogènes de la CLA.

❖ Objectifs

L'objectif global de cette étude est de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse à travers la recherche et l'utilisation d'entomopathogènes endogènes de la CLA.

Il s'agira de manière spécifique de :

- Prospecter les champs de maïs afin de collecter les chenilles momifiées ou malades ;
- Isoler individuellement les différentes espèces de microorganismes rencontrées ;

- Identifier les différentes espèces rencontrées ;
- Réaliser des tests de virulence de chaque entomopathogène vis-à-vis de la CLA ;
- Réaliser des formulations efficaces pour la lutte contre la CLA ;
- Evaluer l'efficacité des différentes formulations en laboratoire et en milieu réel.

❖ **Matériel et méthodes**

✓ **Période requise**

Ce protocole sera mis en place dès la campagne humide 2021 et se poursuivra toute l'année 2022.

✓ **Structures responsables**

Trois institutions de recherche (INERA, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (LEFA) de l'Université Joseph KI-Zerbo et laboratoire SyNAIE de l'Université Nazi Boni) se chargeront de mener ces essais.

✓ **Régions hôtes de l'étude**

La prospection des larves malades ou momifiées se fera dans les régions du Centre Ouest et du Centre Est par LEFA de l'Université Joseph KI-Zerbo, les régions des Hauts Bassins et des Cascades par l'INERA, les régions du Sud-Ouest et de la Boucle du Mouhoun par le SyNAIE.

✓ **Matériel de laboratoire**

Pour réaliser cette étude, le matériel suivant sera nécessaire : des trousseaux entomologiques ; des boîtes de Pétri en plastique de 8,9 cm de diamètre ; des loupes manuelles ; des loupes stéréoscopiques ; des microscopes ; des cages d'élevage de *S. frugiperda* ; des piluliers ; un enregistreur USB de température et d'humidité ; du para film ; du papier buvard ; de milieu de culture de champignons et de bactéries ; des clés d'identification et un GPS, glacières, etc.

✓ **Méthodes**

Prospection :

Des champs naturellement infestés seront identifiés et prospectés pour la collecte des chenilles mortes et momifiées. Vingt champs seront prospectés par province, soit 440 champs au total.

Les échelles de prospection et de collecte décrites par Prasanna *et al.* (2018) seront utilisées. Il s'agit du modèle « W » pour le stade végétatif moins avancé (initiation du verticille) et du modèle « Echelle » pour le stade végétatif avancé (Figure 1). Suivant ces échelles de prospection, une vingtaine de plantes de maïs sélectionnées au hasard seront minutieusement observées à chaque arrêt. Toute larve morte, momifiée ou malade sera collectée et mise seule

dans un pilulier contenant du papier buvard légèrement humidifié. Des informations relatives à la traçabilité de l'échantillon seront portées sur le pilulier.

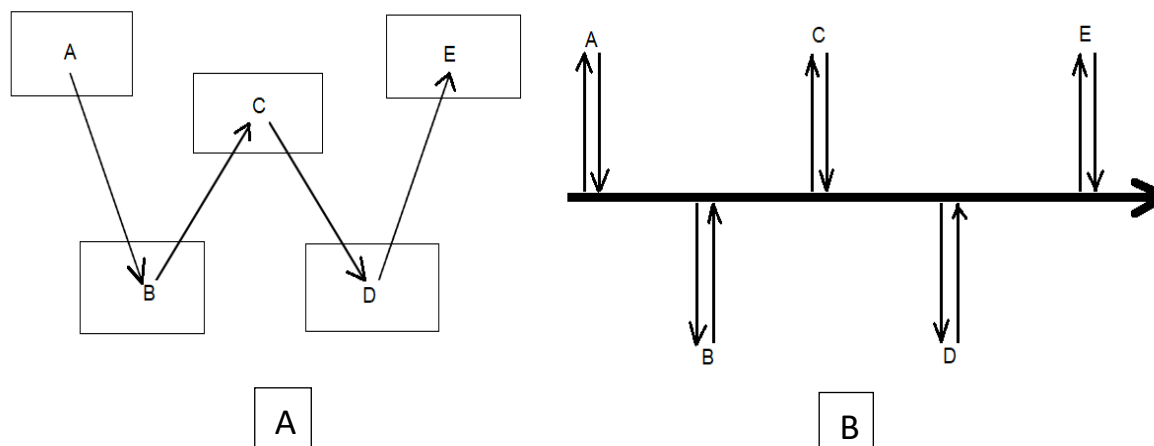


Figure 1 : Echelles de prospection

(A) modèle « W » ; (B) modèle « Echelle » (Prasanna *et al.*, 2018)

Les larves moribondes seront mises en observation au laboratoire.

✓ Incubation des larves mortes ou momifiées

Au laboratoire, les larves momifiées ou mortes seront déposées dans des boîtes de Pétri contenant 25 ml d'un milieu du PDA (39 g de PDA dans 1 litre d'eau distillée, le tout autoclavé à 121°C pendant 30 min puis refroidies au bain mari à 40°C). Ces boîtes seront ensuite incubées à 27°C pendant 10 jours sous une lumière proche UV alternée avec l'obscurité.

✓ Identification des différentes espèces d'entomopathogène

Les différentes espèces fongiques seront isolées séparément dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA comme précédemment et incubées pendant dix jours sous une lumière proche UV alternée avec l'obscurité pour une multiplication conséquente.

Pour ce qui concerne les bactéries, des milieux spécifiques seront identifiés afin de favoriser leur multiplication et leur identification.

Une identification morphologique à l'aide d'un microscope et d'une clé d'indentification sera réalisée.

✓ Test de virulence

Le test de virulence sera réalisé de deux manières : par contact et par ingestion.

Pour le test par contact, des concentrations largement espacées de l'entomopathogène contenant du Triton (surfactant) à 0,2 g/l seront réalisées. Dans chaque concentration, une trentaine de chenilles de chaque stade larvaire sera trempée pendant trois secondes puis nourries avec des feuilles de maïs indemnes de toutes contaminations par des pathogènes. Parallèlement, un traitement témoin constitué de chenille trempée dans de l'eau distillée contenant du Triton à 0,2 g/l sera utilisé pour corriger les mortalités.

En ce qui concerne le test par ingestion, les feuilles de maïs seront trempées dans les différentes concentrations et soumises aux larves pour consommation.

✓ **Paramètres à mesurer**

Un suivi journalier (matin et soir) sera réalisé afin de relever les périodes de mortalités, le nombre de larves mortes, le développement de mycélium extérieur, les caractéristiques du mycélium, le temps mis pour changer de stade, la quantité de feuille consommée, les changements de couleur du ravageur, etc.

Des analyses probits seront réalisées afin de déterminer les concentrations létales.

✓ **Résultats (analyse des données) :**

- Les espèces entomopathogènes ;
- Les concentrations létales ;
- Les caractéristiques du mycélium ;
- Modes d'action de l'entomopathogène.

4.1.9. Evaluation du potentiel de contrôle biologique des ennemis naturels arthropodes indigènes de la CLA

❖ Contexte

Tout comme dans sa zone d'origine, la CLA constitue un sérieux problème à la maïsiculture des pays d'Afrique de l'Ouest notamment le Burkina Faso. Elle menace non seulement la production de maïs mais également déprécie la qualité sanitaire du maïs qui pourrait désormais contenir des résidus de pesticides et des mycotoxines suite à la fragilisation des grains.

Pour réduire, les effets néfastes de ce ravageur, l'utilisation des auxiliaires s'avère nécessaire d'autant plus que des études préliminaires montrent que même si la CLA n'est pas arrivée avec son contingent d'ennemis naturels, les auxiliaires endogènes s'y sont adaptés à elle et pourraient contribuer à anéantir ses dégâts.

Pour ce faire, un inventaire complet des ennemis naturels de la CLA ainsi que la connaissance de leur potentiel de contrôle biologique pourrait contribuer efficacement à la lutte d'autant plus que cette méthode est sans risques apparents pour les acteurs et pour l'environnement. C'est ce qui justifie le présent protocole de recherche.

❖ Objectif général

L'objectif général de cette étude est de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse dans la maïsiculture par la conservation ou l'augmentation dans les champs de maïs d'auxiliaires arthropodes efficaces dans la lutte contre la CLA au Burkina Faso.

Il s'agira de manière spécifique de faire une prospection pour :

- Identifier les ennemis naturels de la CLA ;
- Mesurer leurs fréquences et abondances dans les champs ;
- Vérifier au laboratoire et en milieu réel leur potentiel de lutte contre les différents stades de développement de la CLA ;
- Vérifier les facteurs qui contribuent à leur conservation dans les écosystèmes maïsicoles ;
- Maitriser l'élevage des meilleurs auxiliaires, en vue de réaliser des luttes augmentatives dans les zones où la pression de la CLA est très forte.

Période requise :

Ce protocole sera mis en œuvre durant la campagne humide 2021 et la campagne sèche 2022.

❖ Structure responsable

Trois institutions de recherche (INERA, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (LEFA) de l'Université Joseph KI-Zerbo et laboratoire SyNAIE de l'Université Nazi Boni) se chargeront de mener ces essais.

❖ Régions hôtes de l'étude

La prospection des larves malades ou momifiées se fera dans les régions du Centre Ouest et du Centre Est par LEFA de l'Université Joseph KI-Zerbo, les régions des Hauts Bassins et des Cascades par l'INERA, les régions du Sud-Ouest et de la Boucle du Mouhoun par le SyNAIE.

❖ Matériel

Pour réaliser cette étude, le matériel suivant sera nécessaire : des trousseaux entomologiques ; des boîtes de Pétri en plastique de 8,9 cm de diamètre ; des loupes manuelles ; des loupes stéréoscopiques ; des microscopes ; des cages d'élevage de *S. frugiperda* ; des piluliers ; un enregistreur USB de température et d'humidité ; du para film ; du papier buvard ; de milieux de cultures ; des clés d'identification, un GPS, des glacières, etc.

