



ISSN Print: 2394-7500
ISSN Online: 2394-5869
Impact Factor: 5.2
IJAR 2020; 6(8): 89-100
www.allresearchjournal.com
Received: 08-06-2020
Accepted: 12-07-2020

Norbert Kambale Ndavaro
A) Université Catholique du Graben (UCG), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Laboratoire de Phytotechnie (LPhy), B.P. 29 Butembo, RD Congo
B) Université de Parakou (UP), Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), B.P. 123 Parakou, Bénin

Charles Kambale Valimunzigha
Université Catholique du Graben (UCG), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Laboratoire de Phytotechnie (LPhy), B.P. 29 Butembo, RD Congo

Jean de Dieu Minengu Mayulu
Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, BP. 117 Kinshasa XI, RD Congo

Corresponding Author:
Norbert Kambale Ndavaro
A) Université Catholique du Graben (UCG), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Laboratoire de Phytotechnie (LPhy), B.P. 29 Butembo, RD Congo
B) Université de Parakou (UP), Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), B.P. 123 Parakou, Bénin

Efficacité de quatre modes de désherbage sur le contrôle des adventices de la culture du maïs grain (*Zea mays* L. var. ZM 625) dans les conditions agroécologiques de Beni en République Démocratique du Congo (RDC)

Norbert Kambale Ndavaro, Charles Kambale Valimunzigha et Jean de Dieu Minengu Mayulu

Abstract

The choice of an effective weed control technique is one of the major issues on which the success of grain maize (*Zea mays* L.) production depends. With the aim of evaluating the effectiveness of four weed control methods on the control of weeds in grain corn (*Z. mays* L. var. ZM 625) in the Beni region, two trials were carried out in the sites of Bingo and Lume. The trials were carried out using a system with four randomized blocks each comprising four plots corresponding to the treatments tested: manual mechanical weeding with a hoe (T0: DMMH), weeding using the herbicide Auxo (T1: DHxo), weed control by organic mulching with rice straw (T2: DPPR) and weed control by plastic mulch with opaque black low density polyethylene film (T3: DPFpbdo). The effectiveness of these treatments on weeds was evaluated by analyzing the floristic composition and estimating the density of weeds present on the test plots. The results obtained showed a difference in effectiveness on the control of weeds by the treatments tested. Weed control efficiency was excellent for T3 (DPFPbdno), medium for T2 (DPPR), low for T1 (DHxo) and poor for T0 (DMMH). Therefore, these results would provide arguments in favor of the adoption of T3 (DPFPbdno) to durably control grain maize weeds (*Z. mays* L. var. ZM 625) in the Beni region.

Keywords: Weeds, weeding, efficiency, grain corn (*Zea mays* L. var. ZM 625), Beni

1. Introduction

La production agricole en milieu tropical humide impose aux agriculteurs de nombreux challengers dont la gestion efficace de l'enherbement qui constitue l'un des plus importants (Bussière *et al.*, 2011; Yvoz *et al.*, 2019)^[8, 61]. Que ce soit en grandes ou en petites cultures, le contrôle des adventices est l'une des contraintes agronomiques majeures (Rodriguez, 2004; Valantin-Morison *et al.*, 2008; Alletru et Labreuche, 2019)^[49, 58, 2]. En culture du maïs grain (*Zea mays* L.), les adventices constituent l'un des plus importants facteurs de perte de rendement (Oerker, 2006; Bouhache *et al.*, 2014; Soltani *et al.*, 2016; Colbach et Cordeau, 2019)^[44, 7, 55, 12] et l'une des bases des chaînes trophiques des ravageurs des cultures au sein des paysages agricoles (Petit *et al.*, 2011; Deroulers, 2017)^[46, 15].

Dans la région de Beni où la culture du maïs grain (*Z. mays* L. var. ZM 625) est pratiquée depuis 2015, la production agricole ne cesse de décroître, et ce, en dépit des pratiques d'intensification agricole par l'emploi des semences améliorées, des fertilisants et des pesticides contre les chenilles légionnaires d'automne *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) et autres insectes ravageurs du maïs. En effet, le réenherbement rapide des champs de maïs est la principale cause de la réduction des rendements dans la région (SENASEM-RDC/NORD-KIVU, 2016)^[52]. Ceci est d'autant plus évident que les conditions écologiques de la région de Beni, caractérisées par une température élevée et une pluviosité abondante (ENRA-BENI, 2018), favorisent la germination rapide des stocks semenciers des adventices des cultures contenus dans le sol (Colbach *et al.*, 2017; Chauvel *et al.*, 2018)^[11, 10]. Pour faire face à la problématique de l'enherbement en culture du maïs grain dans la région de Beni, trois

modes de désherbage sont actuellement adoptés par les agriculteurs (Kambale Ndaravo, 2020) [24]. Le désherbage manuel à la houe est la technique traditionnelle pratiquée depuis la période ancestrale. Pendant la phase de forte intensité d'activités de production et surtout à cause des contraintes liées au temps de travail, à la rareté de la main-d'œuvre et au coût de cette dernière, la plupart des agriculteurs font recours au désherbage chimique par l'emploi de l'herbicide sélectif Auxo.

D'autres utilisent le mulch du riz pour contrôler les adventices dans la culture du maïs. En plus de ces trois modes de désherbage, il y a lieu de proposer un quatrième consistant à couvrir le sol avec le film polyéthylène noir. En effet, ces modes de désherbage sont utilisés par les agriculteurs de Beni sans qu'ils soient en mesure d'estimer les forces et les faiblesses de chacun de ces systèmes de contrôle des adventices (Kambale Ndaravo et Kambale Valimunzigha, 2020) [25].

Dans cette optique, des recherches actions doivent être menées (expérimentation, analyse des pratiques) où les agriculteurs seront à la fois les acteurs de la mise en œuvre des principales étapes et les bénéficiaires des résultats obtenus. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude mise au point pour tenter d'apporter une réponse spécifique au problème d'enherbement rencontré dans la culture du maïs grain dans la région de Beni. L'objectif poursuivi par la présente étude est d'évaluer l'efficacité de quatre modes de désherbage (désherbage mécanique manuel à la houe, désherbage à l'aide de l'herbicide Auxo, désherbage par paillage avec la paille de riz et désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque) en vue de mettre en évidence celui (ou ceux) pouvant être efficace contre les adventices de la culture du maïs à Beni. L'hypothèse à vérifier est que les quatre modes de désherbage adoptés par les agriculteurs de Beni agissent différemment sur le contrôle des adventices de la culture du maïs grain (*Z. mays* L. var. ZM 625).

L'intérêt de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la production du maïs grain dans la région de Beni à travers l'adoption d'un ou des système(s) de contrôle des adventices de la culture du maïs.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site d'étude

