

Deuxième article : Influence des systèmes culturaux sur la gestion des maladies du maïs (*Zea mays* L.) au Sud-Bénin

Par : V. C. Aza, C. E. Togbé, L. E. Ahoton et B. C. Ahohuendo

Pages (pp.) 12-24.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Mars 2020 – Volume 30 - Numéro 01

Le BRAB est en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> et peut être aussi consulté sur le site web de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) <http://www.inrab.org>

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Direction Scientifique (DS) - Service Animation Scientifique (SAS)

01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01 - République du Bénin

Tél. : (+229) 21 30 02 64 ; E-mail : sp.inrab@inrab.org / inrabdg1@yahoo.fr / brabpisbinrab@gmail.com

La rédaction et la publication du bulletin de la recherche agronomique du Bénin (BRAB)
de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou 01

Tél. : (+229) 21 30 02 64 - E-mail: brabpisbinrab@gmail.com

République du Bénin

Sommaire

Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Bulletin d'abonnement	vii
Effets de l'association <i>Zea mays</i> L. (maïs) – <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp (niébé) sur l'enherbement et les paramètres agro-morphologiques du maïs M. D. Diallo, A. Kébé, B. Daité, T. Goalbaye, S. Diédhiou, A. Diop et A. Guissé	1
Influence des systèmes culturaux sur la gestion des maladies du maïs (<i>Zea mays</i> L.) au Sud-Bénin V. C. Aza, C. E. Togbé, L. E. Ahoton et B. C. Ahohuendo	12
Current status of agricultural cooperatives among the various users of agricultural machinery in Benin Republic E. D. Dayou, B. K. L. Zokpodo, N. M. Dahou, C. S. Atidegla, E. A. Ajav, I. A. Bamgboye et R. L. Glèlè Kakai	25
Effet de l'ail (<i>Allium sativum</i>) sur l'attractivité de l'aliment et la croissance pondérale chez <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) A. F. M. d'Almeida, D. N. S. Kpogue Gangbazo, B. A. Aboh, M. Ogbon et G. A. Mensah	32
Caractérisation écophénotypique et aptitude à la germination des graines de <i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss. au Tchad A. M. Langa, A. E. Padonou, G. C. Akabassi et A. E. Assogbadjo	44
Effet de la densité de semis sur la croissance et le rendement du cotonnier au Bénin I. Amonmidé, G. D. Fayalo, A. Hougni et E. Sèkloka	53

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

Informations générales

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) édité par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) est un organe de publication créé en mai 1991 pour offrir aux chercheurs béninois et étrangers un cadre pour la diffusion des résultats de leurs travaux de recherche. Il accepte des articles originaux de recherche et de synthèse, des contributions scientifiques, des articles de revue, des notes et fiches techniques, des études de cas, des résumés de thèse, des analyses bibliographiques, des revues de livres et des rapports de conférence relatifs à tous les domaines de l'agronomie et des sciences apparentées, ainsi qu'à toutes les disciplines du développement rural. La publication du Bulletin est assurée par un comité de rédaction et de publication appuyés par un conseil scientifique qui réceptionne les articles et décide de l'opportunité de leur parution. Ce comité de rédaction et de publication est appuyé par des comités de lecture qui sont chargés d'apprécier le contenu technique des articles et de faire des suggestions aux auteurs afin d'assurer un niveau scientifique adéquat aux articles. La composition du comité de lecture dépend du sujet abordé par l'article proposé. Rédigés en français ou en anglais, les articles doivent être assez informatifs avec un résumé présenté dans les deux langues, dans un style clair et concis. Une note d'indications aux auteurs est disponible dans chaque numéro et peut être obtenue sur demande adressée au secrétariat du BRAB. Pour recevoir la version électronique pdf du BRAB, il suffit de remplir la fiche d'abonnement et de l'envoyer au comité de rédaction avec les frais d'abonnement. La fiche d'abonnement peut être obtenue à la Direction Générale de l'INRAB, dans ses Centres de Recherches Agricoles ou à la page vii de tous les numéros. Le BRAB publie par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Un thesaurus spécifique dénommé « TropicAgrif » (Tropical Agriculture and Forestry) a été développé pour caractériser les articles parus dans le BRAB et servir d'autres revues africaines du même genre. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin - 01 BP 884 Recette
Principale - Cotonou 01 – Tél.: (+229) 21 30 02 64 - E-mail: brabpisbinrab@gmail.com – République du Bénin

Éditeur : Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Comité de Rédaction et de Publication : -i- **Directeur de rédaction et de publication :** Directeur Général de l'INRAB ; -ii- **Rédacteur en chef :** Directeur Scientifique de l'INRAB ; -iii- **Secrétaire documentaliste :** Documentaliste archiviste de l'INRAB ; -iv- **Maquettiste :** Analyste programmeur de l'INRAB ; -v- **Opérateur de mise en ligne :** Dr Ir. Setchémè Charles Bertrand POMALEGNI, Chargé de recherche ; -vi- **Membres :** Dr Ir. Guy A. MENSAH, Directeur de Recherche, Dr Ir. Angelo C. DJIHINTO, Maître de Recherche, Dr Ir. Rachida SIKIROU, Maître de Recherche et MSc. Ir. Gbènakpon A. Y. G. AMAGNIDE.

Conseil Scientifique : Membres du Conseil Scientifique de l'INRAB, Pr. Dr Ir. Brice A. SINSIN (Ecologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr. Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Joseph D. HOUNHOUGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr. Dr Ir. Abdourahmane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Pr. Dr Ir. Kakai Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, Bénin), Pr. Dr Agathe FANTODJI (Biologie de la reproduction, Elevage des espèces gibier et non gibier, Côte d'Ivoire), Pr. Dr Ir. Jean T. C. CODJIA (Zootechnie, Zoologie, Faune, Bénin), Pr. Dr Ir. Euloge K. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin), Pr. Dr Sylvie M. HOUNZANGBE-ADOTE (Parasitologie, Physiologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Jean C. GANGLO (Agro-Foresterie), Dr Ir. Guy A. MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier, Bénin), Pr. Dr Moussa BARAGÉ (Biotechnologies végétales, Niger), Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE (Sciences du sol, Bénin), Dr DMV. Delphin O. KOUDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Dr Ir. Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Dr Ir. Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Dr Ir. Gauthier BIAOU (Economie, Bénin), Dr Ir. Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, Bénin), Dr Ir. Anne FLOQUET (Economie, Allemagne), Dr Ir. André KATARY (Entomologie, Bénin), Dr Ir. Hessou Anastase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. Claude ADANDEDJAN (Zootechnie, Pastoralisme, Agrostologie, Bénin), Dr Ir. Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir. Adolphe ADJANOHOOUN (Agro-foresterie, Bénin), Dr Ir. Isidore T.GBEGO (Zootechnie, Bénin), Dr Ir. Françoise ASSOGBA-KOMLAN (Maraîchage, Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. André B. BOYA (Pastoralisme, Agrostologie, Association Agriculture-Elevage), Dr Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Dr Ir. Luc O.SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir. Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Sénégal)