❖ Méthodes

Prospection :

Des champs naturellement infestés seront identifiés et prospectés. Les échelles de prospection et de collecte décrites par Prasanna *et al.* (2018) seront utilisées. Il s'agit du modèle « W » pour le stade végétatif moins avancé (initiation du verticille) et du modèle « Echelle » pour le stade végétatif avancé (Figure 1). Suivant ces échelles de prospection, 20 plantes de maïs sélectionnées au hasard seront minutieusement observées à chaque arrêt. Les chenilles (vivantes ou mortes) ainsi que les autres insectes se trouvant sur ces plantes seront collectés et ramenés au laboratoire. Des informations sur la traçabilité de l'échantillon seront portées sur le pilulier. Aussi, le stade de développement du maïs, le nombre de chenilles (vivantes ou mortes) et le nombre des autres insectes seront notés.

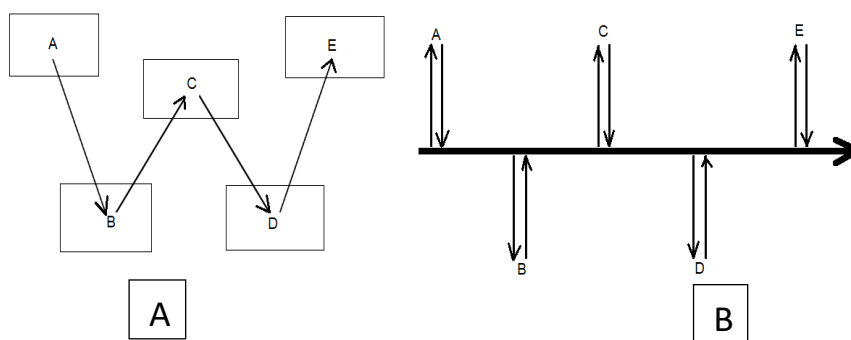


Figure 1 : Echelles de prospection

(A) modèle « W » ; (B) modèle « Echelle » (Prasanna *et al.*, 2018)

❖ Identification des ennemis naturels

Les insectes collectés seront mis individuellement dans des boîtes de Pétri et exposés à des œufs et à des chenilles de différents stades de développement de la CLA. Ensuite, les boîtes de Pétri seront scellées avec du parafilm pour empêcher la sortie des différents insectes. Ceux qui attaquent ou consomment au moins l'un des stades de développement de la CLA seront considérés comme ennemis naturels de la CLA. Pour chaque ennemi naturel ainsi identifié, les stades de développement de la chenille légionnaire d'automne qu'il prédate ou parasite seront déterminés. Les chenilles vivantes de *S. frugiperda* collectées au champ seront suivies pour vérifier l'émergence éventuelle de parasites ou parasitoïdes. Pour cela, elles seront transférées individuellement dans des boîtes de Pétri et nourries avec des feuilles de maïs jusqu'à ce qu'elles meurent ou se chrysalident.

❖ Potentiel biologique des ennemis naturels de la CLA

La capacité de prédation, et le parasitisme seront mesurés pour chaque ennemi naturel. Pour les prédateurs, il s'agira de vérifier, le nombre d'œufs, d'individus de chaque stade larvaire, de chrysalides de la CLA qu'ils prédatent par jour.

Pour les parasites et parasitoïdes, il s'agira de mesurer leurs niveaux de prolificité s'ils utilisent la CLA comme support de reproduction ou de survie.

4.1.10. Evaluation de l'efficacité des biopesticides d'origine végétale dans la protection du maïs contre *Spodoptera frugiperda* (protocole d'essai 2021)

❖ OBJECTIF :

Evaluer l'efficacité de **biopesticides d'origine végétale** pour la protection des plantes de maïs contre la chenille légionnaire *Spodoptera frugiperda*

❖ LIEU D'ETUDE ET TRAVAUX CULTURAUX

- * Zone ouest (Station de Farako-Bâ, ou/et vallée du Kou) ; Centre Est et Boucle du Mouhoun, Centre ouest (Saria)
- * Labour suivi de pulvérisage ;
- * Planage de la superficie à emblaver ;
- * Démariage à deux plantes par poquet deux semaines après semis ;
- * Apport de NPK à raison de 200 Kg/ha deux semaines après semis ;
- * 30 JAS premier apport d'urée 100 Kg/ha ;
- * 45 JAS second apport d'urée 50 Kg/ha.

❖ MATERIEL ET METHODES

a. Matériel végétal

Variété de maïs adaptée à la zone.

b. Produits chimiques utilisés

- Biopesticides testés : Super faso E ; Insectisain ; Super faso N ; PIOL,...

Les traitements vont variés en fonction des localités

*** Traitement des semences**

Les semences doivent être traitées avec un insecticide-fongicide.

*** Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental utilisé est un Bloc Fisher à cinq répétitions et cinq traitements :

T0 : Témoin sans aucun traitement ;

T1 : Traitement des plantes de maïs avec un biopesticide de référence (Huile de neem/ insecticides formulé avec le neem);

T2 : Traitement des plantes de maïs avec Super faso E/

T3 : Traitement des plantes de maïs avec insectisain

T4 : Traitement des plantes de maïs avec Super FasoN.

La parcelle élémentaire (PE) comporte 8 lignes dont 2 de bordure. L'écartement entre les poquets est de 0,40 m et de 0,80 m entre les lignes. La longueur d'une ligne est de 7,2 m et la largeur de la parcelle est de 4,4 m. Une distance de 2 m sépare les parcelles élémentaires.

Superficie d'une PE : $7,2\text{m} \times 4,4\text{m} = 31,6 \text{ m}^2$.

L'essai comporte cinq répétitions et par répétition on a cinq parcelles élémentaires soit au total 25 parcelles élémentaires. Une distance de 2 m sépare les répétitions.

La superficie totale de l'essai : $[(7,2\text{m} \times 5) + (2\text{m} \times 4)] \times [(4,4\text{m} \times 5) + (2\text{m} \times 4)] = 1320 \text{ m}^2$

d. Observations et opérations entomologiques

1. Semer le maïs sur la parcelle aménagée et irriguée ;
2. Au démariage, laisser 2 plantes / poquet ;
3. Les plantes sont ensuite observées et notées deux fois /semaine suivre leur évolution ;
4. Entre 05 et 07 JAS, on procède à la recherche des œufs et /ou larves de *Spodoptera frugiperda*. Cette recherche se fait une fois / semaine.
 - 4.1. Compter le nombre de plants de maïs infestés par PE et marquer les plants infestés avec un fil de laine, le comptage des plants infestés se fait une fois par semaine.
 - 4.2 Noter le stade des plants de maïs à chaque intervention.
6. Les recherches des œufs et/ou larves de *Spodoptera frugiperda* se font ensuite une fois par semaine ;
7. Si les œufs sont présents, on procède aux traitements suivant les doses et périodes retenues ;
8. 72 heures après le traitement, on procède à l'observation des plantes de maïs pour noter l'état des larves de *Spodoptera frugiperda* ; Un second traitement est répété une semaine après le premier traitement si il y a la présence de nouvelles pontes ou larves ;
9. A chaque observation, le stade végétatif du maïs est notée et les symptômes de phytotoxicité sont décrits et notés (rabougrissement, chlorose, déformation, etc.)

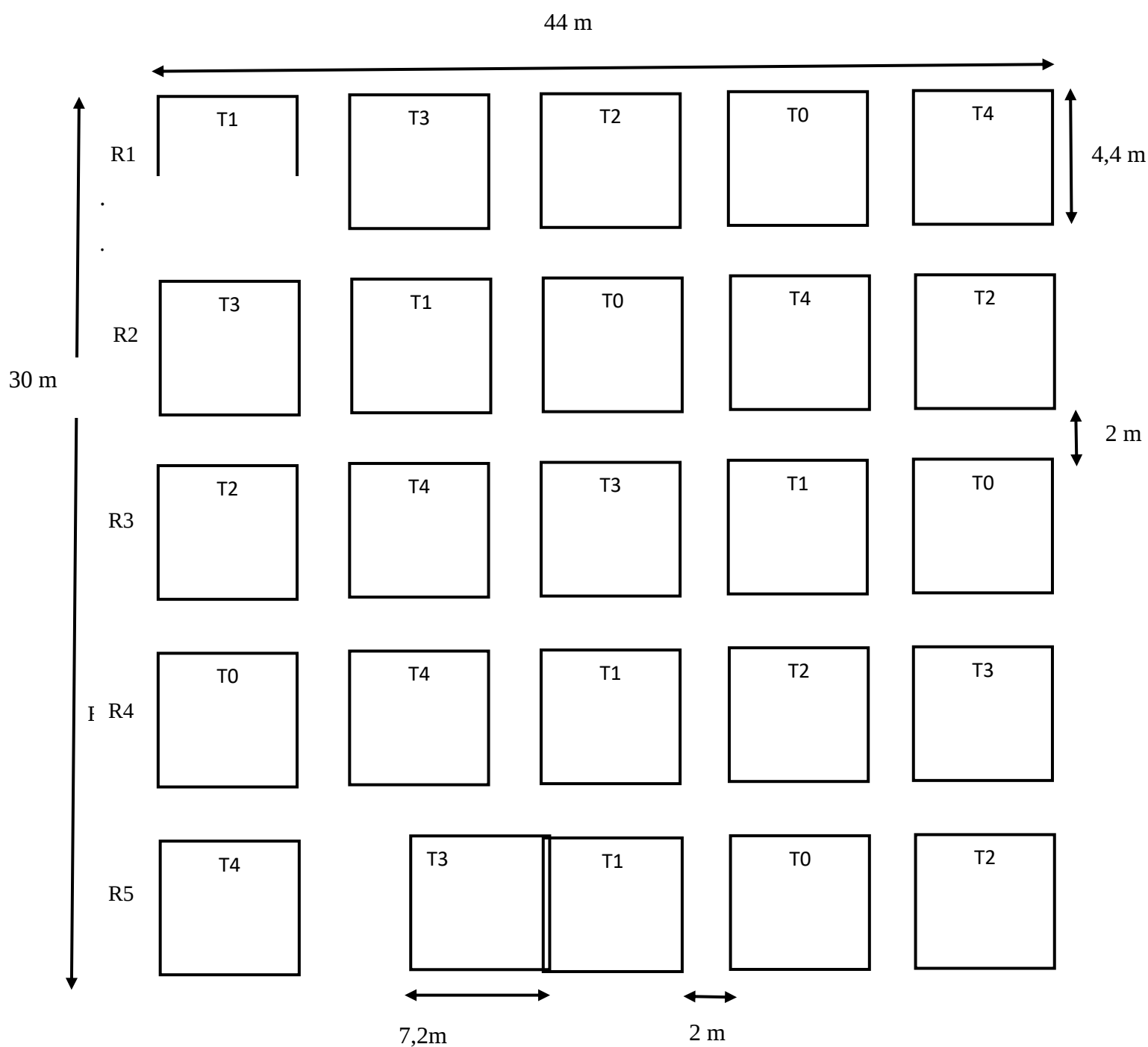
10. La présence des larves est recherchée sur les organes de reproduction mâle et femelle

11. Les épis attaqués et non attaqués sont dénombrés et à la récolte, les lignes centrales de chaque traitement sont récoltées pour évaluer le rendement épis et le rendement grain.

e. Analyses statistiques

Les analyses statistiques seront effectuées à l'aide d'un logiciel XLSTAT version 2019.