L'étude a été menée du 2 août 2019 au 31 janvier 2020 dans la région de Beni, située dans la province du Nord-Kivu, au Nord-Est de la RD Congo (Figure n° 1). Les essais ont été conduits en milieux paysans sur deux sites: la Station Agro-Pastorale de Bingo (00°32'15,8''N; 029°22'29,4''E; 1040 m d'altitude) et la Concession Scolaire de l'Institut Lume (00°15'40,00''N; 029°43'21,2''E; 1069 m d'altitude). Ces sites ont été choisis sur base de leurs caractéristiques agroécologiques. Suivant la classification de Köppen, la région de Beni et ses environs présentent un climat du type Aw₄, c'est-à-dire un climat tropical humide caractérisé par deux saisons au cours de l'année: une saison sèche de quatre mois et une saison humide de huit mois (Blutot, 1950). Les fluctuations pluvio-thermométriques varient entre 1200 et 2000 mm (moyenne de 1600 mm/an) et 20 à 30 °C (moyenne de 25 °C) (Bweya *et al.*, 2019) [9]. Les sols de la région de Beni se scandent en quatre principaux groupes: les kaolisols, les sols bruns tropicaux, les sols tropicaux récents et les sols noirs tropicaux (Leclercq, 1969; Vyakuno, 2006) [32, 60]. La région de Beni couvre une superficie de 7 484 km² et est occupée par une population estimée à 926 140 habitants (Etat-Civile Beni Ville et Territoire/RDC, 2019) [18]. Sur le plan socio-économique, l'agriculture et l'élevage constituent les principales activités auxquelles s'ajoute le commerce (Kibwana, 2016) [26]. Les principales productions agricoles sont les céréales (maïs grain – *Zea mays* (L.), riz – *Oryza sativa* (L.), sorgho – *Sorghum bicolor* (L.) Moench), les légumineuses (haricot – *Phaseolus vulgaris* (L.), soja – *Glycine max* (L.) Merr.), les racines et tubercules (manioc – *Manihot esculenta* Crantz, patate douce – *Ipomoea batatas* (L.) Lam., taro – *Colocasia esculenta* (L.) Schott), igname – *Dioscorea* sp.), les bananiers – *Musa* sp., les oléagineux (arachide – *Arachis hypogaea* (L.)), les cultures maraîchères (tomate – *Lycopersicon esculentum* Mil., piment – *Capsicum* sp., légumes feuilles) et les cultures de rente (palmier à huile – *Elaeis guineensis* Jacq, cacaoyer – *Theobroma cacao* L., caféier – *Coffea* sp., canne à sucre – *Saccharum officinarum* (L.)) (Kujirakwinja *et al.*, 2007; Kibwana *et al.*, 2012; Kibwana, 2016; Ndenge *et al.*, 2016) [29, 27, 26, 42].

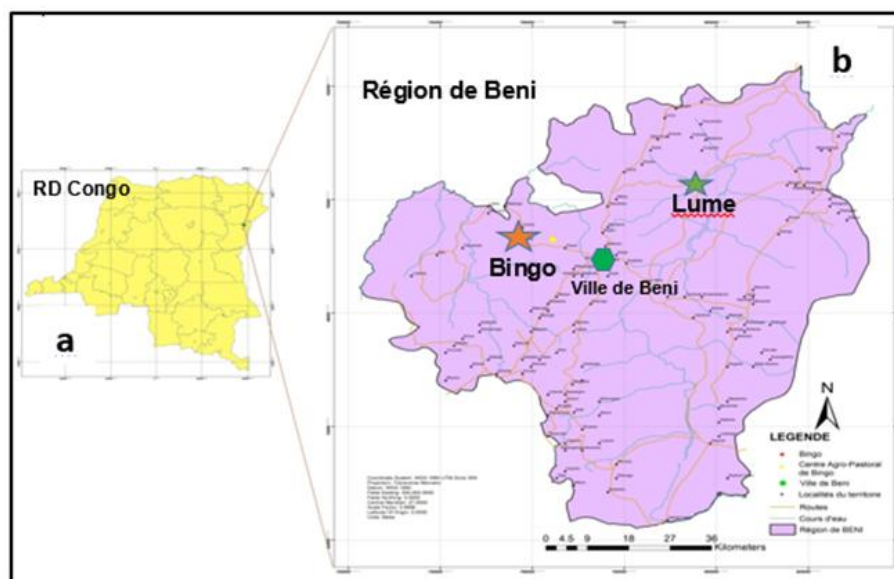


Fig 1: Localisation de la zone d'étude.

Les données climatiques collectées pendant la période de l'essai (2 août 2019 - 31 janvier 2020) sont présentées aux tableaux n° 1 et 2.

Table 1: Données climatiques du site Bingo pendant la période expérimentale

Mois - année	T° Moyenne (°C)	Pluviométrie (mm)	Nombre de jours de pluie
Août 2019	26,00	200,00	22
Septembre 2019	23,50	166,10	20
Octobre 2019	26,70	150,80	21
Novembre 2019	25,51	63,70	7
Décembre 2019	25,60	19,40	3

Table 2: Données climatiques du site Lume pendant la période expérimentale

Mois - année	T° moyenne (°C)	Pluviométrie (mm)	Nombre de jours de pluie
Septembre 2019	24,61	215,70	26
Octobre 2019	24,61	147,00	14
Novembre 2019	24,84	123,60	7
Décembre 2019	26,60	132,00	3
Janvier 2020	26,75	10,00	3

2.2. Matériel

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était le maïs grain (*Z. mays* L. var. ZM 625). Il s'agit d'une variété à pollinisation ouverte qui est inscrite au catalogue du Service National des Semences (SENASEM-RDC) avec le nom vernaculaire de *Tokachini*. Cette variété provient du Zimbabwe CIMMYT et son détenteur demeure l'INERA-MULUNGU (INERA-MULUNGU, 2015; SENASEM-RDC, 2015).

Dés herbants

Quatre types de dés herbants ont été utilisés pour contrôler les adventices. La houe est l'outil traditionnel par excellence de dés herbage des cultures vivrières et industrielles dans la région de Beni. C'est pour cette raison que cet outil a été considéré comme traitement témoin au cours de l'expérimentation. Ensuite, l'herbicide sélectif du maïs Auxo, une solution aqueuse fabriquée à base de Tembotrione et de Bromoxynil a été utilisé. Aussi, la paille de riz (mulch) qui, depuis plus d'une décennie, est utilisée par les agriculteurs de Beni pour contrôler la flore adventice dans les champs. Enfin, le film polyéthylène à basse densité noir opaque qui s'avère accessible aux agriculteurs et disponible sur les marchés locaux de Beni-ville a été aussi utilisé.

Fertilisants et produits phytosanitaires

Les fertilisants appliqués sont le DAP (18-46-0) utilisé comme engrais de fond et l'Urée (46-0-0) employé comme engrais de couverture. La lutte phytosanitaire contre les chenilles légionnaires et d'autres insectes ravageurs du maïs a été effectuée à l'aide de l'insecticide ROCKET. Il s'agit d'un pesticide constitué de deux matières actives dont le Profenofos 40 % et la Cyperméthrine 50 % EC.

2.3. Méthodes

Dispositif expérimental

Les deux essais expérimentaux ont été conduits suivant un dispositif en quatre blocs aléatoires complets. Chacun des blocs comprenait quatre parcelles rectangulaires de 6 m x 12

m correspondant aux quatre traitements testés. Les blocs contigus étaient séparés par un espace de 2 m d'intervalle tandis que les parcelles contiguës au sein d'un bloc étaient séparées de 1 m. Les quatre traitements testés sont les suivants : (i) T0 (dés herbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH »); (ii) T1 (dés herbage à l'aide de l'herbicide Auxo « DHxo »); (iii) T2 (dés herbage par paillage avec la paille de riz « DPPR » -couche de 20 cm d'épaisseur); (iv) T3 (dés herbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DFPbdno »). La figure n° 2 illustre les aspects qu'ont présentés les parcelles d'essais après application de quatre traitements testés.