Comité de lecture : Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

Indications aux auteurs

Types de contributions et aspects généraux

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) accepte des articles scientifiques, des articles de synthèse, des résumés de thèse de doctorat, des analyses bibliographiques, des notes et des fiches techniques, des revues de livres, des rapports de conférences, d'ateliers et de séminaires, des articles originaux de recherche et de synthèse, puis des études de cas sur des aspects agronomiques et des sciences apparentées produits par des scientifiques béninois ou étrangers. La responsabilité du contenu des articles incombe entièrement à l'auteur et aux co-auteurs. Le BRAB publie par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Soumission de manuscrits

Les articles doivent être envoyés par voie électronique et/ou en trois (3) exemplaires en version papier par une lettre de soumission (*covering letter*) au comité de rédaction et de publication du BRAB aux adresses électroniques suivantes : E-mail : brabpisbinrab@gmail.com. Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris e-mail) d'au moins trois (03) experts de leur discipline ou domaine scientifique pour l'évaluation du manuscrit. Certes, le choix des évaluateurs (*referees*) revient au comité éditorial du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin.

Les manuscrits doivent être écrits en français ou en anglais, tapé/saisi sous Winword ou Word ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple sur du papier A4 (21,0 cm x 29,7 cm). L'auteur doit fournir des fichiers électroniques des illustrations (tableaux, figures et photos) en dehors du texte. Les figures doivent être réalisées avec un logiciel pour les graphiques. Les données ayant servi à élaborer les figures seront également fournies. Les photos doivent être suffisamment contrastées. Les articles sont soumis par le comité de rédaction à des lecteurs, spécialistes du domaine. Pour qu'un article soit accepté par le comité de rédaction, il doit respecter certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture. Ne pas oublier que les trois (3) **qualités fondamentales d'un article scientifique** sont la **précision** (supprimer les adjectifs et adverbes creux), la **clarté** (phrases courtes, mots simples, répétition des mots à éviter, phrases actives, ordre logique) et la **brièveté** (supprimer les expressions creuses).

Titre

On doit y retrouver l'information principale de l'article et l'objet principal de la recherche. Le titre doit contenir 6 à 10 mots (22 mots au maximum ou 100 caractères et espaces) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Il comporte les mots de l'index *Medicus* pour faciliter la recherche sur le plan mondial. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte. Ils doivent être écrits en minuscules, à part la première lettre et non soulignés. Toutefois, il faut éviter de multiplier les sous-titres. Le titre doit être traduit dans la seconde langue donc écrit dans les deux langues.

Auteur et Co-auteurs

Les initiales des prénoms en majuscules séparées par des points et le nom avec 1^{ère} lettre écrite en majuscule de tous les auteurs (auteur & co-auteurs) sont écrits sous le titre de l'article. Immédiatement, suivent les titres académiques (Pr., Prof., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, BP, Tél., e-mail, pays, etc.) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe ayant effectivement participé au programme et à la rédaction de l'article. L'auteur principal est celui qui a assuré la direction de la recherche et le plus en mesure d'assumer la responsabilité de l'article.

Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est nécessaire. Ce résumé doit être précédé d'un résumé détaillé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas) et le titre sera traduit dans cette seconde langue. Le résumé est : un compte rendu succinct ; une représentation précise et abrégée ; une vitrine de plusieurs mois de dur labeur ; une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document ; etc. Il doit contenir l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Un bon résumé a besoin d'une bonne structuration. La structure apporte non seulement de la force à un résumé mais aussi de l'élégance. Il faut absolument éviter d'enrober le lecteur dans un amalgame de mots juxtaposés les uns après les autres et sans ordre ni structure logique. Un résumé doit contenir essentiellement : une courte **Introduction (Contexte)**, un **Objectif**,

la **Méthodologie** de collecte et d'analyse des données (**Type d'étude, Echantillonnage, Variables et Outils statistiques**), les principaux **Résultats** obtenus en 150 mots (**Résultats importants et nouveaux pour la science**), une courte discussion et une Conclusion (**Implications de l'étude en termes de généralisation et de perspectives de recherches**). La sagesse recommande d'être efficacement économe et d'utiliser des mots justes pour dire l'essentiel.

Mots-clés

Les mots clés suivront chaque résumé et l'auteur retiendra 3 à 5 mots qu'il considère les plus descriptifs de l'article. On doit retrouver le pays (ou la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline et le domaine spécifique, la méthodologie, les résultats et les perspectives de recherche. Il est conseillé de choisir d'autres mots/groupes de mots autres que ceux contenus dans le titre.

Texte

Tous les articles originaux doivent être structurés de la manière suivante : Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Discussion, Conclusion, Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques. Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible.

Introduction

L'introduction c'est pour persuader le lecteur de l'importance du thème et de la justification des objectifs de recherche. Elle motive et justifie la recherche en apportant le background nécessaire, en expliquant la rationalité de l'étude et en exposant clairement l'objectif et les approches. Elle fait le point des recherches antérieures sur le sujet avec des citations et références pertinentes. Elle pose clairement la problématique avec des citations scientifiques les plus récentes et les plus pertinentes, l'hypothèse de travail, l'approche générale suivie, le principe méthodologique choisi. L'introduction annonce le(s) objectif(s) du travail ou les principaux résultats. Elle doit avoir la forme d'un entonnoir (du général au spécifique).

Matériel et méthodes

Il faut présenter si possible selon la discipline le **milieu d'étude** ou **cadre de l'étude** et indiquer le lien entre le milieu physique et le thème. **La méthodologie d'étude** permet de baliser la discussion sur les résultats en renseignant sur la validité des réponses apportées par l'étude aux questions formulées en introduction. Il faut énoncer les méthodes sans grands détails et faire un extrait des principales utilisées. L'importance est de décrire les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé, et de préciser la taille de l'échantillon, le dispositif expérimental, les logiciels utilisés et les analyses statistiques effectuées. Il faut donner toutes les informations permettant d'évaluer, voire de répéter l'essai, les calculs et les observations. Pour le matériel, seront indiquées toutes les caractéristiques scientifiques comme le genre, l'espèce, la variété, la classe des sols, etc., ainsi que la provenance, les quantités, le mode de préparation, etc. Pour les méthodes, on indiquera le nom des dispositifs expérimentaux et des analyses statistiques si elles sont bien connues. Les techniques peu répandues ou nouvelles doivent être décrites ou bien on en précisera les références bibliographiques. Toute modification par rapport aux protocoles courants sera naturellement indiquée.