PLAN DE L'ESSAI (BLOC FISHER)



4.1.11. Efficacité des biopesticides d'origine non végétale dans la protection du maïs contre *Spodoptera frugiperda* (Protocole d'essai 2021)

❖ OBJECTIF

Evaluer l'efficacité des biopesticide d'origine non végétale pour la protection des plants de maïs contre la chenille légionnaire *Spodoptera frugiperda*

❖ Lieu d'étude et travaux culturaux

- * Zone ouest (Station de Farako-Bâ, et/ou vallée du Kou); Centre Est ; Boucle du Mouhoun
- * Labour suivi de pulvérisage;
- * Planage de la superficie à emblaver ;
- * Démariage à deux plantes par poquet deux semaines après semis ;
- * Apport de NPK à raison de 200 Kg/ha deux semaines après semis ;
- * 30 JAS premier apport d'urée 100 Kg/ha ;
- * 45 JAS second apport d'urée 50 Kg/ha.

❖ MATERIEL ET METHODES

a. Matériel végétal

La variété de maïs FBC6.

b. Produits chimiques utilisés

Biopesticides testés : **Spinotram 120g/l ; Bt ; baculovirus, spinosad**

*** Traitement des semences**

- * Les semences doivent être traitées avec un insecticide-fongicide.
- * Traitements foliaires à partir du 15^{ème} JAS.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un Bloc de Fisher à cinq répétitions et cinq traitements :

T0 : Témoin sans aucun traitement ;

T1 : Traitement des plantes de maïs avec émamectine benzoate ou méthomyl (insecticide chimique) à la dose de 1l/ha ;

T2 : Traitement des plantes de maïs avec **Spinotram 120g/l** à la dose recommandée ;

T3 : Traitement des plantes de maïs avec un insecticide à base de Bt à la dose recommandée ;

T4 : Traitement des plantes de maïs avec baculovirus à la dose recommandée ;

T5 : Traitement des plantes de maïs avec Spinosad à la dose recommandée

La parcelle élémentaire (PE) comporte 8 lignes dont 2 de bordure. L'écartement entre les poquets est de 0,40 m et de 0,80 m entre les lignes. La longueur d'une ligne est de 4,4 m et la largeur de la parcelle est de 5,6 m. Une distance de 2 m sépare les parcelles élémentaires.

Superficie d'une PE : $5,6\text{m} \times 4,4\text{m} = 26 \text{ m}^2$.

L'essai comporte cinq répétitions et par répétition on a cinq parcelles élémentaires soit au total 25 parcelles élémentaires. Une distance de 2 m sépare les répétitions.

La superficie totale de l'essai est de : $[(4,4\text{m} \times 5) + (2\text{m} \times 4)] \times [(5,6\text{m} \times 6) + (2\text{m} \times 5)] = 1308 \text{ m}^2$.

d. Observations et opérations entomologiques

1. Semer le maïs sur la parcelle aménagée et irriguée ;

2. Au démariage, laisser 2 plantes / poquet ;

3. Les plantes sont ensuite observées deux fois /semaine suivre leur évolution ;

4. Les plantes de maïs infestées sont observées et notées ;

5. Entre 05 et 07 JAS, on procède à la recherche des œufs et /ou larves de *Spodoptera frugiperda*. Cette recherche se fait une fois / semaine.

5.1. Compter le nombre de plants de maïs infestés par PE et marquer les plants infestés avec un fil de laine, le comptage des plants infestés se fait une fois par semaine

5.2 Noter le stade des plantes

6. Les recherche des œufs et/ou larves de *Spodoptera frugiperda* se font ensuite une fois par semaine ;

7. Si présence des œufs est détectée, larves ou signes de présence des larves, on procède aux traitements suivant les doses retenues ;

8. 72 heures après le traitement, on procède à l'observation des plantes de maïs pour dénombrer les larves vivantes de *Spodoptera frugiperda* par PE (suivre 15 plantes par PE) ;

8.1. Un second traitement est répété une semaine après le premier traitement si présence de nouvelles pontes ou larves est notée ;

8.2. Choisir 5 plants attaquée par PE et disséquer pour suivre l'évolution de la larve

9. A chaque observation, le stade végétatif du maïs est noté ;

10. Le nombre d'organes florifères attaqués est noté ;

11. Les épis perforés et non perforés sont dénombrés par PE ;

12. A la récolte, les lignes centrales de chaque traitement sont récoltées pour évaluer le rendement épis et rendement grain.

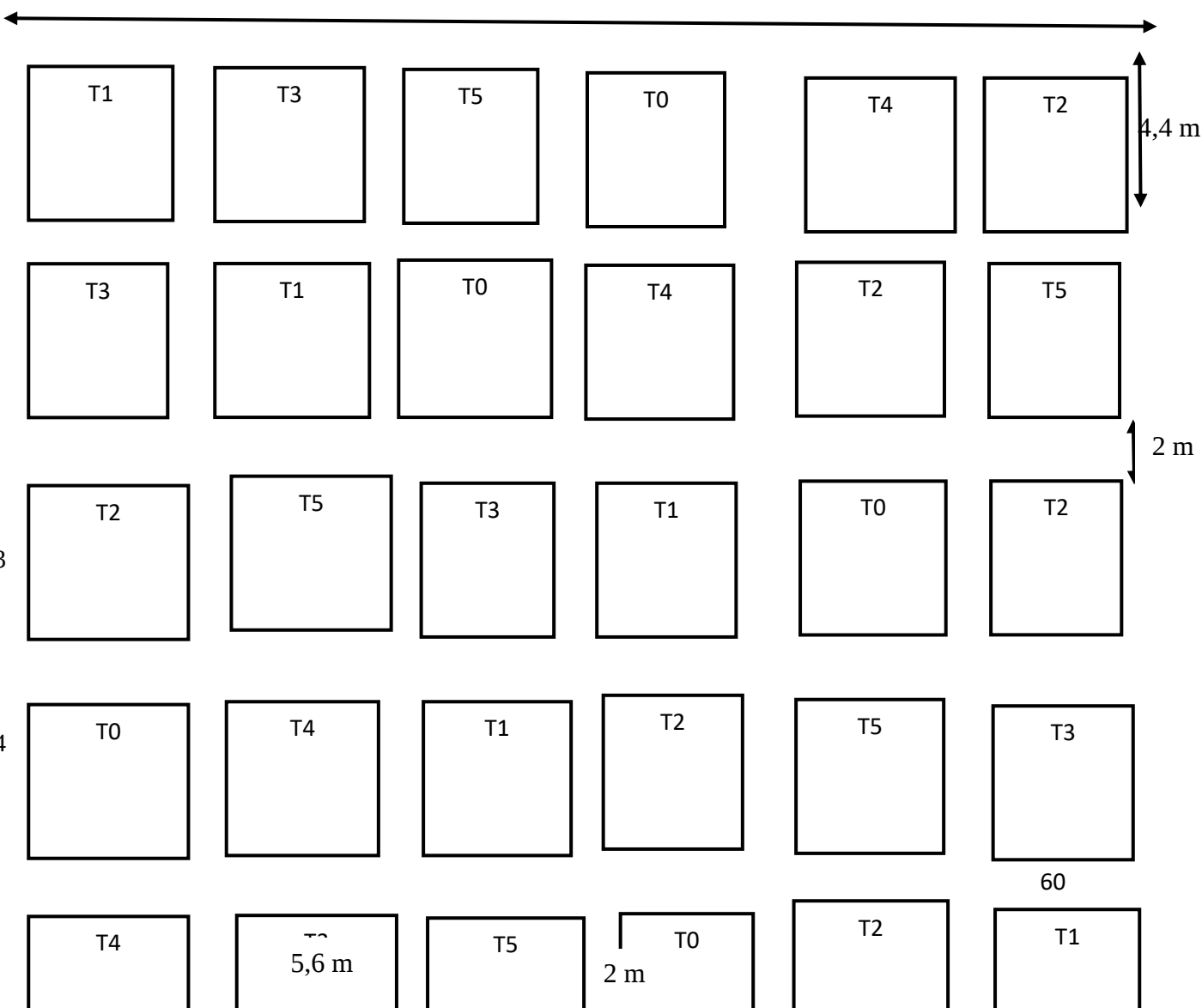
e. Analyses statistiques

Les analyses statistiques seront effectuées à l'aide du logiciel XLSTAT version 2019.