Conduite de la recherche

Les essais ont été conduits pendant la grande campagne agricole de maïs dans la région de Beni (d'août 2019 à janvier 2020). Les travaux de préparation du sol ont porté sur le labour manuel et le hersage. Dans tous les sites, le semis s'est effectué aux écartements de 60 cm x 60 cm, à la dose de 55 kg par hectare, correspondant à 138 889 plants à l'hectare, soit cinq grains par poquet, et à une profondeur de 3 à 5 cm. Chaque parcelle comprenait 10 lignes de maïs en raison de 20 poquets par ligne. L'ensemble de quatre blocs était entouré de trois lignes de maïs servant de plantes de bordure. Après le démariage, trois plants par poquet ont été gardés. Tel que recommandé par Arvalis (2016), la fertilisation a été réalisée à l'aide de deux types d'engrais minéraux, respectivement au cours de deux phases phénologiques différentes: le DAP, au moment du semis (engrais de fond), à la dose de 42 kg ha⁻¹, et l'Urée, pendant la phase végétative, au stade de 6 à 8 feuilles (engrais de couverture), à la dose de 40 kg ha⁻¹. La lutte phytosanitaire contre les chenilles légionnaires d'automne *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) et autres insectes ravageurs des plants de maïs grain s'est faite avec l'insecticide ROCKET (Profenofos 40 % + Cyperméthrine 50 % EC) à la dose de 1 litre ha⁻¹. Le contrôle des adventices a été effectué au moyen de la houe (sarclage-buttagé), de l'herbicide Auxo (21,6 ml/parcelle d'essai à l'aide du pulvérisateur à dos) et de la paille de riz (20 cm d'épaisseur). L'installation du film polyéthylène à basse densité noir opaque pour réprimer la flore adventice sur les parcelles d'essais a été faite en une seule phase après les travaux de préparation du sol. Une fois installé sur la parcelle d'essais, le film polyéthylène a été percé de plusieurs trous de semis (200) aux écartements de 60 cm x 60 cm, proportionnellement au nombre de poquets par parcelle.

Paramètres observés et mesurés

L'efficacité des traitements testés sur les adventices de la culture du maïs grain (*Z. mays* L. var. ZM 625) a été évaluée par la méthode de relevés phytosociologiques. Ceux-ci ont été établis par la détermination de l'aire minimale suivant le protocole adapté de Sidibé *et al.* (2020)^[54]. Deux paramètres phytosociologiques ont été estimés pour chacun de quatre traitements testés : (i) la composition floristique des adventices et (ii) la densité des adventices présentes sur les parcelles d'essais. A cet effet, les placeaux d'inventaires de 1 m² ont été placés au centre des parcelles d'essais dans une zone relativement représentative de l'ensemble des parcelles. Les premiers relevés ont été faits les jours précédant les premières phases de dés herbage sur

toutes les parcelles. Ils ont eu pour but de donner la physionomie des parcelles d'essais et de leur composition en espèces de départ. Les relevés suivants ont été faits les jours précédant les secondes phases de désherbage pour permettre d'apprécier le degré de répression des adventices par chacun des traitements testés. En somme, pour chacun des sites et des phases de désherbage, l'identification et le dénombrement des adventices se sont faits sur 16 relevés dont 4 relevés pour chacun des traitements testés. Les espèces inventoriées ont été identifiées à l'aide des clés de

Lebrun et Stork (1997) ^[36] et de l'APG (2009) ^[3]. La densité floristique des adventices a été estimée en utilisant l'échelle de notation définie par Barralis (1976) ^[4] qui permet d'estimer la classe de densité de chaque espèce par parcelle d'essai :

- 1 = moins d'un individu par m²;
- 2 = 1 à 2 individus/m²;
- 3 = 3 à 30 individus/m²;
- 4 = 31 à 50 individus/m²;
- 5 = plus de 50 individus/m².



Légende : a) T0 : parcelles avec désherbage mécanique manuel à la houe (DMMH); b) T1 : parcelles avec désherbage à l'aide de l'herbicide Auxo (DHxo); c) T2 : parcelles avec désherbage par paillage avec la paille de riz (DPPR); d) T3 : parcelles avec désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque (DPPFbdno). Clichés de Ghislain Kasirikani, 2019-2020.

Fig 2: Aspect des parcelles d'essais après application de quatre traitements testés.

3. Résultats

3.1. Efficacité des modes de désherbage sur les adventices de maïs dans le site Bingo

Les tableaux n° 3 et 5 présentent les résultats de l'évaluation de l'efficacité des traitements testés sur les adventices de maïs dans le site Bingo. Au total, 31 espèces d'adventices ont été inventoriées sur les parcelles d'essais.

Avant l'application des traitements (Tableau n° 3), une seule espèce d'adventices (*Poa annua* L.) avait une densité floristique de plus de 50 individus/m². Les adventices ayant enregistré une densité floristique de 31 à 50 individus/m² sont : *Galinsoga ciliata* Ruiz & Pav., *Triumfetta cordifolia* A. Rich. et *Virectoria major* K. Schum. Les espèces d'adventices dont la densité floristique a varié de 3 à 30 individus/m² ont été les plus nombreuses. Elles sont au nombre de treize : *Brachiaria ruziziensis* Germ. & C.M. Evrard, *Bidens pilosa* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Digitaria horizontalis* Willd., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Agerantum conyzoides* L., *Sida acuta* Burm.f., *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn., *Pennisetum purpureum* Schumach., *Kyllinga erecta* Schumach., *Kyllinga bulbosa* P. Beauv., *Commelina diffusa* Burm.f. et *Acmella caulirhiza* Delile. Les espèces d'adventices dont la densité floristique a été comprise entre 1 et 2 individus/m² sont au nombre de dix : *Trifolium repens* L., *Setaria barbata* (Lam.) Kunth, *Centella asiatica* (L.) Urb., *Senna occidentalis* (L.) Link., *Euphorbia heterophylla* L., *Zebrina pendula* Schnizl., *Physalis angulata* L., *Canna indica* L., *Sorghum bicolor* (L.) Moench et *Mimosa pudica* L. Quatre espèces d'adventices (*Portulaca oleracea* L., *Convulvula erecta* L., *Xanthosoma* sp. Schott et *Oryza sativa* L.) ont enregistré une densité floristique de moins d'un individu/m².

Après application des traitements testés (Tableaux n° 3 et 5), la densité floristique des espèces d'adventices a varié en fonction des modes de désherbage. Sur les parcelles avec T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH »), aucune espèce d'adventices n'a été observée comme étant en diminution progressive ou en disparition. La quasi-totalité de ces espèces avait tendance à stagner voire même à favoriser l'apparition des nouvelles espèces et, du coup, à augmenter leurs densités floristiques qui se présentent comme suit : une seule espèce (*Trifolium repens*) pour la classe de densité de plus de 50 individus/m², aucune espèce pour la classe de densité de 31 à 50 individus/m², neuf espèces (*Bidens pilosa*, *Galinsoga ciliata*, *Eleusine indica*, *Virectoria major*, *Setaria barbata*, *Sida acuta*, *Digitaria horizontalis*, *Kyllinga erecta* et *Mimosa pudica*) pour la classe de densité de 3 à 30 individus/m², neuf espèces (*Brachiaria ruziziensis*, *Galinsoga parviflora*, *Triumfetta cordifolia*, *Synedrella nodiflora*, *Euphorbia heterophylla*, *Pennisetum purpureum*, *Poa annua*, *Xanthosoma* sp. et *Portulaca oleracea*) pour la classe de densité de 1 à 2 individus/m² et douze espèces (*Agerantum conyzoides*, *Centella asiatica*, *Senna occidentalis*, *Zebrina pendula*, *Physalis angulata*, *Kyllinga bulbosa*, *Commelina diffusa*, *Canna indica*, *Convulvula erecta*, *Sorghum bicolor*, *Acmella caulirhiza* et *Oryza sativa*) pour la classe de densité de moins d'un individu/m².

Les parcelles avec T1 (désherbage à l'aide de l'herbicide Auxo « DHxo ») ont été caractérisées par une résurgence des espèces d'adventices après la première phase de désherbage, mais à un degré moindre que dans les parcelles avec T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH »). Aucune espèce d'adventices n'a enregistré une

densité floristique de 31 à 50 et de plus de 50 individus/m². Une seule espèce (*Trifolium repens*) a été mentionnée dans la classe de densité comprenant 3 à 31 individus/m².