Résultats

Le texte, les tableaux et les figures doivent être complémentaires et non répétitifs. Les tableaux présenteront un ensemble de valeurs numériques, les figures illustrent une tendance et le texte met en évidence les données les plus significatives, les valeurs optimales, moyennes ou négatives, les corrélations, etc. On fera mention, si nécessaire, des sources d'erreur. La règle fondamentale ou règle cardinale du témoignage scientifique suivie dans la présentation des résultats est de donner tous les faits se rapportant à la question de recherche concordant ou non avec le point de vue du scientifique et d'indiquer les relations imprévues pouvant faire de l'article un sujet plus original que l'hypothèse initiale. Il ne faut jamais entremêler des descriptions méthodologiques ou des interprétations avec les résultats. Il faut indiquer toujours le niveau de signification statistique de tout résultat. Tous les aspects de l'interprétation doivent être présents. Pour l'interprétation des résultats il faut tirer les conclusions propres après l'analyse des résultats. Les résultats négatifs sont aussi intéressants en recherche que les résultats positifs. Il faut confirmer ou infirmer ici les hypothèses de recherches.

Discussion

C'est l'établissement d'un pont entre l'interprétation des résultats et les travaux antérieurs. C'est la recherche de biais. C'est l'intégration des nouvelles connaissances tant théoriques que pratiques dans le domaine étudié et la différence de celles déjà existantes. Il faut éviter le piège de mettre trop en évidence les travaux antérieurs par rapport aux résultats propres. Les résultats obtenus doivent être interprétés en fonction des éléments indiqués en introduction (hypothèses posées, résultats des recherches antérieures, objectifs). Il faut discuter ses propres résultats et les comparer à des résultats de la littérature scientifique. En d'autres termes c'est de faire les relations avec les travaux antérieurs.

Il est nécessaire de dégager les implications théoriques et pratiques, puis d'identifier les besoins futurs de recherche. Au besoin, résultats et discussion peuvent aller de pair.

Résultats et Discussion

En optant pour **résultats et discussions** alors les deux vont de pair au fur et à mesure. Ainsi, il faut la discussion après la présentation et l'interprétation de chaque résultat. Tous les aspects de l'interprétation, du commentaire et de la discussion des résultats doivent être présents. Avec l'expérience, on y parvient assez aisément.

Conclusion

Il faut une bonne et concise conclusion. Il ne faut jamais laisser les résultats orphelins mais il faut les couvrir avec une conclusion étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion ne comporte jamais de résultats ou d'interprétations nouvelles. On doit y faire ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. Elle fait l'état des limites et des faiblesses de l'étude (et non celles de l'instrumentation mentionnées dans la section de méthodologie). Elle suggère d'autres avenues et études permettant d'étendre les résultats ou d'avoir des applications intéressantes ou d'obtenir de meilleurs résultats. La conclusion n'est pas l'endroit pour présenter la synthèse des conclusions partielles du texte car c'est une des fonctions du résumé. Il faut retenir que la conclusion n'est pas un résumé de l'article.

Références bibliographiques

Il existe deux normes internationales régulièrement mise à jour, la :

- **norme Harvard** : -i- West, J.M., Salm, R.V., 2003: Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, 17, 956-967. -ii- Pandolfi, J.M., R.H. Bradbury, E. Sala, T.P. Hughes, K.A. Bjorndal, R.G. Cooke, D. McArdle, L. McClenachan, M.J.H. Newman, G. Paredes, R.R. Warner, J.B.C. Jackson, 2003: Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, 301 (5635), 955-958.
- **norme Vancouver** : -i- WEST, J.M., SALM, R.V., (2003); Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, vol. 17, pp. 956-967. -ii- PANDOLFI, J.M., et al., (2003); Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, vol. 301 N° 5635, pp. 955-958.

Il ne faut pas mélanger les normes de présentation des références bibliographiques. En ce qui concerne le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), c'est la norme Harvard qui a été choisie. Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités dans les références bibliographiques. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées dans la liste des références et inversement. La bibliographie doit être présentée en ordre alphabétique conformément aux deux (2) exemples donnés ci-dessus comme suit : nom et initiales du prénom du 1^{er} auteur, puis initiales du prénom et nom des autres auteurs ; année de publication (ajouter les lettres a, b, c, etc., si plusieurs publications sont citées du même auteur dans la même année) ; nom complet du journal ; numéro du volume en chiffre arabe, éditeur, ville, pays, première et dernière page de l'article. Dans le texte, les publications doivent être citées avec le nom de l'auteur et l'année de publication entre parenthèses de la manière suivante : Sinsin (1995) ou Sinsin et Assogbadjo (2002). Pour les références avec plus de deux auteurs, on cite seulement le premier suivi de « *et al.* » (mis pour *et alteri*), bien que dans la bibliographie tous les auteurs doivent être mentionnés : Sinsin *et al.* (2007). Les références d'autres sources que les journaux, par exemple les livres, devront inclure le nom de l'éditeur et le nom de la publication. Somme toute selon les ouvrages ou publications, les références bibliographiques seront présentées dans le BRAB de la manière suivante :

Pour les revues :

- Adjanohoun, E., 1962 : Etude phytosociologique des savanes de la base Côte-d'Ivoire (savanes lagunaires). *Vegetatio*, 11, 1-38.
- Grönblad, R., G.A. Prowse, A.M. Scott, 1958: Sudanese Desmids. *Acta Bot. Fenn.*, 58, 1-82.
- Thomasson, K., 1965: Notes on algal vegetation of lake Kariba. *Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal.*, ser. 4, 19(1): 1-31.
- Poche, R.M., 1974a: Notes on the roan antelope (*Hippotragus equinus* (Desmarest)) in West Africa. *J. Applied Ecology*, 11, 963-968.
- Poche, R.M., 1974b: Ecology of the African elephant (*Loxodonta a. africana*) in Niger, West Africa. *Mammalia*, 38, 567-580.

Pour les contributions dans les livres :

- Whithon, B.A., Potts, M., 1982: Marine littoral: 515-542. In: Carr, N.G., Whitton, B.A., (eds), The biology of cyanobacteria. Oxford, Blackwell.

Annerose, D., Cornaire, B., 1994 : Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches: 137-150. In: Reyniers, F.N., Netoyo L. (eds.). Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Ed. John Libbey Eurotext. Paris.

Pour les livres :

Zryd, J.P., 1988: Cultures des cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.

Stuart, S.N., R.J. Adams, M.D. Jenkins, 1990: Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN-The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

Pour les communications :

Vierada Silva, J.B., A.W. Naylor, P.J. Kramer, 1974: Some ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. Proceedings of Nat. Acad. Sc. USA, 3243-3247.

Lamachere, J.M., 1991 : Aptitude du ruissellement et de l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Actes de l'Atelier sur Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n° 199, 109-119.