PLAN DE L'ESSAI (BLOC FISHER)

R1

43,6 m



4.2. Mise en place de plateformes de démonstration sur le terrain

4.2.1. Plan de mise en place des plateformes de démonstration et des CEP

Les plateformes de démonstration seront implantées en plein champ sur des terrains adaptés à la culture du maïs. Les agents d'encadrement et les producteurs démonstrateurs choisiront ensemble les sites. Les parcelles de démonstration (PD) seront mises en place dans les communes au niveau des provinces des six régions d'intervention (Boucle du Mouhoun ; Cascades, Centre-Est, Centre-Ouest, Hauts-Bassins, Sud-Ouest). Le nombre de parcelles sera fonction des technologies.

Les champs-écoles des producteurs (CEP), viendront en appui aux parcelles de démonstration. Ce sont des fora d'échange d'expériences et de connaissances où un groupe de producteurs partageant les mêmes difficultés, dont le nombre est compris entre 25 et 30, accompagné par un facilitateur, recherche, discute et prend des décisions par rapport à la gestion du champ commun en se fondant sur la situation réelle de celui-ci. Ces derniers serviront de relai aux autres producteurs au niveau des villages, des communes et des provinces.

Des « journées au champ » ou visites commentées seront organisées aussi bien au niveau des PD que des CEP. Ces visites serviront de cadres d'échanges d'une part, entre les producteurs eux-mêmes et d'autre part, entre producteurs et agents d'encadrement et le grand public de façon générale.

4.2.2. Protocoles de mise en place des démonstrations

Les protocoles de démonstration porteront sur les technologies ci-dessous décrites.

4.2.2.1. Effet de la fertilisation organo-minérale sur l'incidence de la CLA

Justification

La fertilisation organo-minérale est l'apport combiné d'engrais organiques et d'engrais minéraux pour augmenter leur valeur fertilisante (Abga, 2013; Ndiaye *et al.*, 2019). Elle est nécessaire dans le maintien et l'accroissement de la fertilité des sols et des rendements (Ouedraogo et Hien, 2015). Une bonne fertilisation augmente la vigueur des plantes et améliore leur défense contre les ravageurs. Compte tenu des effets limités des fumures organiques et minérales prises séparément, il est mieux indiqué de procéder à leur combinaison en vue d'accroître durablement la production agricole (Zeinabou *et al.*, 2014).

Objectif

L'objectif de cette démonstration est de montrer l'effet de la fumure organo-minérale sur l'incidence de *Spodoptera frugiperda*.

Période requise

Durant toute la campagne agricole humide (juin à octobre) et sèche (janvier à mai).

Sites proposés

Cette technologie sera mise en place dans six régions du Burkina Faso : Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre Ouest, Boucle du Mouhoun, Centre Est.

Chaque site retenu doit être accessible et visible.

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal** : semences de maïs adaptées à la zone.
- **Fumure organo-minérale** :
Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apportée en deux fractions à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis (JAS) et 50kg/ha au 45^{ème} JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.
- **Autres matériels**
Le reste du matériel est constitué d'un insecticide de synthèse, d'outils de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

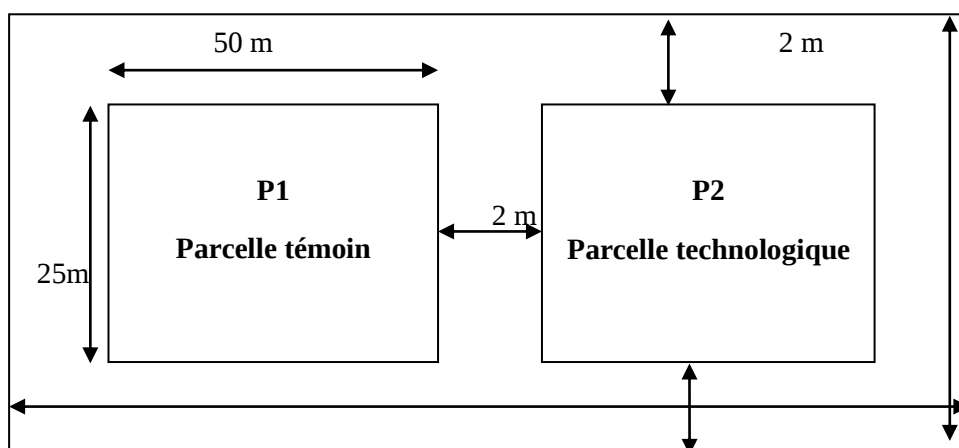
La démonstration sera implantée par l'agent d'appui conseil agricole en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs. L'agent et le producteur choisiront ensemble le site.

Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 2 m (PD et témoin).

Les opérations par parcelle sont:

- Parcelle témoin : labour + fumure minérale (NPK, Urée).
- Parcelle technologique : fumure organique, labour, fumure minérale (NPK, Urée) (cf. dispositif ci-dessous).

Dispositif :



Evaluation de la démonstration

➤ Collecte de données :

- Choix aléatoire de 20 plants suivant un schéma « X » (diagonales) ;
- Nombre de plantes attaquées par ligne dans chacun des deux traitements pour calculer l'incidence de la CLA ;
- Le nombre d'épis perforés ;
- Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.

➤ Paramètres à mesurer :

- L'incidence de la chenille légionnaire d'automne dans chacune des parcelles ;
- La sévérité de l'infestation (degré de dégâts) ;
- L'évaluation des rendements dans chacune des deux parcelles.

➤ Résultats (analyse des données) :

- Comparer le taux d'infestation dans chacun des deux traitements ;
- Comparer le rendement du maïs ;
- Comparer les marges brutes.

4.2.2.2. Effet de l'huile/extrait aqueux de neem sur l'incidence de la chenille légionnaire d'automne

Justification

Les biopesticides d'origine végétale les plus utilisés sont l'huile et l'extrait aqueux des graines de neem. Ils contiennent plusieurs molécules actives dont la principale est l'azadirachtine et possèdent des propriétés larvicides. L'huile de neem par exemple provoque

une mortalité en laboratoire allant jusqu'à 80% des larves de *Spodoptera frugiperda* (Tavares *et al.*, 2010).

Aussi, ces biopesticides présentent une faible toxicité chronique ou subchronique et généralement une faible toxicité aiguë pour l'homme (Boeke *et al.*, 2004). Des études portant sur le rapport coût-avantages ont montré que l'extrait de neem « fait maison » pouvait être intéressant pour les cultures telles que le riz, le blé (Dougoud *et al.*, 2019). Ces biopesticides sont dégradables, respectueux de l'environnement, moins nocifs pour les producteurs et les consommateurs, et souvent sans danger pour les ennemis naturels des insectes ravageurs. En plus, compte tenu de la disponibilité du neem dans les écosystèmes agricoles ou naturels, ces pesticides botaniques pourraient être facilement préparés par les petits producteurs agricoles.

Objectifs :

L'objectif global est de promouvoir l'utilisation des extraits de neem dans la lutte contre la CLA.

Période requise :

Durant la campagne agricole humide (juin à octobre) et sèche (janvier à mai).

Sites proposés

Cette technologie sera mise en place dans six régions du Burkina Faso : Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre Ouest, Boucle du Mouhoun, Centre Est.

Chaque site retenu doit être accessible et visible.

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal** : Semence de maïs adaptée à la zone, grains et huile de neem.
- **Fumure organo-minérale** : Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apportée en deux fractions à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis et 50kg/ha au 45^{ème} JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.
- **Autres matériels** : Le reste du matériel est constitué d'un insecticide de synthèse, d'outils de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

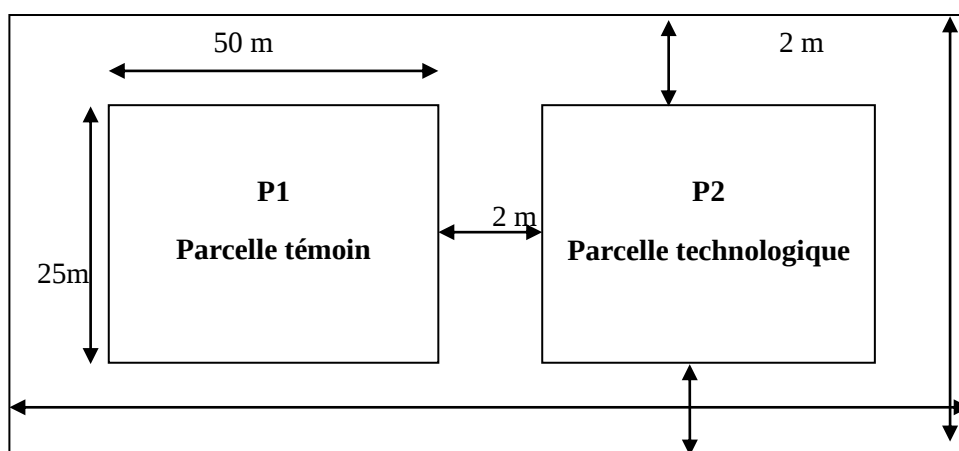
La démonstration sera implantée par l'agent en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs. L'agent et le producteur choisiront ensemble le site.

Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 2 m (PD et témoin).

Les opérations par parcelle :

- Parcelle témoin : fumure organique + labour + fumure minérale + traitement insecticide ;
- Parcelle technologique : fumure organique, labour, fumure minérale + extrait de neem (cf. dispositif ci-dessous).

Dispositif :



Evaluation de la démonstration

- **Collecte de données :**
 - Choix aléatoire de 20 plants suivant un schéma « X » (diagonales) ;
 - Nombre de plantes attaquées par ligne dans chacun des deux traitements pour calculer l'incidence de la CLA ;
 - Le nombre d'épis perforés ;
 - Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.
- **Paramètres à mesurer :**
 - L'incidence de la chenille légionnaire d'automne dans chacune des parcelles ;
 - La sévérité de l'infestation (degré de dégâts) ;
 - L'évaluation des rendements dans chacune des deux parcelles.
- **Résultats (analyse des données) :**
 - Comparer le taux d'infestation dans chacun des deux traitements ;
 - Comparer le rendement du maïs ;

- Comparer les marges brutes.