Cinq espèces (*Bidens pilosa*, *Setaria barbata*, *Digitaria horizontalis*, *Euphorbia heterophylla* et *Pennisetum purpureum*) ont enregistré une densité floristique de 1 à 2 individus/m². Les vingt-cinq espèces d'adventices restantes ont enregistré une densité floristique de moins d'un individu/m².

Il s'agit de *Brachiaria ruziziensis*, *Galinsoga ciliata*, *Galinsoga parviflora*, *Eleusine indica*, *Agerantum conyzoides*, *Triumfetta cordifolia*, *Virectoria major*, *Centella asiatica*, *Sida acuta*, *Senna occidentalis*, *Synedrella nodiflora*, *Zebrina pendula*, *Physalis angulata*, *Kyllinga erecta*, *Kyllinga bulbosa*, *Commelina diffusa*, *Poa annua*, *Canna indica*, *Convulvula erecta*, *Xanthosoma* sp., *Sorghum bicolor*, *Acmella caulirhiza*, *Mimosa pudica*, *Portulaca oleracea* et *Oryza sativa*. Les parcelles avec T2 (désherbage par paillage avec la paille de riz « DPPR » - couche de 20 cm d'épaisseur) ont fait l'objet de la deuxième phase de désherbage au cours de laquelle la dimension de la couche de la paille de riz a été augmentée à des endroits où émergeaient les espèces d'adventices après la première phase de désherbage. Aucune espèce d'adventices n'a enregistré une densité floristique de 31 à 50 et de plus de 50 individus/m². Une seule espèce (*Setaria barbata*) a été enregistrée dans la classe de densité comprenant 3 à 31 individus/m².

Trois espèces d'adventices (*Agerantum conyzoides*, *Sida acuta* et *Kyllinga erecta*) ont vu leurs densités floristiques comprises entre 1 et 2 individus/m². Le nombre d'espèces d'adventices dont la densité floristique a été de moins d'un individu/m² sont au nombre de vingt-sept (*Brachiaria ruziziensis*, *Bidens pilosa*, *Galinsoga ciliata*, *Galinsoga parviflora*, *Eleusine indica*, *Trifolium repens*, *Triumfetta cordifolia*, *Virectoria major*, *Centella asiatica*, *Senna occidentalis*, *Synedrella nodiflora*, *Digitaria horizontalis*, *Euphorbia heterophylla*, *Pennisetum purpureum*, *Zebrina pendula*, *Physalis angulata*, *Kyllinga bulbosa*, *Commelina diffusa*, *Poa annua*, *Canna indica*, *Convulvula erecta*, *Xanthosoma* sp., *Sorghum bicolor*, *Acmella caulirhiza*, *Mimosa pudica*, *Portulaca oleracea* et *Oryza sativa*). Sur les parcelles avec T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFpbdno »), les espèces d'adventices ont été réprimées une fois pour toutes. Après installation du film polyéthylène, seulement deux espèces d'adventices (*Triumfetta cordifolia* et *Sida acuta*) ont été identifiées au niveau des trous de semis où les plants de maïs étaient en croissance et développement progressifs. Leur densité floristique était comprise entre 1 et 2 individus/m².

En ce qui concerne l'efficacité des quatre modes de désherbage testés sur les adventices de maïs grain dans le site Bingo, il y a lieu de conclure que le T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFpbdno ») s'est révélé plus performant que les trois autres modes de désherbage.

Il a été respectivement suivi, par ordre décroissant de grandeur d'efficacité sur les adventices de maïs, par : T2 (désherbage par paillage avec la paille de riz « DPPR » - couche de 20 cm d'épaisseur), T1 (désherbage à l'aide de l'herbicide Auxo « DHxo ») et T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH »).

3.2. Efficacité des modes de désherbage sur les adventices de maïs dans le site Lume

Les résultats de l'évaluation de l'efficacité des traitements testés sur les adventices de maïs dans le site Lume sont présentés dans les tableaux n° 4 et 5. Un dénombrement de vingt-neuf espèces d'adventices a été fait sur les parcelles d'essais du site Lume. Avant l'application des traitements testés (Tableau n° 4), des différences nettes ont été observées entre les densités de ces espèces d'adventices. Les adventices ayant enregistré une densité de plus de 50 individus/m² sont au nombre de deux (*Setaria barbata* et *Galinsoga ciliata*). Quatre espèces d'adventices (*Kyllinga erecta*, *Bidens pilosa*, *Synedrella nodiflora* et *Pennisetum microphyllum* MM. Richard & Rob.) ont été enregistrées dans la classe de densité comprenant 31 à 50 individus/m². Les espèces d'adventices qui s'insèrent dans la classe de densité 3 (3 à 30 individus/m²) sont au nombre de huit (*Commelina diffusa*, *Sida acuta*, *Virectoria major*, *Brachiaria ruziziensis*, *Oxalis acetosella* L., *Digitaria horizontalis*, *Agerantum conyzoides* et *Acmella caulirhiza*). Le nombre d'espèces d'adventices dont la densité floristique est de 1 à 2 individus/m² est de douze (*Amaranthus viridis* L., *Mimosa pudica*, *Galinsoga parviflora*, *Triumfetta cordifolia*, *Xanthosoma* sp., *Euphorbia heterophylla*, *Eleusine indica*, *Pennisetum purpureum*, *Senna occidentalis*, *Solanum nigrum* L., *Zebrina pendula* et *Crotalaria retusa* L.). Trois espèces d'adventices sont enregistrées dans la classe de densité de moins d'un individu par m² (*Portulaca oleracea*, *Poa annua* et *Oryza sativa*).

Après l'application des traitements testés (Tableaux n° 4 et 5), la densité floristique des espèces d'adventices a varié en fonction des traitements testés. Les parcelles avec T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH ») se sont caractérisées par une stabilité d'émergence d'espèces d'adventices avec une résurgence des nouvelles autres espèces. Aucune espèce d'adventices n'a enregistré une densité floristique de plus de 50 individus/m². Les adventices dont la densité floristique s'est située entre 31 et 50 individus/m² sont au nombre de deux (*Galinsoga parviflora* et *Galinsoga ciliata*). Trois espèces d'adventices (*Amaranthus viridis*, *Bidens pilosa* et *Oxalis acetosella*) ont enregistré une densité floristique de 3 à 30 individus/m². Les espèces d'adventices dont la densité floristique s'est située entre 1 et 2 individus/m² sont au nombre de cinq (*Kyllinga erecta*, *Sida acuta*, *Synedrella nodiflora*, *Portulaca oleracea* et *Pennisetum microphyllum*). Dix-neuf espèces d'adventices (*Commelina diffusa*, *Setaria barbata*, *Virectoria major*, *Brachiaria ruziziensis*, *Mimosa pudica*, *Triumfetta cordifolia*, *Xanthosoma* sp., *Poa annua*, *Euphorbia heterophylla*, *Eleusine indica*, *Digitaria horizontalis*, *Pennisetum purpureum*, *Oryza sativa*, *Solanum nigrum*, *Senna occidentalis*, *Agerantum conyzoides*, *Acmella caulirhiza*, *Zebrina pendula* et *Crotalaria retusa*) ont enregistré une densité floristique de moins d'un individu/m². Sur les parcelles avec T1 (désherbage à l'aide de l'herbicide