Pour les abstracts :

Takaiwa, F., Tnifuji, S., 1979: RNA synthesis in embryo axes of germination pea seeds. Plant Cell Physiology abstracts, 1980, 4533.

Thèse ou mémoire :

Valero, M., 1987: Système de reproduction et fonctionnement des populations chez deux espèces de légumineuses du genre *Lathyrus*. PhD. Université des Sciences et Techniques, Lille, France, 310 p.

Pour les sites web :

<http://www.iucnredlist.org>, consulté le 06/07/2007 à 18 h. - <http://www.cites.org>, consulté le 12/07/2008 à 09 h.

Equations et formules

Les équations sont centrées, sur une seule ligne si possible. Si on s'y réfère dans le texte, un numéro d'identification est placé, entre crochets, à la fin de la ligne. Les fractions seront présentées sous la forme « 7/25 » ou « (a+b)/c ».

Unités et conversion

Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) comme expliqués au chapitre 23 du Mémento de l'Agronome, seront acceptés.

Abréviations

Les abréviations internationales sont acceptées (OMS, DDT, etc.). Le développé des sigles des organisations devra être complet à la première citation avec le sigle en majuscule et entre parenthèses (FAO, RFA, IITA). Eviter les sigles reconnus localement et inconnus de la communauté scientifique. Citer complètement les organismes locaux.

Nomenclature de pesticides, des noms d'espèces végétales et animales

Les noms commerciaux seront écrits en lettres capitales, mais la première fois, ils doivent être suivis par le(s) nom (s) communs(s) des matières actives, tel que acceptés par « International Organization for Standardization (ISO) ». En l'absence du nom ISO, le nom chimique complet devra être donné. Dans la page de la première mention, la société d'origine peut être indiquée par une note en bas de la page, p.e. PALUDRINE (Proguanil). Les noms d'espèces animales et végétales seront indiqués en latin (genre, espèce) en italique, complètement à la première occurrence, puis en abrégé (exemple : *Oryza sativa* = *O. sativa*). Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira ce nom scientifique dans le texte.

Tableaux, figures et illustrations

Chaque tableau (avec les colonnes rendus invisibles mais seules la première ligne et la dernière ligne sont visibles) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures/photographies seront écrits en bas des illustrations. Les légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. En ce qui concerne les illustrations (tableaux, figures et photos) seules les versions électroniques bien lisibles et claires, puis mises en extension jpeg avec haute résolution seront acceptées. Seules les illustrations dessinées à l'ordinateur et/ou scannées, puis les photographies en extension jpeg et de bonne qualité donc de haute résolution sont acceptées. Les places des tableaux et figures dans le texte seront indiquées dans un cadre sur la marge. Les tableaux sont numérotés, appelés et commentés dans un ordre chronologique dans le texte. Ils présentent des données synthétiques. Les tableaux de données de base ne conviennent pas. Les figures doivent montrer à la lecture visuelle suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte. Les figures sont en Excell, Havard, Lotus ou autre logiciel pour graphique sans grisés et sans relief. Il faudra fournir les données correspondant aux figures afin de pouvoir les reconstruire si c'est nécessaire.

Influence des systèmes culturaux sur la gestion des maladies du maïs (*Zea mays* L.) au Sud-Bénin

V. C. Aza^{1*}, C. E. Togbé¹, L. E. Ahoton¹ et B. C. Ahohuendo¹

¹MSc. V. C. Aza, Laboratoire de Biologie Végétale (LBV), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 03 BP 2819 Cotonou 03, E-mail : victorienaza@gmail.com, Tél. : (+229)95391102, République du Bénin

¹Dr Ir. C. Euloge TOGBÉ, LBV/FSA/UAC, 03 BP 2819 Cotonou 03, E-mail : euloge.togbe@yahoo.fr, Tél. : (+229)96693699, République du Bénin

¹Prof. Dr Ir. Léonard E. AHOTON, LBV/FSA/UAC, 03 BP 2819 Cotonou 03, E-mail : essehahoton@yahoo.fr, Tél. : (+229)67587823, République du Bénin

¹Prof. Dr Ir. Bonaventure Cohovi AHOHUENDO, LBV/FSA/UAC, 03 BP 2819 Cotonou 03, E-mail : ahohuendoc@daad-alumni.de, Tél. : (+229)97449859, République du Bénin

* Auteur correspondant : E-mail : victorienaza@gmail.com

Résumé

Le maïs est un aliment de base pour les populations au sud-Bénin. Au nombre des facteurs contraignant sa production se trouvent les ravageurs et les maladies. L'objectif du travail est de déterminer les systèmes culturaux permettant le contrôle des maladies du maïs au Sud-Bénin. Pour ce faire, une expérimentation a été conduite sur deux sites dans la commune d'Adjohoun. Le dispositif expérimental utilisé était un bloc aléatoire complet à quatre répétitions et à quatre traitements (Culture pure de maïs, association maïs-manioc, association maïs-arachide et association maïs-niébé). Les variétés de maïs utilisées étaient DMRESRW sur le premier site et Massahoué sur le second site. Les essais ont été conduits pendant quatre mois. Le labour en billons a été utilisé pour faire le semis. Les engrais NPK (15-20-15) et urée (46%) ont été appliqués aux 8^{ème} et 30^{ème} jours après la levée (JAL). Trois sarclages ont été réalisés aux 15^{ème}, 35^{ème} et 64^{ème} JAL. Les données collectées étaient relatives aux maladies suivantes : kabatiellose ; cercosporiose ; striure de maïs ; charbon de maïs ; fusariose de l'épi ; fusariose de la tige. Les résultats ont indiqués la présence des six maladies citées dans les différents systèmes de culture. Les cultures associées n'ont pas réduit l'incidence et la sévérité de la kabatiellose et de la cercosporiose. Par contre, elles ont réduit l'incidence de la striure de maïs, du charbon de maïs et de la fusariose de l'épi et de la tige. L'association maïs-niébé utilisant la variété Massahoué n'a pas réduit l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige. Les associations maïs-manioc et maïs-arachide ont respectivement réduit l'incidence de la striure et de la fusariose de maïs. L'association de cultures permet de réduire l'incidence de certaines maladies dans les systèmes à base de maïs.

Mots clés: Culture de maïs, Association culturale, Virus, Champignon, Contrôle cultural.