4.2.2.3. Démonstration de l'efficacité de la lutte biologique augmentative par des lâchers de *Telenomus remus* (en 2022)

Justification

La lutte biologique augmentative par l'utilisation de *Telenomus remus* consiste en des lâchers répétés de ces ennemis naturels déjà présents dans la zone. Ces parasitoïdes des œufs ont déjà fait l'objet de nombreuses études et sont parfois utilisés sur le continent américain (Figueiredo, Lucia, & Cruz, 2002; Salazar-Mendoza, Rodriguez-Saona, & Fernandes, 2020). La présence de *T. remus* a été signalée en Afrique dans au moins six pays (Bénin, Niger, Côte d'Ivoire, Ghana, Kenya, Afrique du Sud) et offre une excellente opportunité de démontrer que les méthodes de lutte biologique augmentative sont efficaces contre la CLA (Kenis *et al.*, 2019; Agboyi *et al.*, 2020). *Telenomus remus* dans les champs de maïs peut entraîner un parasitisme de 80 à 100% permettant un contrôle total de *S. frugiperda* (Gutiérrez-Martínez, Tolon-Becerra, & Lastra-Bravo, 2012).

Objectif

L'objectif global est de promouvoir l'utilisation du parasitoïde *Telenomus remus* dans la lutte contre la CLA.

Période requise :

Pendant toute la période humide (juin à octobre).

Sites proposés

Cette technologie sera mise en place dans six régions du Burkina Faso : Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre Ouest, Boucle du Mouhoun, Centre Est.

Le site retenu doit être accessible et visible.

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal :** Semence de maïs adaptée à la zone.
- **Matériel animal :** Œufs de *S. frugiperda* déjà parasités par *Telenomus remus*.
- **Fumure organo-minérale :** Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apporté en deux fractions à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis et 50kg/ha au 45ème JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.

- **Autres matériels :** Le reste du matériel est constitué de petits sacs, d'outils de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

La démonstration sera implantée par l'agent d'agriculture en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs. L'agent et le producteur choisiront ensemble le site.

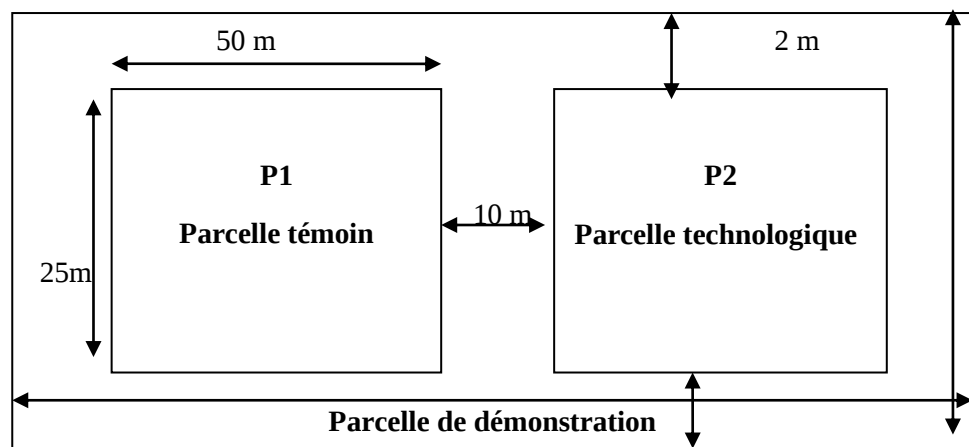
Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 10 m (PD et témoin).

Les opérations par parcelle :

Parcelle témoin : aucun lâcher ne sera réalisé sur la parcelle témoin.

Parcelle technologique (à définir en fonction des résultats de l'évaluation de la technologie):

Dispositif :



Evaluation de la démonstration

➤ Collecte de données :

- Choix aléatoire de 20 plants suivant un schéma « X » (diagonales) ;
- Nombre de plantes attaquées par ligne dans chacun des deux traitements pour calculer l'incidence de la CLA ;
- Nombre des œufs parasités par *Telenomus remus* ;
- Le nombre d'épis perforés ;
- Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.

➤ Paramètres à mesurer :

- Nombre d'œufs parasités par le parasitoïde *Telenomus remus* ;

- L'incidence de la Chenille légionnaire d'automne dans chacune des parcelles ;
- Nombre de plantes attaquées sur les lignées identifiées à cet effet ;
- L'évaluation des rendements dans chacune des deux parcelles.

Résultats (analyse des données) :

- Comparer le taux de parasitisme dans les 02 parcelles ;
- Comparer le taux d'infestation dans chacun des deux traitements ;
- Comparer le rendement du maïs ;
- Comparer les marges brutes.

4.2.2.4. Utilisation de biopesticides à base de Bt

Justification

Les biopesticides microbiens à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), peuvent agir efficacement contre la CLA (Bateman *et al.*, 2020; Rioba & Stevenson, 2020; Jepson *et al.*, 2020). Ces biopesticides s'attaquent spécifiquement à la cible, avec une persistance relativement faible dans l'environnement. Les cristaux synthétisés par les bactéries sont constitués de protoxines qui une fois ingérées par l'insecte sont transformées en toxines polypeptidiques qui causent des lésions au niveau de l'intestin et une paralysie du tube digestif. Cela entraîne un arrêt immédiat de l'activité alimentaire et la mort de l'insecte entre 24 et 48 heures.

Ces propriétés rendent ce type de biopesticide particulièrement intéressant dans le contexte de la gestion durable de la CLA, lorsqu'il est disponible et abordable pour les agriculteurs.

Des biopesticides commerciaux à base de Bt sont disponibles au Burkina Faso. Il convient de mettre l'accent sur l'éducation des utilisateurs concernant l'application et leurs modes d'action afin d'en améliorer l'efficacité et de faire en sorte que les agriculteurs aient des attentes réalistes (Constantine *et al.*, 2020).

Objectifs :

L'objectif global est de promouvoir l'utilisation des biopesticides à base de Bt dans la lutte contre la CLA.

Période requise :

Durant toute la campagne agricole humide (juin à octobre) et sèche (janvier à mai).

Sites proposés

Cette technologie sera mise en place dans les six régions du Burkina Faso : Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre Ouest, Boucle du Mouhoun, Centre Est.

Chaque site retenu doit être accessible et visible.

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal** : Semence de maïs adaptée à la zone.
- **Fumure organo-minérale** : Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apporté en deux fractions à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis et 50kg/ha au 45ème JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.

- **Autres matériels :** Le reste du matériel est constitué de biopesticide à base de Bt, d'outil de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

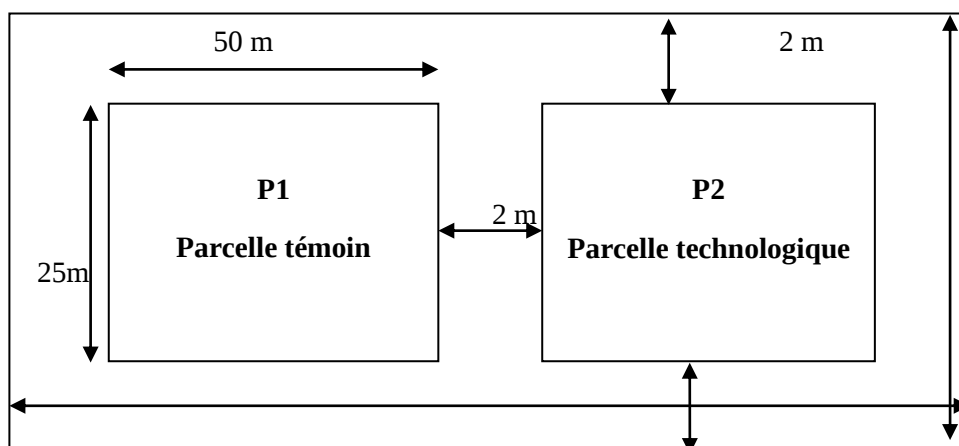
La démonstration sera implantée par l'agent en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs. L'agent et le producteur choisiront ensemble le site.

Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 2 m (**PD et témoin**).

Les opérations par parcelle :

- Parcelle témoin : fumure organique + labour + fumure minérale + pesticide de synthèse
- Parcelle technologique : fumure organique, labour, fumure minérale + pesticides Bt

❖ Dispositif d'implantation



Evaluation de la démonstration

➤ Collecte de données :

- Choix aléatoire de 20 plants suivant un schéma « X » (diagonales) ;
- Nombre de plantes attaquées par ligne dans chacun des deux traitements pour calculer l'incidence de la CLA ;
- Le nombre d'épis perforés ;
- Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.

➤ Paramètres à mesurer :

- L'incidence de la chenille légionnaire d'automne dans chacune des parcelles ;
- Nombre de plantes attaquées sur les lignées identifiées à cet effet ;

- L'évaluation des rendements dans chacune des deux parcelles.

➤ **Résultats (analyse des données) :**

- Comparer le taux d'infestation dans chacun des deux traitements ;
- Comparer le rendement du maïs ;
- Comparer les marges brutes.

4.2.2.5. Utilisation des extraits de *Hyptis suaveolens*

Justification

Dans le cadre de la mise en œuvre du projet TCP/3606/FAO, les producteurs formés à travers les champs écoles des producteurs ont mis en évidence l'efficacité des extraits aqueux de *Hyptis suaveolens* dans la lutte contre la CLA.

Même s'il existe très peu d'études scientifiques sur l'effet insecticide et/ou répulsif des extraits de cette plante dans la lutte contre la CLA, il importe de noter que des études ont montré que les extraits de *Hyptis suaveolens* présentent des effets répulsifs contre les moustiques (Abagli & Alavo, 2011). Cette plante est utilisée dans la conservation des denrées stockées comme fumigant contre *Tribolium castaneum* (Jaya *et al.*, 2014).

En plus, compte tenu de la disponibilité de *H. suaveolens* dans les écosystèmes agricoles des grandes zones de production de maïs au Burkina Faso, les extraits aqueux à base de ses feuilles pourraient être facilement préparés par les petits producteurs agricoles pour faire face à la CLA.

Objectifs :

L'objectif global est de promouvoir l'utilisation des extraits de *H. suaveolens* dans la lutte contre la CLA.