Auxo « DHxo »), aucune espèce d'adventices n'a enregistré une densité floristique de plus de 50 individus/m². Une seule espèce d'adventices (*Oxalis acetosella*) s'est inscrite dans la classe de densité comprenant 31 à 50 individus/m². Deux espèces d'adventices (*Galinsoga parviflora* et *Galinsoga ciliata*) ont montré une densité floristique de 3 à 30 individus/m² et trois espèces (*Sida acuta*, *Pennisetum microphyllum* et *Solanum nigrum*) ont enregistré entre 1 et 2 individus/m². Vingt-trois espèces d'adventices (*Amaranthus viridis*, *Commelina diffusa*, *Setaria barbata*, *Kyllinga erecta*, *Virectoria major*, *Brachiaria ruziziensis*, *Mimosa pudica*, *Bidens pilosa*, *Synedrella nodiflora*, *Triumfetta cordifolia*, *Xanthosoma* sp., *Portulaca oleracea*, *Poa annua*, *Euphorbia heterophylla*, *Eleusine indica*, *Digitaria horizontalis*, *Pennisetum purpureum*, *Oryza sativa*, *Senna occidentalis*, *Agerantum conyzoides*, *Acmella caulirhiza*, *Zebrina pendula* et *Crotalaria retusa*) ont présenté une densité floristique de moins d'un individu/m². Les parcelles avec T2 (désherbage par paillage avec la paille de riz « DPPR » -couche de 20 cm d'épaisseur) n'ont présenté aucune espèce d'adventices dont la densité floristique serait de plus de 50 individus/m² et comprise entre 31 et 50 individus/m². Sur les mêmes parcelles, une seule espèce d'adventices (*Oxalis acetosella*) a été enregistrée dans la classe de densité comprenant 31 à 50 individus/m² et deux espèces (*Galinsoga parviflora* et *Galinsoga ciliata*) se sont insérées dans celle comprenant 3 à 30 individus/m². Vingt-cinq espèces d'adventices (*Amaranthus viridis*, *Commelina diffusa*, *Setaria barbata*, *Kyllinga erecta*, *Virectoria major*, *Brachiaria ruziziensis*, *Mimosa pudica*, *Bidens pilosa*, *Galinsoga parviflora*, *Synedrella nodiflora*, *Triumfetta cordifolia*, *Oxalis acetosella*, *Portulaca oleracea*, *Poa annua*, *Euphorbia heterophylla*, *Eleusine indica*, *Digitaria horizontalis*, *Pennisetum purpureum*, *Oryza sativa*, *Solanum nigrum*, *Senna occidentalis*, *Agerantum conyzoides*, *Acmella caulirhiza*, *Zebrina pendula* et *Crotalaria retusa*) ont montré une densité floristique de moins d'un individu/m². Sur les parcelles avec T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFPbdno »), toutes les vingt-neuf espèces d'adventices ont enregistré une densité floristique de moins d'un individu/m². Cela signifie que le T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFPbdno ») a réprimé une fois pour toutes les espèces d'adventices dénombrées sur les parcelles d'essais. De ce fait, il a été techniquement plus efficace sur les adventices que les trois autres modes de désherbage testés. En considérant l'ordre décroissant de grandeur de l'efficacité sur les adventices de maïs, le T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFPbdno ») est suivi respectivement par T2 (désherbage par paillage avec la paille de riz « DPPR » -couche de 20 cm d'épaisseur), T1 (désherbage à l'aide de l'herbicide Auxo « DHxo ») et T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH »).

Table 3: Composition floristique et densité des adventices avant et après application des traitements testés sur le site expérimental Bingo

N°	Nom scientifique	Densité floristique								
		Avant application des traitements	Après application des traitements							
			Parcelles avec T ₀		Parcelles avec T ₁		Parcelle avec T ₂		Parcelle avec T ₃	
	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage		
1.	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	3	3	2	1	1	1	1	1	1
2.	<i>Bidens pilosa</i>	3	2	3	2	2	1	1	1	1
3.	<i>Galinsoga ciliata</i>	4	5	3	1	1	1	1	1	1
4.	<i>Galinsoga parviflora</i>	3	3	2	1	1	1	1	1	1
5.	<i>Eleusine indica</i>	3	2	3	1	1	1	1	1	1
6.	<i>Agerantum conyzoides</i>	3	3	1	1	1	1	2	1	1
7.	<i>Trifolium repens</i>	2	4	5	4	3	2	1	1	1
8.	<i>Triumfetta cordifolia</i>	4	2	2	2	1	1	1	2	1
9.	<i>Virectoria major</i>	4	4	3	2	1	1	1	1	1
10.	<i>Setaria barbata</i>	2	2	3	2	2	1	3	1	1
11.	<i>Centella asiatica</i>	2	2	1	2	1	2	1	1	1
12.	<i>Sida acuta</i>	3	2	3	2	1	1	2	2	1
13.	<i>Senna occidentalis</i>	2	2	1	2	1	3	1	1	1
14.	<i>Synedrella nodiflora</i>	3	2	2	2	1	1	1	1	1
15.	<i>Digitaria horizontalis</i>	3	2	3	1	2	1	1	1	1
16.	<i>Euphorbia heterophylla</i>	2	2	2	1	2	3	1	1	1
17.	<i>Pennisetum purpureum</i>	3	2	2	1	2	1	1	1	1
18.	<i>Zebrina pendula</i>	2	2	1	1	1	1	1	1	1
19.	<i>Physalis angulata</i>	2	2	1	1	1	1	1	1	1
20.	<i>Kyllinga erecta</i>	3	2	3	1	1	1	2	1	1
21.	<i>Kyllinga bulbosa</i>	3	2	1	1	1	1	1	1	1
22.	<i>Commelina diffusa</i>	3	2	1	2	1	2	1	1	1
23.	<i>Poa annua</i>	5	3	2	1	1	2	1	1	1
24.	<i>Canna indica</i>	2	2	1	1	1	1	1	1	1
25.	<i>Convolvula erecta</i>	1	2	1	1	1	1	1	1	1
26.	<i>Xanthosoma sp</i>	1	2	2	1	1	1	1	1	1
27.	<i>Sorghum bicolor</i>	2	2	1	1	1	1	1	1	1
28.	<i>Acmella caulirhiza</i>	3	2	1	1	1	1	1	1	1
29.	<i>Mimosa pudica</i>	2	1	3	2	1	1	1	1	1
30.	<i>Portulaca oleracea</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	1
31.	<i>Oryza sativa</i>	1	2	1	1	1	1	1	1	1

Table 4: Composition floristique et densité des adventices avant et après application des traitements testés sur le site expérimental Lume

N°	Nom scientifique	Densité floristique								
		Avant application des traitements	Après application des traitements							
			Parcelles avec T ₀		Parcelles avec T ₁		Parcelle avec T ₂		Parcelle avec T ₃	
	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage	Après le premier désherbage	Après le deuxième désherbage		
1	<i>Amaranthus viridis</i>	2	3	3	2	1	1	1	1	1
2	<i>Commelina diffusa</i>	3	2	1	1	1	1	1	1	1
3	<i>Setaria barbata</i>	5	2	1	2	1	1	1	1	1
4	<i>Kyllinga erecta</i>	4	3	2	1	1	1	1	1	1
5	<i>Sida acuta</i>	3	2	2	1	2	1	2	1	1
6	<i>Virectoria major</i>	3	2	1	1	1	1	1	1	1
7	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	3	2	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Mimosa pudica</i>	2	2	1	1	1	1	1	1	1
9	<i>Bidens pilosa</i>	4	3	3	1	1	2	1	1	1
10	<i>Galinsoga parviflora</i>	2	3	4	1	3	3	1	2	1
11	<i>Galinsoga ciliata</i>	5	3	4	1	3	3	2	1	1
12	<i>Synedrella nodiflora</i>	4	2	2	1	1	2	1	1	1
13	<i>Triumfetta cordifolia</i>	2	2	1	1	1	1	1	1	1
14	<i>Oxalis acetosella</i>	3	2	3	1	4	1	1	1	1
15	<i>Xanthosoma sp.</i>	2	1	1	1	1	1	3	1	1
16	<i>Portulaca oleracea</i>	1	3	2	1	1	2	1	1	1
17	<i>Poa annua</i>	1	2	1	2	1	1	1	1	1
18	<i>Euphorbia heterophylla</i>	2	1	1	2	1	1	1	1	1
19	<i>Eleusine indica</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1
20	<i>Digitaria horizontalis</i>	3	2	1	1	1	1	1	1	1
21	<i>Pennisetum microphyllum</i>	4	3	2	2	2	2	2	1	1
22	<i>Pennisetum purpureum</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1
23	<i>Oryza sativa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	<i>Solanum nigrum</i>	2	1	1	1	2	1	1	1	1
25	<i>Senna occidentalis</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1
26	<i>Agerantum conyzoides</i>	3	3	1	1	1	1	1	1	1
27	<i>Acmella caulirhiza</i>	3	1	1	1	1	2	1	1	1
28	<i>Zebrina pendula</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1
29	<i>Crotalaria retusa</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Table 5: Synthèse de la densité des adventices après application des traitements testés