Influence of crop production systems on maize (*Zea mays* L.) diseases management in Southern Benin

Abstract

Maize is one the staple foods in southern Benin. Several constraints undermine the production of this crop such as pests and diseases. Incidence and severity of those diseases is still increasing in spite of application of various pest management strategies including chemical, biological, genetic and physical methods. The purpose of the work was to assess the effect of some cropping systems in the management of maize diseases. The experimental design was a complete randomized block with four treatments monocrop maize, maize-cassava intercropping, maize-groundnut intercropping, maize-cowpea intercropping and four replicates. The experiment was conducted during four months in the district of Adjohoun on two sites using two varieties: DMRESRW (site 1), Massahoué (site 2). Land was prepared using ridges tillage while fertilizers NPK (15-20-15) and urea (46%) were applied as follow: NPK 8th day after emergence (DAE), NPK and urea 30th DAE. Three weeding were adopted (15th, 35th, 64th DAE). Six diseases were identified: eyespot, gray leaf spot, maize streak disease, common maize smut, fusarium ear rot and fusarium stalk rot on the treated plots. Incidence and severity of eyespot and gray leaf spot were not reduced by intercropping. Contrariwise, incidence of maize streak disease, common maize smut, fusarium ear rot and fusarium stalk rot was reduced by intercropping. Maize-cowpea intercropping involving Massahoué variety did not reduce fusarium ear rot and fusarium stalk rot on maize ear and stalk. Finally, severity of maize streak and fusarium diseases were respectively reduced by maize-cassava and maize-groundnut intercropping. Multiple crops rotation lead to a poor incidence of certain diseases in maize based cropping systems.

Key words: Maize production, cropping system, virus, fungus, cropping methods.

Introduction

Au Bénin, le secteur agricole occupe environ 70% de la population active ; il contribue pour près de 33% au PIB, fournit environ 75% des recettes d'exportation et 15% des recettes de l'Etat (INSAE, 2015). La production maïsicole nationale moyenne de 2011 à 2015 est de 1 265 549 tonnes avec un rendement moyen de 1 347 kilogrammes/hectare (DSA/MAEP, B2A, INSAE, 2017). Au Sud-Bénin, le maïs est la base de l'alimentation, dont les produits de transformation sont la pâte, l'akassa, *mawè*, *ogui* et la bouillie (Mestres et al., 2001). Le maïs est aussi utilisé par certaines mini-entreprises pour la production de provende et de farine améliorées (Aloukoutou et al., 2011). Cette culture a été depuis toujours une source de revenu pour les femmes qui la transforment en *krèkrè*, galettes, *ablo* et *chapalo*. Le maïs est aussi une importante source d'énergie apportant aux populations du Sud-Bénin plus de 60% de l'énergie totale alimentaire (Cresta et al., 1994).

La culture du maïs est confrontée à de nombreuses contraintes telles que les stressés abiotiques et biotiques. Les stressés abiotiques sont la baisse et la mauvaise répartition d'unités fertilisantes au niveau des sols et les sécheresses (CIMMYT, 2004). Les sécheresses sporadiques que connaissent environ 40% des zones de production de maïs causent des pertes de rendement à hauteur de 10 à 25% (CIMMYT, 2004). Les zones où la pluviosité annuelle est supérieure à 250 mm sont favorables à la production du maïs. Par contre, les zones qui sont caractérisées par de faibles ensoleillements, de faibles précipitations et des températures élevées connaissent une baisse de rendement de la culture (Schulthess et al., 2002). Parmi les contraintes biotiques, on distingue les défis liés à la protection de la plante contre les nuisibles.

Les maladies du maïs persistent au Sud-Bénin malgré l'utilisation des bactéricides et des fongicides contre les pathogènes ainsi que l'application des insecticides contre les insectes vecteurs des spores de champignons et vecteurs de virus. Fininsa et Yuen (2001) ont montré en Ethiopie que le milieu agro-écologique, la saison de culture, la densité de semis, la date de semis et la variété du maïs ont une grande influence sur la rouille du maïs. Plus la densité de semis est élevée, plus les dégâts de la rouille sont importants. Ces dégâts provoquent la baisse de rendement du maïs. Landschoot et al. (2013) ont travaillé en Belgique sur l'évaluation de l'influence de la rotation maïs-blé sur les symptômes visibles de la fusariose (FHB : Fusariose Head Blight) et la teneur du blé en dioxynivenol en hiver. Ils ont montré que la fusariose (FHB) est le résultat d'une interaction complexe entre les actions des pratiques agricoles y compris la rotation de culture, le labour, l'application des fongicides et la résistance des hôtes. Presello et al. (2007) ont montré en Argentine que *Fusarium verticillioides* cause la pourriture de l'épi du maïs et contamine les grains avec des fumonisines, lesquelles déprécient la qualité des grains et causent la baisse du rendement en grain. Lyimo et al. (2012) ont aussi montré en Tanzanie que le labour conventionnel associé à la culture de variétés résistantes du maïs hybride provoque la réduction des dégâts de la maladie des feuilles à taches grises et accroît le rendement du maïs. Sikirou (1995) a montré au Bénin que l'association manioc-maïs permet de réduire la population de *Bemisia tabaci* et l'incidence de la maladie de la mosaïque du manioc. Malgré les différentes méthodes de lutte utilisées contre les maladies du maïs, celles-ci se développent en provoquant la baisse de rendements en grains de maïs. Face à ces difficultés auxquelles sont confrontés les producteurs de maïs, une méthode alternative de gestion des maladies s'avère nécessaire. Au Sud-Bénin, plusieurs producteurs pratiquent l'association du maïs avec d'autres cultures telles que le palmier à huile, le manioc, l'arachide, le niébé, le piment, etc. Les résultats de la présente étude vont contribuer à l'accroissement de la productivité du maïs, à l'amélioration de la fertilité du sol et à l'accroissement du revenu des producteurs à travers les bénéfices que procureront les meilleures associations du maïs avec d'autres cultures. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'effet des associations de culture à base de maïs sur le contrôle de ses maladies au Sud-Bénin.

Milieu d'étude

L'essai a été installé à Houékpakpota (Site 1: 06°42'10,8" latitude Nord et 002°29'25,0" longitude Est) et à Abéokouta (Site 2 : 06°39'48,4" latitude Nord et 002°29'55,2" longitude Est) dans la commune d'Adjohoun dans le département de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin (Figure 1). Le climat est subéquatorial caractérisé par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches et une pluviosité moyenne annuelle variant de 1000 à 1550 millimètres (ASECNA, 2015). La température moyenne annuelle varie entre 25,1 et 30,7°C. L'humidité relative moyenne annuelle varie entre 68,9 et 92,2%. Le sol est ferrallitique faiblement désaturé modal sur sédiment argilo-sableux du continental terminal (Igué, 2009). Le sud-Bénin n'est pas épargné aujourd'hui par les variabilités et changements climatiques, à la base des modifications de saisons et des distributions non prévisibles des pluies ; ce qui appelle à l'adoption de nouveaux calendriers de production (Avadi et al., 2020).