Période requise :

Durant la campagne agricole humide (juin à octobre) et sèche (janvier à mai).

Sites proposés

Cette technologie sera mise en place dans six régions du Burkina Faso : Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre Ouest, Boucle du Mouhoun, Centre Est.

Chaque site retenu doit être accessible et visible.

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal :** Semence de maïs adaptée à la zone, feuilles de *H. suaveolens*.

- **Fumure organo-minérale** : Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apporté en deux fractions à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis et 50kg/ha au 45ème JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.
- **Autres matériels** : Le reste du matériel est constitué d'un insecticide de synthèse, d'outils de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

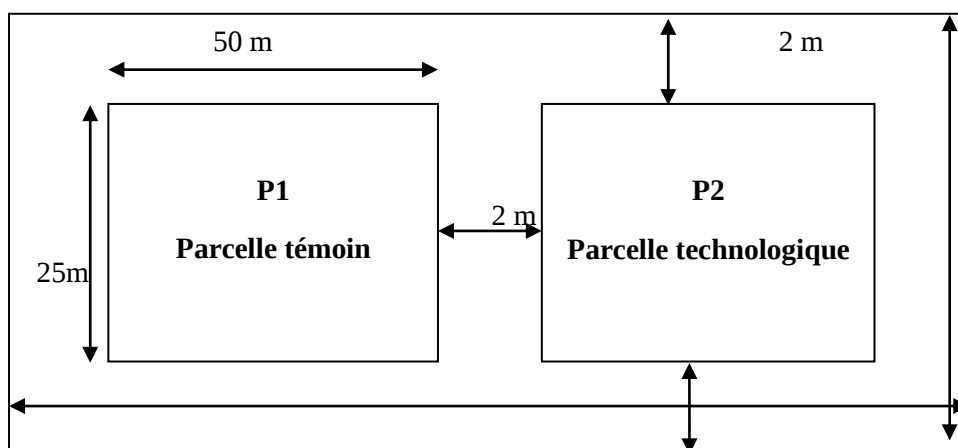
La démonstration sera implantée en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs. Le site sera choisi par l'agent d'agriculture de concert avec le producteur démonstrateur.

Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 2 m (PD et témoin).

Les opérations par parcelle :

- Parcelle témoin : fumure organique + labour + fumure minérale + traitement insecticide ;
- Parcelle technologique : fumure organique, labour, fumure minérale + extrait de *H. Suaveolens* (cf. dispositif ci-dessous).

❖ Dispositif d'implantation



Evaluation de la démonstration

- **Collecte de données** :
 - Identifier et marquer cinq points d'échantillonnage aléatoire par parcelle ;

- Sélectionner 50 à 100 plants de façon aléatoire par parcelle (soit 10 à 20 plants/point d'échantillonnage) en utilisant le schéma X, pour une prospection régulière du champ et l'évaluation de l'infestation de la CLA/développement de la population d'ennemis naturels ;
- Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.
 - **Paramètres à mesurer :**
 - L'incidence de la chenille légionnaire d'automne dans chacune des parcelles ;
 - Nombre de plantes attaquées sur les lignes identifiées à cet effet ;
 - L'évaluation des rendements dans chacune des deux parcelles.
 - **Résultats (analyse des données) :**
 - Comparer le taux d'infestation dans chacune des deux parcelles ;
 - Comparer le rendement du maïs ;
 - Comparer les marges brutes.

4.2.2.6. Effet de l'association culturale maïs-manioc sur la chenille légionnaire d'automne

Justification

Les systèmes de monoculture du maïs offrent des environnements propices aux ravageurs, dont la chenille légionnaire d'automne. Dans un système de monoculture du maïs, les femelles adultes peuvent optimiser la ponte des œufs à travers les composés volatils émis par les plantes de maïs (Sauvion *et al.*, 2013). En plus, un tel environnement peut favoriser le déplacement des larves, plante par plante, entre les lignes et les rangées (Goldstein, Mason, & Pesek, 2010; Rharrabe, Jacqui-Joly, & Marion-Poll, 2014). La pratique d'association culturale peut réduire la ponte en confondant la femelle mais aussi réduire le déplacement des larves dans une exploitation.

En outre, l'association culturale entre le maïs et le manioc peut permettre de réduire les pontes des femelles et limiter les déplacements par conséquent, atténuer l'incidence de l'insecte ravageur par rapport à une exploitation en système de monoculture.

Objectifs

L'objectif de cette technologie est de comparer :

- L'incidence de la CLA dans les deux pratiques (association maïs-manioc et maïs seul) ;

- La productivité du maïs en association à celle en monoculture.

Période requise

Durant toute la saison agricole humide (juin à octobre) et sèche (janvier à mai).

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal** : Semences de maïs adaptée à la zone et boutures de manioc.
- **Fumure organo-minérale** : Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apportée en deux fractions à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis et 50kg/ha au 45^{ème} JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.
- **Autres matériels** : Le reste du matériel est constitué d'un insecticide de synthèse, d'outils de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

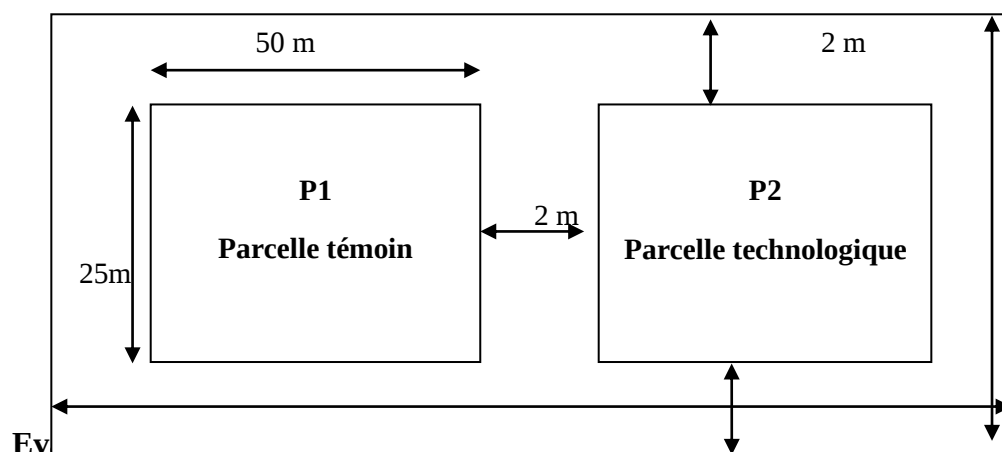
La démonstration sera implantée par l'agent en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs et du manioc. Le manioc sera implanté dans le champ une année avant les semis du maïs. L'agent et le producteur choisiront ensemble le site.

Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 2 m (**PD et témoin**).

Les opérations par parcelle :

- Parcelle témoin : fumure organique + labour + fumure minérale + maïs seul + pesticide de synthèse.
- Parcelle technologique : fumure organique + labour + fumure minérale + association maïs-manioc.

❖ Dispositif d'implantation



➤ **Collecte de données :**

- Choix aléatoire de 20 plants suivant un schéma « X » (diagonales) ;
- Nombre de plantes attaquées par ligne dans chacun des deux traitements pour calculer l'incidence de la CLA ;
- Le nombre d'épis perforés ;
- Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.

➤ **Paramètres à mesurer :**

- Nombre de plants infestés ;
- Présence ou absence d'ennemis naturels (dans le maïs ou la culture intercalaire);
- Évaluation des rendements des 2 parcelles.

➤ **Résultats (analyse des données) :**

- Comparer l'infestation (ponte et dommages) ou la population de CLA dans les différents traitements ;
- Comparer la population d'ennemis naturels ;
- Comparer le rendement du maïs ;
- Comparer les avantages économiques.

4.2.2.7. Effet de pesticides à base de Baculovirus

Justification

Les pesticides à base de baculovirus ont une excellente efficacité contre la CLA avec une faible toxicité sur l'environnement. Des pesticides formulés sont en cours d'homologation au Burkina Faso contre les chenilles légionnaires à base de baculovirus.

Objectifs

L'objectif global est de promouvoir l'utilisation des pesticides biologique à faibles effets sur l'environnement dans la lutte contre la CLA.

Période requise :

Durant toute la campagne agricole humide (juin à octobre) et sèche (janvier à mai).

Sites proposés

Cette technologie sera mise en place dans six régions de grande production de maïs au Burkina Faso : Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre Ouest, Boucle du Mouhoun, Centre Est.

Chaque site retenu doit être accessible et visible.

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal** : Semence de maïs adaptée à la zone.
- **Fumure organo-minérale** : Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apporté en deux fraction à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis et 50kg/ha au 45^{ème} JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.
- **Autres matériels** : Le reste du matériel est constitué d'un pesticide à base de baculovirus, d'un insecticide de synthèse, d'outils de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

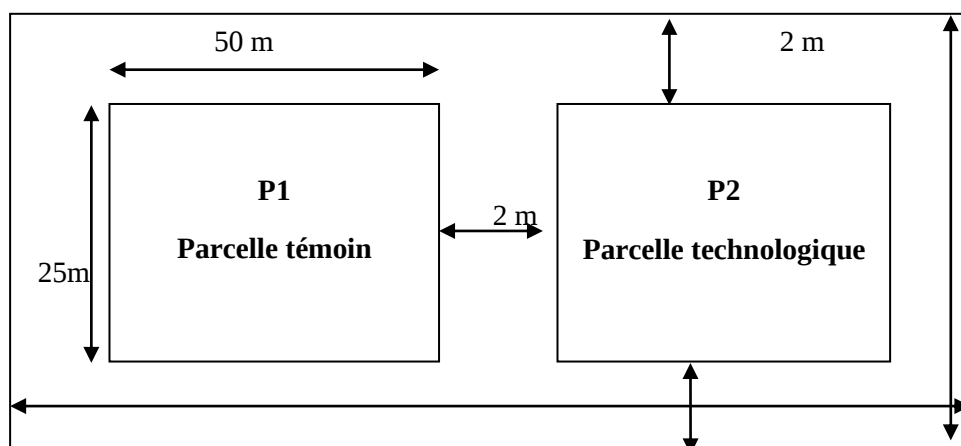
La démonstration sera implantée par l'agent en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs. L'agent et le producteur choisiront ensemble le site.

Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 2 m (**PD et témoin**).

Les opérations par parcelle :

- Parcelle témoin : fumure organique + labour + fumure minérale + pesticide de synthèse
- Parcelle technologique : fumure organique + labour + fumure minérale + pesticide à base de baculovirus.

❖ Dispositif d'implantation



Evaluation de la démonstration

➤ Collecte de données :

- Choix aléatoire de 20 plants suivant un schéma « X » (diagonales) ;
- Nombre de plantes attaquées par ligne dans chacun des deux traitements pour calculer l'incidence de la CLA ;
- Le nombre d'épis perforés ;
- Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.

➤ Paramètres à mesurer :

- L'incidence de la chenille légionnaire d'automne dans chacune des parcelles ;
- Nombre de plantes attaquées sur les lignes identifiées à cet effet ;
- L'évaluation des rendements dans chacune des deux parcelles.

➤ Résultats (analyse des données) :

- Comparer le taux d'infestation dans chacun des deux traitements ;
- Comparer le rendement du maïs ;
- Comparer les marges brutes.

4.2.2.8. Effet de pesticides à base de spinétoram / spinosad

Justification

Les pesticides à base de spinétoram ou spinosad ont une excellente efficacité contre la CLA avec une faible toxicité sur l'environnement. Il existe des pesticides formulés et autorisés au Burkina Faso contre les chenilles carpophages et *Helicoverpa armigera* à base de spinétoram ou spinosad.

Objectifs

L'objectif global est de promouvoir l'utilisation des pesticides bio sur l'environnement dans la lutte contre la CLA.

Période requise :

Durant toute la campagne agricole humide (juin à octobre) et sèche (janvier à mai).

Sites proposés

Cette technologie sera mise en place dans six régions du Burkina Faso : Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre Ouest, Boucle du Mouhoun, Centre Est.

Chaque site retenu doit être accessible et visible.

Matériel et méthodes :

- **Matériel végétal** : Semence de maïs adaptée à la zone.
- **Fumure organo-minérale** : Il s'agit du NPK apporté à la dose de 200 kg/ha et à 14 jours après semis ; l'urée (46% N) apporté en deux fraction à la dose de 100kg/ha au 30^{ème} jour après semis et 50kg/ha au 45^{ème} JAS. La fumure organique sera apportée au labour à la dose de 5T/ha.
- **Autres matériels** : Le reste du matériel est constitué d'un pesticide à base de spinétoram ou de spinosad, d'un insecticide de synthèse, d'outils de préparation du sol et de fiches de collecte de données.

Procédures :

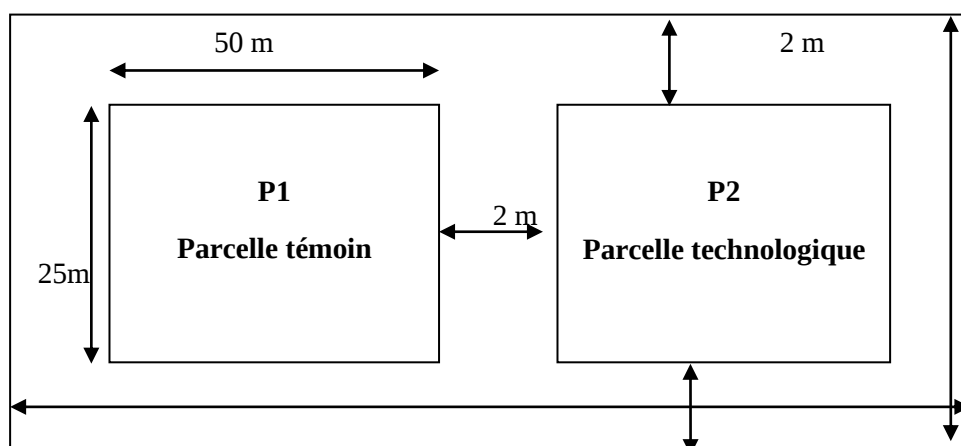
La démonstration sera implantée par l'agent en plein champ sur un sol adapté à la culture du maïs. L'agent et le producteur choisiront ensemble le site.

Le dispositif comprend deux parcelles élémentaires de 1250 m² chacune (soit 50 m x 25 m) séparées entre elles par une allée de 2 m (**PD et témoin**).

Les opérations par parcelle :

- Parcelle témoin : fumure organique + labour + fumure minérale + pesticide de synthèse
- Parcelle technologique : fumure organique + labour + fumure minérale + pesticide à base de spinétoram/spinosad

❖ Dispositif d'implantation



Evaluation de la démonstration

➤ Collecte de données :

- Choix aléatoire de 20 plants suivant un schéma « X » (diagonales) ;
- Nombre de plantes attaquées par ligne dans chacun des deux traitements pour calculer l'incidence de la CLA ;
- Le nombre d'épis perforés ;
- Les données seront collectées une fois par semaine et au besoin.

➤ Paramètres à mesurer :

- L'incidence de la chenille légionnaire d'automne dans chacune des parcelles ;
- Nombre de plantes attaquées sur les lignes identifiées à cet effet ;
- L'évaluation des rendements dans chacune des deux parcelles.

➤ Résultats (analyse des données) :

- Comparer le taux d'infestation dans chacun des deux traitements ;
- Comparer le rendement du maïs ;
- Comparer les marges brutes.

4.2.3. Acteurs de mise en œuvre et leurs rôles

❖ *Ministère en charge de l'agriculture*

Le ministère sera chargé de la mise en œuvre de la stratégie de gestion intégrée de la CLA à travers ses structures déconcentrées. Les agents d'appui-conseil chargés de la conduite des démonstrations doivent être présents sur le terrain à toutes les opérations culturales. Ils seront appuyés dans le suivi par les chefs ZAT, la DPAAHM, le responsable régional PV et la DRAAHM pendant tout le processus. Des missions de supervision seront organisées par la Direction Générale des Productions Végétales (DGPV). Les Directions Régionales capitaliseront les rapports et en feront une synthèse pour la DGPV. Deux rapports seront élaborés : un premier rapport qui fera l'état de la mise en place de l'ensemble des parcelles de démonstration et un second qui relatera les résultats atteints.

❖ **Structures de recherche (nationales et internationales) :** Elles assureront la conduite des essais, la formation des maîtres formateurs, la production de masse des parasitoïdes, la fourniture de semences de base et la supervision des activités.

❖ **Task force :** Elle apportera des orientations sur la conduite des activités et l'appui institutionnel.

- ❖ **Comité technique** : il accompagnera la task-force dans la mise en œuvre des actions de lutte contre la CLA.
- ❖ **Organisations des producteurs** : Elles fourniront des semences et seront mises à contribution dans la mobilisation des producteurs pour les visites commentées et autres émissions.
- ❖ **Cellules de veille phytosanitaire** : Elles assureront la collecte des données et l'alerte précoce par rapport aux infestations de la CLA.
- ❖ **Comité National de Gestion des Pesticides (CNGP)** : il apportera des appuis techniques pour la gestion sécurisée des pesticides.
- ❖ **FAO** : Elle apportera un appui technique et financier à la mise en œuvre des activités.

4.3. Services de conseil et plan de renforcement des capacités

4.3.1. Services de conseil

La vulgarisation des différentes technologies s'appuiera sur le dispositif d'appui-conseil du Ministère en charge de l'agriculture.

Au niveau central, les directions techniques de la DGPV notamment la Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement (DPVC), la Direction de la Vulgarisation et de la Recherche Développement (DVRD), la Direction des Intrants et de la Mécanisation Agricole (DIMA) et la Direction du Développement des Productions Agricoles (DDPA) seront mises à contribution.

Au niveau déconcentré, les DRAAHM, DPAAHM, les ZAT et les UAT assureront la mise en œuvre des activités.

4.3.2. Plan de renforcement des capacités

4.3.2.1. Formation des acteurs du dispositif d'appui conseil

Des formations en cascades seront organisées au profit des acteurs qui interviendront dans la mise en œuvre des technologies notamment les agents de la DGPV, des DRAAHM. Les agents de la DGPV et des DRAAHM seront d'abord formés par les structures nationales de recherche. Ensuite, ces derniers assureront la formation des agents provinciaux et des agents facilitateurs au niveau des DRAAHM.

4.3.2.2. Formation des producteurs

Les champs écoles des producteurs ont montré leur efficacité dans la gestion de la CLA (FAO/TCP/3606, 2018). Dans la mise en œuvre de cette stratégie, 110 agents (facilitateurs) chargés de la conduite de ces CEP seront formés, qui à leur tour formeront **5 500** producteurs à travers la mise en place et la conduite de **220** CEP. Le matériel nécessaire sera acquis et mis à la disposition des facilitateurs pour les animations de ces CEP. Les curricula de formation porteront sur les aspects suivants :

- Les études de gestion intégrée de la CLA qui comporteront les pratiques technologiques éprouvées et les pratiques des producteurs ;
- Les études spéciales qui comporteront d'autres thématiques en lien avec la gestion de la CLA ;
- Les sujets spéciaux qui reposeront sur les thèmes répondant aux préoccupations techniques en lien avec la gestion de la CLA et d'ordre général impactant la participation des auditeurs ;
- Les analyses de l'agroécosystème (AAES) porteront sur les observations agronomiques et biologiques ;
- La dynamique du groupe et les brise-glaces ;
- Le suivi-évaluation des différentes actions menées dans le cadre de la conduite des CEP ;
- L'organisation de visites commentées afin de toucher le plus grand nombre de producteurs.

Les producteurs démonstrateurs et les auditeurs des CEP seront formés par les agents d'appui conseil. Les autres producteurs bénéficieront de la technologie à travers les visites commentées dans les PD et les CEP.