Traitements testés	Densité floristique des adventices présentes sur les parcelles d'essais									
	Classes de densité site Bingo					Classes de densité site Lume				
	Nbre d'espèces: moins d'un individu/m ²	Nbre d'espèces: 1 à 2 individus/m ²	Nbre d'espèces: 3 à 30 individus/m ²	Nbre d'espèces: 31 à 50 individus/m ²	Nbre d'espèces: plus de 50 individus/m ²	Nbre d'espèces: moins d'un individu/m ²	Nbre d'espèces: 1 à 2 individus/m ²	Nbre d'espèces: 3 à 30 individus/m ²	Nbre d'espèces: 31 à 50 individus/m ²	Nbre d'espèces: plus de 50 individus/m ²
T0 (DMMH)	12	9	9	0	1	19	5	3	2	0
T1 (DHxo)	25	5	1	0	0	23	3	2	1	0
T2 (DPOPR)	27	3	1	0	0	25	3	1	0	0
T3 (DPPFPbdno)	29	2	0	0	0	9	0	0	0	0

4. Discussions

Les résultats de l'inventaire floristique ont permis de recenser sur les deux sites d'essais 36 espèces d'adventices. En considérant les données cumulées de deux sites, le classement de quatre modes de désherbage sur base de l'ordre décroissant de leur efficacité sur le contrôle des adventices de maïs reste identique à celui établi dans les deux sites pris séparément. L'excellente efficacité a été obtenue avec le T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFpbdno »). Cette bonne performance résulterait de l'effet inhibiteur du film plastique sur la croissance et le développement des adventices sur les parcelles d'essais (Bussière *et al.*, 2011; Le Bourgeois, 2018; Sander *et al.*, 2019) [8, 50]. L'écran naturel formé par le mulch plastique peut avoir influencé les conditions édaphiques et atmosphériques à la surface du sol, entraînant ainsi la suppression de la lumière et un état d'étouffement au détriment des adventices (Maliki *et al.*, 2017) [39]. En effet, certaines études démontrent qu'une fois posé sur le sol, le film plastique stoppe instantanément l'évapotranspiration des adventices des cultures qui s'étiolent et meurent par absence de photosynthèse (Benhamou, 1990; Messaoudi, 1990; Loreau, 2014; Achard, 2016; Chauvel *et al.*, 2018) [5, 41, 37, 1, 10]. De plus, le film plastique empêche la levée de la dormance des semences des adventices stockées dans le sol (Delabays *et al.*, 2008; Bohren *et al.*, 2010; Bussière *et al.*, 2011; Chauvel *et al.*, 2018) [14, 6, 8, 10]. Le T2 (désherbage par paillage avec la paille de riz « DPPR » -couche de 20 cm d'épaisseur) s'est classé deuxième. Il a donné une efficacité jugée moyenne sur l'ensemble des adventices présentes sur les parcelles d'essais. Cette performance moyenne peut s'expliquer par le fait que le paillage avec composantes organiques, lorsqu'il n'est pas fait en temps et à une épaisseur convenable et uniforme, ne réduit pas considérablement la compétition des adventices (Loreau, 2014; Achard, 2016) [37, 1]. Selon Le Bourgeois (2018), la déficience du paillis organique dans le contrôle des adventices résulte aussi de l'utilisation des pailles encore fraîches ou des espèces vivaces à multiplication végétative qui se développent immédiatement au pied de la plante cultivée. Par ailleurs, certaines études démontrent que la décomposition complète du paillis organique sur les parcelles de culture entraîne un amendement humifère qui favorise la levée de certaines espèces d'adventices dont les stocks semenciers seraient en dormance dans le sol (Kushwaha *et al.*, 2000; Rhoton, 2000; Loreau, 2014; Fernandez *et al.*, 2015; Achard, 2016; Laufer *et al.*, 2016) [30, 48, 19, 37, 1]. Classé en troisième position, le T1 (désherbage à l'aide de l'herbicide Auxo « DHxo ») a montré une efficacité faible dans la gestion des adventices sur les parcelles d'essai. Plusieurs études expliquent la faible performance des herbicides sélectifs à maîtriser complètement les adventices des cultures par deux phénomènes : la présence, dans le champ de culture, des adventices difficiles à détruire (adventices au stade de développement très avancé) (Quéré et Druesne, 2006; Bouhache *et al.*, 2014) [47, 7] et l'accoutumance ou la résistance des adventices à certains herbicides sélectifs (Gago *et al.*, 2007; Schreck, 2008; Bouhache *et al.*, 2014; Tschuy et Wirth, 2015; Le Corre *et al.*, 2017; Ondo Ovono *et al.*, 2019) [20, 53, 7, 57]. Dans ce deuxième cas, Gasquez (1991) inventorie plus de quarante-cinq espèces d'adventices qui ont présenté des écotypes résistants à l'atrazine dans les cultures du maïs grain (*Z. mays* L.), de

sorgho (*Sorghum bicolor* L.) et dans les vergers. De leur côté, Lucas *et al.* (1997) ont répertorié plus de cent espèces d'adventices résistantes à des herbicides appartenant à près de quinze classes différentes. Le T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH ») vient en dernière position avec une efficacité médiocre dans le contrôle des adventices. Le T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH ») a induit une augmentation significative de la densité floristique des adventices sur les parcelles d'essais en favorisant leur reprise rapide, d'une part, et l'apparition de nouvelles espèces d'adventices, d'autre part. Cela pourrait être due à l'apport, sur un sol bien ameubli, d'éléments nutritifs directement assimilables par la plante qui peut favoriser la prolifération des adventices sur les parcelles désherbées mécaniquement avec la houe, augmentant ainsi la concurrence du point de vue hydrique et des éléments nutritifs (Maliki *et al.*, 2017) [39].

L'effet du T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH ») sur l'incidence de la prolifération des adventices dans les cultures céréalières annuelles a été étudié par certains auteurs dont Koma (1998) [28] et Noba (2002) [43]. Selon ces auteurs, l'implantation de la flore adventice sur les parcelles désherbées manuellement ou mécaniquement serait due au maintien sur et dans le sol des stocks des semences des adventices dont l'oxygénation et l'imbibition sont souvent favorisées par les conditions créées par le passage des houes lors du sarclo-binage-buttage et la fertilisation du sol. Ainsi, au regard des résultats obtenus, l'hypothèse émise au départ de la recherche est confirmée : les quatre modes de désherbage adoptés par les agriculteurs de Beni en RDC agissent différemment sur le contrôle des adventices de la culture du maïs grain (*Z. mays* L. var. ZM 625).