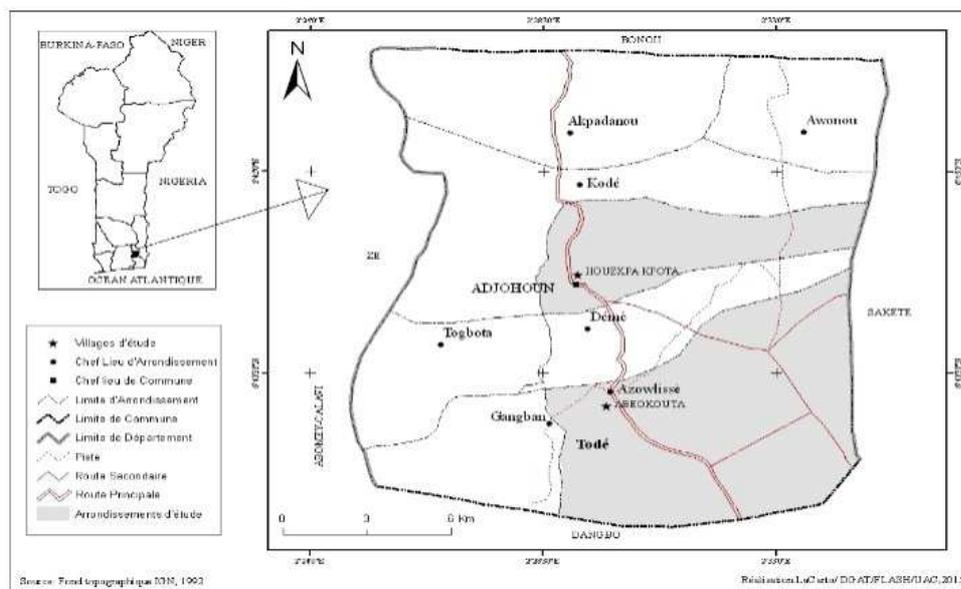


Figure 1. Carte administrative de la commune d'Adjohoun

Matériels et Méthodes

Matériel végétal

La variété améliorée DMRESRW et la variété locale Massahoué ont constitué les deux cultivars de maïs, utilisées comme matériel végétal. Concernant le manioc, le niébé et l'arachide, les semences de chaque cultivar ont été fournies par les producteurs de la commune d'Adjohoun.

Traitements

Le maïs en culture pure (T1), le maïs en association avec le manioc (T2), le maïs en association avec l'arachide (T3) et le maïs en association avec le niébé (T4), ont été les quatre traitements appliqués dans le cadre du présent travail.

Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Le dispositif expérimental utilisé dans le cadre du présent travail a été un bloc aléatoire complet avec quatre traitements et quatre répétitions avec des parcelles élémentaires de 150 m² (15 m × 10 m). La distance séparant deux traitements était de 1 m et celle séparant deux blocs était de 1,5 m. L'essai a été installé sur deux sites. La variété améliorée de maïs DMRESRW a été cultivée sur le site 1 et la variété locale de maïs « Massahoué » a été installée sur le site 2.

Le travail du sol a consisté en un labour en billons précédé d'un défrichement. Les semis ont été faits le 04 juin 2015 au niveau du site 1 et le 24 juillet 2015 au niveau du site 2. Le maïs a été semé à raison de trois graines par poquet démarrié à deux plants. En culture pure, le maïs a été semé suivant l'écartement de 0,80 m entre lignes et 0,40 m entre poquets. En association avec les autres cultures, le maïs a été semé à un écartement de 0,80 m entre lignes et 0,80 m entre poquets. Le niébé a été semé à un écartement de 0,8 m entre lignes et 0,20 m entre poquets à raison de deux graines par poquet démarrié à un plant. L'arachide a été semée suivant l'écartement de 0,8 m entre lignes et 0,2 m entre poquets à raison de deux graines par poquet démarrié à un plant. Le manioc a été planté suivant l'écartement de 0,80 m entre lignes et 0,80 m entre poquets. Tous les semis de maïs ont d'abord été réalisés suivis immédiatement des semis de l'arachide, du niébé et de la plantation des boutures de manioc. Trois sarclages ont été réalisés sur chaque site. Les premiers sarclages ont été réalisés les 15^{ème} et 20^{ème} jours après levée. Les deuxièmes sarclages ont été réalisés le 35^{ème} et le 45^{ème} jour après levée. Les troisièmes sarclages ont été réalisés le 64^{ème} et le 68^{ème} jour après levée.

Deux fumures minérales ont été réalisées. Les premières fumures minérales ont été le N-P-K appliqué le 8^{ème} et le 10^{ème} jour après levée. L'engrais minéral N-P-K 15-20-15 a été appliqué à la dose de 5 g par poquet de maïs. Les deuxièmes fumures minérales de N-P-K et d'urée ont été appliquées les 30^{ème} et 35^{ème} jours après levée. Les engrais minéraux N-P-K et urée 46% ont été apportés à la dose de 5 g par poquet de maïs. Dix plantes de maïs par parcelle élémentaire ont été échantillonnées et inspectées soit 160 plantes pour les 16 parcelles élémentaires.

Collecte de données

Les données ont été collectées tous les sept jours à partir du 36^{ème} jour après levée sur les deux sites. La kabatiellose, la cercosporiose, la striure de maïs, le charbon de maïs, la fusariose de l'épi et la fusariose de la tige ont été les six maladies suivantes identifiées au niveau de tous les traitements. Les données ont été collectées sur les paramètres suivants : description des symptômes des maladies ; incidence des maladies ; sévérité des maladies. Les symptômes de chaque maladie ont été décrits par traitement à l'aide du guide d'identification des maladies du maïs sur le terrain élaboré par CIMMYT (2004).

Le nombre de plantes malades sur le nombre total de plantes échantillonnées au niveau de chaque traitement a été compté et l'incidence de chaque maladie a été calculée. L'incidence (en pourcentage) a été le nombre de plantes malades sur le nombre total de plantes multiplié par 100. Le nombre de feuilles malades par classe de sévérité a été compté au niveau des plantes échantillonnées de chaque traitement. Les valeurs des sévérités moyenne et totale ont été calculées par maladie et par traitement. Les sévérités moyenne et totale ont été estimées sur les 5 dernières feuilles situées autour de l'apex de chaque plante échantillonnée. Les classes de sévérité ont été établies à partir de celles définies de 0 à 5 par Paul et Munkovold en 2004 (Tableau 1).

Tableau 1. Échelle de notation de 0 à 5 de Paul et Munkovold (2004)

Surface foliaire infectée (%)	Classe	Description des symptômes
0	0	Pas d'infection foliaire observée.
0-20	1	Petites taches chlorotiques.
21-40	2	Petites taches nécrotiques entourées de tissus chlorotiques ; lésions de petite taille
41-60	3	Lésions de taille moyenne : taches nécrotiques de taille moyenne entourées de tissus nécrotiques.
61-80	4	Large lésions : aires nécrotiques larges entourées de zones de chlorose.
81-100	5	Déformation foliaire ; réduction foliaire ; feuilles mortes.