4.3.2.3. Synthèse des activités de renforcement de capacités

Tableau 4 : activités de renforcement de capacités à travers les PD

N°	Technologie	Régions concernées	Nombre de PD/ producteurs démonstrateurs	Nombre visites commentées	Nombre de producteurs formés	Nombre de producteurs pour les visites commentées
1	Pratique de fertilisation organo-minérale	06 régions	13	13	65	50 pers/ visite commentée, soit 100 pers/province, total : 750 personnes
2	Utilisation de l'huile/extrait aqueux de neem	06 régions	19	19	95	950 personnes
3	Lutte biologique augmentative par des lâchers de <i>Telenomus remus</i>	06 régions	13	13	65	50 pers/visite, total : 500 personnes Total : 650 personnes
4	Utilisation de biopesticides à base de Bt	06 régions	13	13	65	650 personnes
5	Utilisation des extraits de <i>Hyptis suaveolens</i>	06 régions	13	13	65	650 personnes
6	Effet de pesticides à base de Spinétoram/ spinosad	06 régions	13	13	65	650 personnes
7	Effet des associations culturales (maïs et manioc)	06 régions	13	13	65	650 personnes
8	Effet de pesticides à base de baculovirus	06 régions	13	13	65	650 personnes
Total par année		-	110 démonstrations	110 visites commentées	550 Producteurs formés	5 500 personnes
Total pour les deux années (2021et 2022)		-	220 démonstrations	220 visites commentées	1 100 Producteurs formés	11 000 personnes

Tableau 5 : activités de renforcement de capacités à travers les CEP

	Régions concernées	Nombre de CEP	Nombre d'auditeurs/producteurs formés	Nombre visites commentées	Nombre personnes touchées par les visites commentées
Total par année	6 régions	110	2 750	110	11 000
Total pour les deux années (2021et 2022)	6 régions	220	5 500	220	22 000

4.3.3. Actions de communication de masse

Les actions de communication de masse regrouperont les visites commentées et les émissions radiophoniques sur les parcelles de démonstration et les champs écoles des producteurs. Lors des visites commentées, les producteurs démonstrateurs présenteront les technologies aux visiteurs, avec l'appui des agents d'appui-conseil. Ces présentations seront suivies d'échanges d'expériences entre producteurs et entre producteurs et agents, afin de faciliter la prise de décision par les producteurs. En plus, des émissions radiophoniques seront organisées dans des radios locales pour une large diffusion des technologies.

Les thèmes jugés pertinents feront l'objet de développement pour être intégrés dans la plateforme du service 3-2-1. De même, des micros vidéo et messages audio sur les technologies seront réalisés et mises à la disposition des acteurs pour diffusion. Cette mise à disposition pourra se faire à travers le site web du ministère, les DRAAHM, les organisations des producteurs, les radios locales et nationales, la télévision nationale, de même que le centre d'appel du ministère en construction.

Des documents de vulgarisation (Posters, Fiches techniques, ...) et des articles scientifiques seront également produits et diffusés.

Références

- ABAGLI, A.Z. & ALAVO, T.B.C. (2011) Essential Oil from Bush Mint, *Hyptis suaveolens*, is as Effective as DEET for Personal Protection against Mosquito Bites. *The Open Entomology Journal* **5**, 45–48.
- ABGA, P.T. (2013) Détermination des options de fertilisation organo-minérale et de densité de semis pour une intensification de la production du maïs dans la région de l'Est du Burkina Faso - Sécheresse. <http://www.secheresse.info/spip.php?article96605> [accessed 16 February 2021].
- AGBOYI, L.K., GOERGEN, G., BESEH, P., MENSAH, S.A., CLOTTEY, V.A., GLIKPO, R., BUDDIE, A., CAFÀ, G., OFFORD, L., DAY, R., RWOMUSHANA, I. & KENIS, M. (2020) Parasitoid Complex of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Ghana and Benin. *Insects* **11**, 68. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- BATEMAN, M.L., DAY, R.K., RWOMUSHANA, I., SUBRAMANIAN, S., WILSON, K., BABENDREIER, D., LUKE, B. & EDGINGTON, S. (2020) Updated assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa. *Journal of Applied Entomology* **n/a**.
- BHUSAL, K. & BHATTARAI, K. (2019) A review on fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and its possible management options in Nepal. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **7**, 1289–1292. AkiNik Publications.
- BOEKE, S.J., BOERSMA, M.G., ALINK, G.M., LOON, J.J.A. VAN, HUIS, A. VAN, DICKE, M. & RIETJENS, I.M.C.M. (2004) Safety evaluation of neem (*Azadirachta indica*) derived pesticides. *Journal of Ethnopharmacology* **94**, 25–41. Elsevier.
- CONSTANTINE, K.L., KANSIIME, M.K., MUGAMBI, I., NUNDA, W., CHACHA, D., RWARE, H., MAKALE, F., MULEMA, J., LAMONTAGNE-GODWIN, J., WILLIAMS, F., EDGINGTON, S. & DAY, R. (2020) Why don't smallholder farmers in Kenya use more biopesticides? *Pest Management Science* **76**, 3615–3625.
- DAY, R., ABRAHAMS, P., BATEMAN, M., BEALE, T., CLOTTEY, V., COCK, M., COLMENAREZ, Y., CORNIANI, N., EARLY, R., GODWIN, J., GOMEZ, J., MORENO, P.G., MURPHY, S.T., OPPONG-MENSAH, B., PHIRI, N., ET AL. (2017) Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa. *Outlooks on Pest Management* **28**, 196–201.
- DOUGOUD, J., TOEPFER, S., BATEMAN, M. & JENNER, W.H. (2019) Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **39**, 1–22. Springer.
- FIGUEIREDO, M.D.L.C., LUCIA, T.M.C.D. & CRUZ, I. (2002) Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera : Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera : Noctuidae) egg masses upon release in a maize field. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* **1**.

- GOLDSTEIN, J.A., MASON, C.E. & PESEK, J. (2010) Dispersal and Movement Behavior of Neonate European Corn Borer (Lepidoptera: Crambidae) on Non-Bt and Transgenic Bt Corn. *Journal of Economic Entomology* **103**, 331–339. Oxford Academic.
- GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, A., TOLON-BECERRA, A. & LASTRA-BRAVO, X.B. (2012) Biological control of *Spodoptera frugiperda* eggs using *Telenomus remus* Nixon in maize-bean-squash polyculture. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* **7**, 285–292. Science Publications.
- JEPSON, P.C., MURRAY, K., BACH, O., BONILLA, M.A. & NEUMEISTER, L. (2020) Selection of pesticides to reduce human and environmental health risks: a global guideline and minimum pesticides list. *The Lancet Planetary Health* **4**, e56–e63. Elsevier.
- KABORE, B., KAM, S., OUEDRAOGO, G. & BATHIEBO, D. (2017) Etude de l'évolution climatique au Burkina faso de 1983 a 2012 : cas des villes de bobo Dioulasso, Ouagadougou et Dori.
- KENIS, M., DU PLESSIS, H., VAN DEN BERG, J., BA, M.N., GOERGEN, G., KWADJO, K.E., BAOUA, I., TEFERA, T., BUDDIE, A., CAFÀ, G., OFFORD, L., RWOMUSHANA, I. & POLASZEK, A. (2019) *Telenomus remus*, a Candidate Parasitoid for the Biological Control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already Present on the Continent. *Insects* **10**, 92. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- LONGUEVILLE, F.D., HOUNTONDJI, Y.-C., KINDO, I., GEMENNE, F. & OZER, P. (2016) Long-term analysis of rainfall and temperature data in Burkina Faso (1950–2013). *International Journal of Climatology* **36**, 4393–4405.
- NDIAYE, A., NDIAYE, O., BAMBA, B., GUEYE, M. & SAWANE, O. (2019) Effets de la fertilisation organo- minérale sur la croissance et le rendement du « mil sanio » (*Pennisetum glaucum* L. R. Br) en Haute Casamance (Sénégal). *European Scientific Journal, ESJ* **15**, 155–155.
- OUEDRAOGO, E. & HIEN, E. (2015) Effet d'un compost enrichi par des spores du clone *Trichoderma harzianum* (Rifaï) sur le rendement du niébé et du maïs sous abris au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* **9**, 1330–1340.
- POMARI, A.F., BUENO, A. DE F., BUENO, R.C.O. DE F., MENEZES JUNIOR, A. DE O. & FONSECA, A.C.P.F. (2013) Releasing number of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera : Platygasteridae) against *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera : Noctuidae) in corn, cotton and soybean. *Ciência Rural* **43**, 377–382. Universidade Federal de Santa Maria.
- RHARRABE, K., JACQUI-JOLY, E. & MARION-POLL, F. (2014) Ellectrophysiological and behavioral responses of *Spodoptera littoralis* caterpillars to attractive and reppellent plant volatiles. *Ecology and Evolution* **2**, 9.
- RIOBA, N.B. & STEVENSON, P.C. (2020) Opportunities and Scope for Botanical Extracts and Products for the Management of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) for Smallholders in Africa. *Plants* **9**, 207. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

- SALAZAR-MENDOZA, P., RODRIGUEZ-SAONA, C. & FERNANDES, O.A. (2020) Release density, dispersal capacity, and optimal rearing conditions for *Telenomus remus*, an egg parasitoid of *Spodoptera frugiperda*, in maize. *Biocontrol Science and Technology* **30**, 1040–1059. Taylor & Francis.
- SAUVION, N., CALATAYUD, P.-A., THIÉRY, D. & MARION-POLL, F. (2013) *Interactions insectes-plantes*. Editions Quae.
- TAVARES, W.S., CRUZ, I., FONSECA, G., GOUVEIA, N.L., SERRÃO, J.E. & ZANUNCIO, J.C. (2010) Deleterious Activity of Natural Products on Postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera : Pyralidae). *Zeitschrift für Naturforschung C* **65**, 412–418. De Gruyter.
- ZEINABOU, H., MAHAMANE, S., BISMARCK, N.H., BADO, B.V., LOMPO, F. & BATIONO, A. (2014) Effet de la combinaison des fumures organo-minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* **8**, 1620–1632.