5. Conclusions et perspectives

Cette étude avait pour but d'évaluer l'efficacité de quatre modes de désherbage sur le contrôle des adventices de la culture du maïs grain (*Z. mays* L. var. ZM 625) dans la région de Beni en RDC. Les résultats obtenus révèlent une différence d'efficacité sur les adventices entre les traitements testés. L'efficacité était excellente pour le T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFpbdno »), moyenne pour le T2 (désherbage par paillage avec la paille de riz « DPPR » -couche de 20 cm d'épaisseur), faible pour le T1 (désherbage à l'aide de l'herbicide Auxo « DHxo ») et médiocre pour le T0 (désherbage mécanique manuel à la houe « Témoin, DMMH »). De ce fait, les résultats de cette recherche apportent des arguments en faveur de l'adoption du T3 (désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFpbdno ») comme mode de contrôle efficace des adventices de maïs grain dans la région de Beni. Toutefois, une interrogation persiste sur la rentabilité biologique et économique de ce mode de désherbage (T3 : désherbage par paillage avec le film polyéthylène à basse densité noir opaque « DPFpbdno »), étant donné que l'un des principes clés des théories de productions agricoles consiste à minimiser les coûts de production et à maximiser le profit. Des études d'évaluation de l'effet de traitements testés sur le rendement et la rentabilité économique de la culture du maïs grain sont donc nécessaires.

Remerciements

Les auteurs remercient sincèrement le Pr. Dr. Valentin Kamabu Vasombolwa pour sa contribution pendant l'identification des espèces d'adventices recensées sur les parcelles d'essais. Ils adressent également leur sincère gratitude au Centre de Production et de Formation Agro-Pastoral de Bingo (CEPFAP-B) pour le financement de cette recherche.

Références

- Achard R. Etude du fonctionnement d'associations entre le bananier et une couverture vivante ; évaluation des potentialités et stratégies d'utilisation de plantes de service pour contrôler les adventices. Thèse de doctorat, Université Paris-Saclay (ComUE), Paris, 2016.
- Alletru C, Labreuche J. Impact du travail du sol et des couverts végétaux en interculture sur la gestion des adventices en grandes cultures. Végéphyll-24^{ème} Conférence du Columa Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, 3, 4 et 5 Décembre, 2019, Orléans. Végéphyll, Orléans, 2019, 1-12.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2009; 161(2):105-121.
- Barralis G. Méthode d'étude des groupements adventices des cultures annuelles. 5^{ème} Colloque International sur l'Ecologie et la Biologie des Mauvaises herbes. INRA, Dijon, 1976, 59-68.
- Benhamou F. Les films plastiques pour la couverture des abris serres et le paillage du sol en Algérie. Séminaire International sur la Plasticulture, Alger, septembre 1990. FAO, Alger, 1990.
- Bohren C, Delabays N, Waldspühl S. Contrôle de l'ambrosie: l'agriculture n'est pas seule concernée. *Recherche Agronomique Suisse*. 2010; 1(7-8):260-265.
- Bouhache M, Taleb A, Elbilali T, Chetouani M. Efficacité des herbicides de pré-émergence utilisés dans le désherbage du maïs. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 2014; 2(2):16-21.
- Bussière F, Cabidoche YM, Pédro D, Sierra J, Cornet D, Guyader S *et al.* Des innovations pour les enjeux multiples des productions vivrières et maraîchères des Antilles. *Innovations Agronomiques*. 2011; 16:39-51.
- Bweya MN, Musavandalo MC, Sahani M. Analyse de la dynamique spatio-temporelle du paysage forestier de la région de Beni (Nord-Kivu, RDC). *Geo-Eco-Trop*. 2019; 43(1):171-184.
- Chauvel B, Darmency H, Munier-Jolain N, Rodriguez A. Gestion durable de la flore adventice des cultures. Quae, Versailles, 2018.
- Colbach N, Bockstaller C, Colas F, Gibot-Leclerc S, Granger S, Guyot S *et al.* Conception de systèmes de culture multiperformants à l'aide de modèles prédisant la nuisibilité et les services dépendant des adventices. *Innovations Agronomiques*. 2017; 59:191-203.
- Colbach N, Cordeau S. Peut-on réduire les herbicides sans perdre du rendement ? Végéphyll-24^{ème} Conférence du Columa Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, 3, 4 et 5 Décembre, 2019, Orléans. Végéphyll, Orléans, 2019.
- Cordeau S, Schwartz M. Perception des adventices par les agriculteurs, conseillers, techniciens d'expérimentation et chercheurs en France. Végéphyll-24^{ème} Conférence du Columa Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, 3, 4 et 5 Décembre, 2019, Orléans. Végéphyll, Orléans, 2019.
- Delabays N, Bohren C, Mermillod G, Baker A, Vertenten J. Lutte contre l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.): briser le cycle de la plante pour épuiser son stock semencier dans les sites infestés. *Revue suisse Agric*. 2008; 40(4):191-198.
- Deroulers P. Etude des interactions trophiques entre les communautés de carabes et de graines adventices sous l'angle d'un système proie-prédateur. Interactions entre organismes. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle, La Rochelle, 2017.
- Dhed'a Djailo B, Adheka Giria J, Onautshu Odimba D, Swennen R. La culture des bananiers et plantains dans les zones agro-écologiques de la République Démocratique du Congo. Kisangani (RD Congo). Presse Universitaire de l'UNIKIS, Kisangani, 2019.
- Enra-Beni. Données météorologiques 1980-2017. Beni (RD Congo). Archives de l'ENRA-BENI, Beni, 2018.
- Etat-Civile Beni Ville et Territoire/RD Congo. Statistiques démographiques 1975-2018. Beni-Mbau (RD Congo). Archives de l'Etat-Civile Beni Ville et Territoire, Beni et Mbau, 2019.
- Fernandez FG, Sorensen BA, Villamil MB. A comparison of soil properties after five years of no-till and strip-till. *Agron. J*. 2015; 107:1339-1346.
- Gago P, Cabaleiro C, Gracia J. Preliminary study of the effect of soil management systems on the adventitious flora of a vineyard in north western Spain. *Crop Protection*. 2007; 6:584-591.
- Gasquez J. La résistance aux herbicides chez les angiospermes. In: Scala R (ed), Les herbicides. INERA, Montpellier, 1991, 265-280.
- Habari JM, Lejoly J, Lubini A. Flore des forêts communautaires à *Pentaclethra eetveldeana* de la région de Kisantu (R.D. Congo). In: van der Burgt X, van der Maesen JJM, Onana JM (eds). *Systématique et Conservation des Plantes Africaines*. Royal Botanic Gardens, Kew, 2010, 643-651.
- Inera-Mulungu. Caractéristiques morphologiques et agronomiques des variétés de maïs-grain (*Zea mays* L.) ZM 625, ZM 627 et UH 5053. Inera-Mulungu, Bukavu, 2015.
- Kambale Ndavaro N. Effet comparé de quatre modes de désherbage sur la croissance végétative du maïs grain (*Zea mays* L. var. ZM 625) dans les conditions agroécologiques de Beni en République Démocratique du Congo (RDC). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*. 2020; 3(3):12-21, In press.
- Kambale Ndavaro N, Kambale Valimunzigha C. Influence du désherbage sur les performances technico-économiques de la culture du maïs (*Zea mays* L. var. ZM 625) à Beni en République Démocratique du Congo (RDC). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*. 2020; 3(3):71-80, In press.
- Kibwana DK. Contribution à l'amélioration de la production laitière et de la reproduction des vaches Ankole et croisées Ankole x Frisonne en territoire de Beni, République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Université de Liège, Liège, 2016.
- Kibwana DK, Makumyaviri AM, Hornick JL. Pratiques d'élevage extensif et performances de bovins de race