La sévérité moyenne (\bar{X}) a été obtenue à l'aide de la formule de moyenne pondérée suivante (1):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1), \text{ où } X_i \text{ est le nombre de feuilles par classe et } w_i \text{ le coefficient de pondération ou numéro de classe.}$$

La sévérité totale de chaque maladie a été estimée au niveau de chaque plante de maïs en prenant en compte la classe de sévérité et la proportion de feuilles infectées (Sikirou, 1995). La sévérité totale

$$(S_T) \text{ de chaque maladie a été estimée par plant à l'aide de la formule (2) : } S_T = \sum_{i=1}^n w_i P_i \quad (2),$$

où: w_i est le coefficient de pondération ou numéro de classe et P_i la proportion de feuilles infectées (rapport feuilles malades d'une classe sur feuilles totales inspectées).

La sévérité de la fusariose des grains par épi a été estimée. Le pourcentage moyen de grains infectés a été calculé par épis et par traitement. La sévérité de la fusariose a été visuellement évaluée au niveau de chaque épi conformément à l'échelle suivante basée sur le pourcentage des grains portant les symptômes (Reid *et al.*, 2001) : 1 = aucun symptôme ; 2 = 1 à 3% de l'épi portant les symptômes ; 3 = 4 à 10% de l'épi portant les symptômes ; 4 = 11 à 25% de l'épi portant les symptômes ; 5 = 26 à 50% de l'épi portant les symptômes ; 6 = 51 à 75% de l'épi portant les symptômes ; 7 = 76 à 100% de l'épi portant les symptômes.

Traitement et Analyse des données

La normalité des données relatives à l'incidence et à la sévérité des maladies a été vérifiée à l'aide du test de normalité de Ryan-Joiner. Ensuite, ces données ont été traitées à l'aide du tableur Excel. L'analyse de la variance à deux critères de classification a été faite et les moyennes ont été séparées à l'aide du test de Student-Newman-Keul au seuil de 5%.

Résultats

Incidence des maladies

L'incidence globale de la kabatiellose et celle de la cercosporiose n'ont pas varié significativement ($p > 0,05$) entre les traitements quelle que soit la variété de maïs considérée (Tableau 2).

Par contre, l'incidence globale de la striure de maïs a varié significativement entre les traitements quelle que soit la variété de maïs considérée. L'incidence de la striure de maïs a été plus faible au niveau du traitement association maïs-manioc (T2) qu'au niveau des autres traitements. Au niveau du traitement maïs en culture pure (T1), l'incidence de la striure de maïs a été plus élevée qu'au niveau des autres traitements (Tableau 2). L'incidence de la striure de maïs a été plus faible au niveau du traitement association maïs-arachide (T3) qu'au niveau de l'association maïs-niébé (T4).

L'incidence globale du charbon de maïs a varié significativement entre les traitements pour les deux variétés de maïs. L'incidence globale du charbon de maïs a été plus élevée au niveau du traitement maïs en culture pure (T1) qu'au niveau de tous les autres traitements. Cependant, l'incidence du charbon de maïs n'a pas été différente entre les associations maïs-manioc (T2), maïs-arachide (T3) et maïs-niébé (T4).

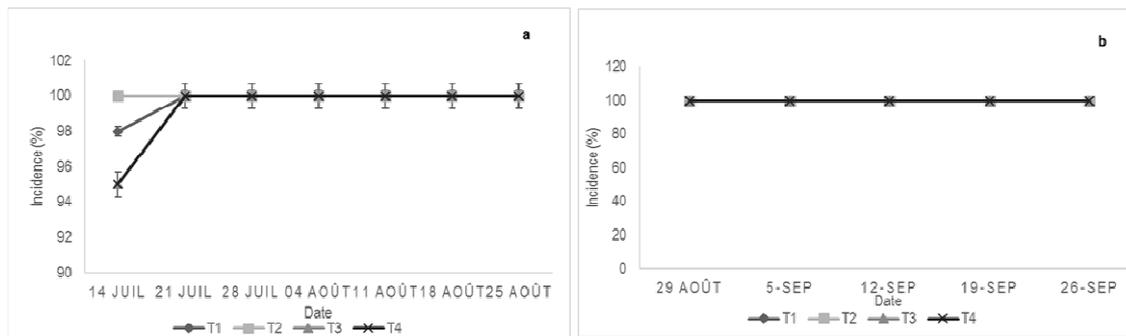
Tableau 2. Effet de la culture associée sur l'incidence des maladies

Variétés	Système culturaux	Incidence des maladies (%)				
		Kabatiellose	Cercosporiose	Striure de maïs	Charbon de maïs	Fusariose de l'épi et de la tige
DMRESRW	Maïs en culture pure	99,64±1,88a	95,35±12,61a	7,00±1,74a	31,06±16,0a	85,00±12,90a
	Association maïs-manioc	100,00±0,00a	92,85±16,52a	1,00±0,00d	5,18±3,60b	60,00±18,25ab
	Association maïs-arachide	99,28±2,62a	94,64±11,04a	2,75±0,80c	3,56±3,30b	32,50±9,57b
	Association maïs-niébé	99,28±3,77a	93,57±14,96a	3,75±0,80b	2,75±0,44b	65,00±36,96ab
Massahoué	Maïs pur	100,00±0,00a	100,00±0,00a	7,95±1,09a	10,41±5,41a	90,00±0,00a
	Association maïs-manioc	100,00±0,00a	100,00±0,00a	1,50±0,51d	3,33±3,20b	77,50±5,00b
	Association maïs-arachide	100,00±0,00a	100,00±0,00a	2,70±0,97c	4,66±4,37b	62,50±5,00c
	Association maïs-niébé	100,00±0,00a	100,00±0,00a	4,75±0,63b	3,99±2,86b	92,50±5,00a

Les moyennes suivies de différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5%.

L'incidence globale de la fusariose de l'épi et de la tige a varié significativement entre les traitements pour les deux variétés de maïs. L'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige a été plus élevée au niveau du traitement maïs en culture pure (T1) qu'au niveau de tous les autres traitements. L'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige a été plus faible au niveau du traitement association maïs-arachide (T3) qu'au niveau de tous les autres traitements (Tableau 2). Toutefois, en considérant la variété Massahoué, l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige a été la même au niveau des traitements maïs en culture pure (T1) et association maïs-niébé (T4).