- locale, et croisée avec des races laitières exotiques en République démocratique du Congo. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 2012; 65(3-4):67-74.
28. Koma B. Végétation post-culturale en zone soudanienne. Influence des pratiques culturales et des facteurs anthropiques sur la reconstitution végétale après abandon cultural. Thèse de doctorat, Université de Corse, Corse, 1998.
 29. Kujirakwinja D, Bashonga G, Plumptre A. Etude socio-économique de la zone Nord-Ouest du Parc National des Virunga (région de Lubero-Butembo-Beni). Programme de renforcement des capacités de gestion de l'ICCN et appui à la réhabilitation d'aires protégées en RDC. Feuillet technique n° 2. WWF, WCS, ICCN, Kinshasa, 2007.
 30. Kushwaha C, Tripathi S, Singh K. Variations in soil microbial biomass and availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem. *Soil & Tillage Research*. 2000; 56:153-166.
 31. Laufer D, Loibl B, Marlander B, Koch HJ. Soil erosion and surface runoff under strip tillage for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Central Europe. *Soil Tillage Research*. 2016; 162:1-7.
 32. Leclercq J. Cartes des sols et de la végétation du Congo, du Rwanda et du Burundi. 26. Nord-kivu et région du lac Edouard. A. Sols. Carte de reconnaissance de la région de Beni-Lubero-N. Echelle: 1/200 000. Institut Géographique Militaire. Publication de l'INEAC, Bruxelles, 1969.
 33. Le Bourgeois T. Analyse des enherbements des cultures maraichères et fruitières de Guyane. Cirad-UMR AMAP, Montpellier, 2018.
 34. Le Bourgeois T, Marnotte P. La lutte contre les mauvaises herbes. In: France. Ministère des Affaires étrangères (ed). Mémento de l'Agronome. CIRAD et GREC, Montpellier et Paris, 2014.
 35. Le Corre V, Délye C, Colbach N. Modélisation de la résistance aux herbicides dans FlorSys: introduction d'un module permettant de simuler l'évolution conjointe de la résistance liée à la cible et non liée à la cible. Séminaire de Restitution à mi-parcours du Projet de Recherche ANR CoSAC, Janvier 2017, Paris. ANR CoSAC, Paris, 2017.
 36. Lebrun JP, Stork A. Enumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale. Vol IV, Conservatoires et Jardins Botaniques de la ville de Genève, Genève, 1997.
 37. Loreau A. Diversité et effets du paillage - Fiche de synthèse. *Plantes & Cité*, Paris, 2014.
 38. Lucas E. La résistance aux pesticides: évolution et gestion. Résumé du symposium présenté dans le cadre du 89^{ème} Congrès Annuel de la Société de Protection des Plantes du Québec, les 12 et 13 juin 1997 au Centre Agronomique de Saint-Croix (Québec). *Echos phytosanitaires*. 1997; 62:11-23.
 39. Maliki R, Bernard M, Padonou E, Englehart C, Sinsin BA, Aho N *et al.* Effet combiné de NPK et de trois différents mulch d'origine végétale sur la production maïsicole et la fertilité des sols au Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Technologie Alimentaire & Sécurité Alimentaire (TA&SA) – Décembre 2017 BRAB en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> ISSN*
 - sur papier (on hard copy): 1025-2355 et ISSN en ligne (on line):1840 -7099.
 40. Mamy L, Barriuso E, Gabrielle B. Evaluer les risques environnementaux des pesticides. Exemple du désherbage des cultures résistantes ou non au glyphosate. *Innovations Agronomiques*. 2008; 3:121-143.
 41. Messaoudi B. Essai de paillage plastique noir sur la culture de concombre sous serre dans la région de Ouargla. Institut de Technologie de l'Agriculture Saharienne Ouargla, Alger, 1990.
 42. Ndengo NE, Lema Ki-Munseki A, Hanna R, Koto-te-Nyiwa Ngbolua. Criblage de génotypes de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) pour la résistance à la cochenille Africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard) dans différentes zones agro-écologiques de Beni (Nord Kivu, RD Congo). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2016; 16(1):210-225.
 43. Noba KM. La flore adventice dans le Sud du Bassin arachidier (Sénégal): structure, dynamique et impact sur la production du mil et de l'arachide. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 2002.
 44. Oerke EC. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*. 2006; 144:31-43.
 45. Ondo Ovono P, Ada Ollomo PK, Medza Mve SD, Kevers C, Dommes J. Effet des herbicides à base de glyphosate et fluroxypyr sur les adventices les plus fréquentes dans la culture de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* (H.B.K) (Muell. Arg) à Batouri, Nord du Gabon. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2019; 13(6):2458-2477.
 46. Petit S, Boursault A, Guilloux M, Munier-Jolain N, Reboud X. Weeds in Agricultural Landscapes. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2011; 31(2):309-317.
 47. Quéré L, Druesne C. Le désherbage mécanique comme alternative ou complément au chimique. *Perspectives Agricoles*. 2006; 325:60-64.
 48. Rhoton F. Influence of time on soil response to no-till practices. *Soil Sciences Society of America Journal*. 2000; 64:700-709.
 49. Rodriguez A. Connaître les adventices pour mieux les maîtriser. *Grandes cultures en production biologique*. Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées, Toulouse, 2004.
 50. Sander M, Widmer F, Bucheli TD. Films de paillage dans l'agriculture: test pratique de la biodégradabilité. *Recherche Agronomique Suisse*. 2019; 10(11-12):468-471.
 51. Senasem-Rdc. Catalogue variétale des cultures vivrières: maïs, riz, haricot, arachide, soja, niébé, manioc, patate douce, pomme de terre, bananier. Ministère de l'Agriculture, Pêche et Elevage (AGRIPEL-RDC), Kinshasa, 2015.
 52. Senasem-Rdc/Nord-Kivu. Rapport Annuel 2016: Province du Nord-Kivu. Goma (RD Congo). Ministère de l'Agriculture, Pêche et Elevage (AGRIPEL-RDC/NORD-KIVU), Kinshasa, 2016.
 53. Schreck E. Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration-Impact sur les lombriciens. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier-Toulouse III, Toulouse, 2008.

54. Sidibé O, Kouassi Konan E, Kouassi Kouadio H. Etat Actuel de la Diversité Floristique du Parc National du Mont Péko en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*. 2020; 16(3):341-358.
55. Soltani N, Dille JA, Burke IC, Everman WJ, VanGessel MJ, Davis VM *et al.* Potential Corn Yield Losses from Weeds in North America. *Weed Technologie*. 2016; 30:979-984.
56. Sys C. Les zones agro-écologiques comme base d'un aménagement rationnel des sols du Nord-Kivu (Zaïre). *Bulletin des Séances. Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer*. 1992; 38(2):225-243.
57. Tschuy F, Wirth J. Situation actuelle des résistances aux herbicides en Suisse. *Recherche Agronomique Suisse*. 2015; 6(11-12):516-523.
58. Valantin-Morison M, Guichard L, Jeuffroy MH. Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? *Innovations Agronomiques*. 2008; 3:27-41.
59. Vall E, Cathala M, Marnotte P, Pirot R, Olina JP, Mathieu B *et al.* Pourquoi inciter les agriculteurs à innover dans les techniques de désherbage ? Etat de la pratique et propositions de la recherche. In: Jamin JY, Seiny Boukar L, Floret C (éds). *Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun. CIRAD, Montpellier, 2003.
60. Vyakuno K. Pression anthropique et aménagement rationnel des hautes terres de Lubero en R.D.C. Rapports entre société et milieu physique dans une montagne équatoriale. Thèse de doctorat, Université de Toulouse II-Le Mirail, Toulouse, 2006.
61. Yvoz S, Biju-Duval L, Petit-Michaut S, Cordeau S. La prise en compte de la stratégie agricole améliore la compréhension de l'effet des pratiques sur les communautés adventices. *Végéphyt-24ème Conférence du Columa Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes*, 3, 4 et 5 Décembre, 2019, Orléans. *Végéphyt*, Orléans, 2019.