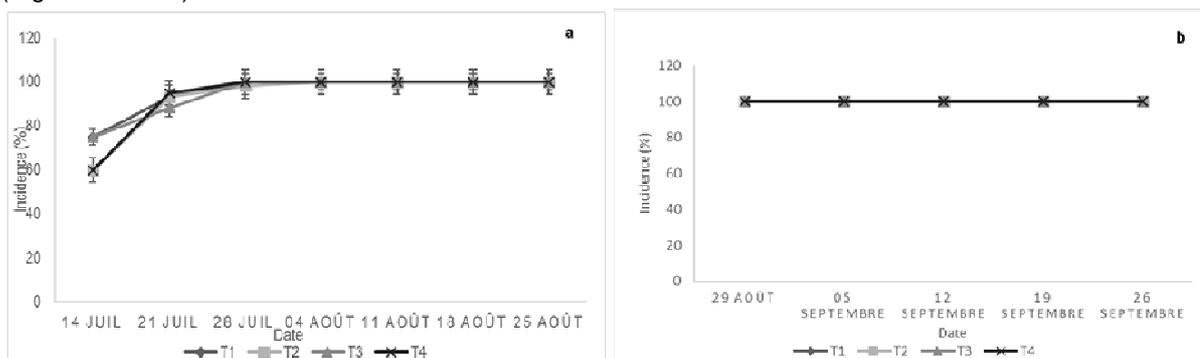
L'incidence de la kabatiellose était au-delà de 95% au niveau du traitement maïs en culture pure (T1) et de 95% au niveau des traitements association maïs-arachide (T3) et association maïs-niébé (T4) le 14 juillet, puis est passée à 100% à partir du 21 juillet pour la variété de maïs DMRESRW. Celle du traitement association maïs-manioc (T2) est restée à 100%. Pour la variété Massahoué, elle était de 100% au niveau de tous les traitements du 29 août au 26 septembre (Figure 2 a et b).



Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioc ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

Figure 2. Évolution de l'incidence de la kabatielliose suivant les variétés DMRESRSW (a) et Massahoué (b)

L'incidence de la cercosporiose des plantes de maïs de la variété DMRESRW qui était au-delà de 75% au niveau des traitements maïs en culture pure (T1) et association maïs-arachide (T3) et 93% au niveau des traitements association maïs-manioc (T2) et association maïs-niébé (T4) le 14 juillet, est passée à 100% du 21 juillet au 25 août. Pour les plantes de maïs de la variété Massahoué, l'incidence de la cercosporiose était de 100% au niveau de tous les traitements du 29 août au 26 septembre (Figure 3 a et b).

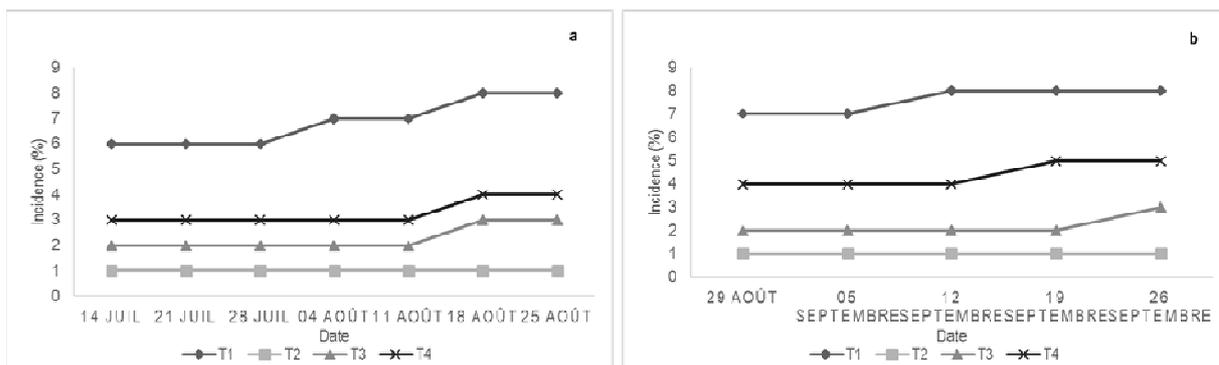


Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioc ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

Figure 3. Évolution de l'incidence de la cercosporiose suivant les variétés DMRESRSW (a) et Massahoué (b)

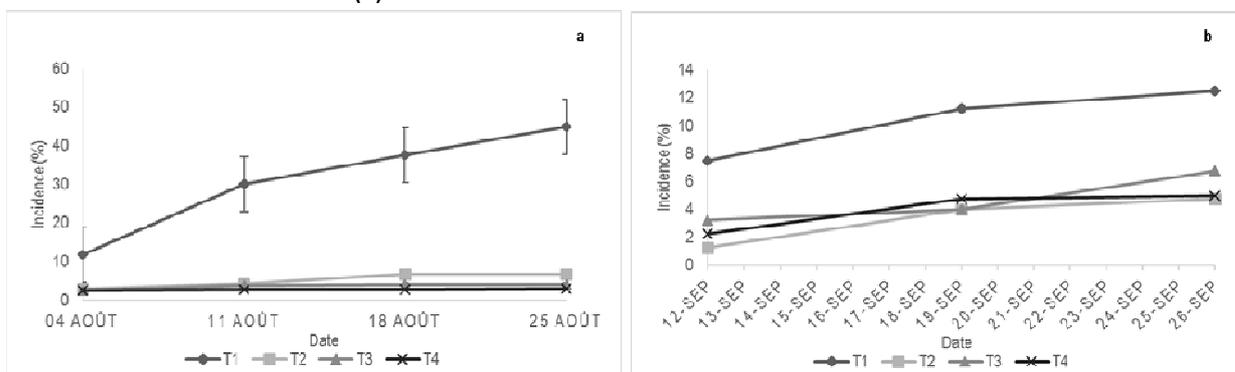
L'incidence de la striure sur la variété DMRESRW a varié de 6 à 8% au niveau du traitement maïs en culture pure(T1), 6 à 7% au niveau du traitement association maïs-arachide(T3) et 3 à 4% au niveau du traitement association maïs-niébé (T4) du 14 juillet au 25 août. Pour les plantes de maïs de la variété Massahoué, l'incidence de la striure a varié de 7 à 8% au niveau du traitement T1, 2 à 3% au niveau du traitement T3 et 4 à 5% au niveau du traitement T4 du 29 août au 26 septembre (Figure 4 a et b). Concernant l'association maïs-manioc (T2), l'incidence de la striure a été constant (1%) quelle que soit la variété de maïs considérée.

L'incidence du charbon de maïs sur la variété DMRESRW a varié de 11,75 à 45% au niveau du traitement maïs en culture pure(T1), de 3 à 6,75% au niveau de l'association maïs-manioc (T2), de 2,5 à 4% au niveau de l'association maïs-arachide (T3) et de 2,5 à 3% au niveau de l'association maïs-niébé (T4) du 04 au 25 août. Pour les plantes de maïs de la variété Massahoué, l'incidence du charbon a varié de 7,5 à 12,5% au niveau du traitement (T1), 1,25 à 4,75% au niveau de l'association maïs-manioc (T2), 3,25 à 6,75% au niveau du traitement T3 et 2,25 à 5% au niveau du traitement T4 du 12 au 26 septembre (Figure 5 a et b).



Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioç ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

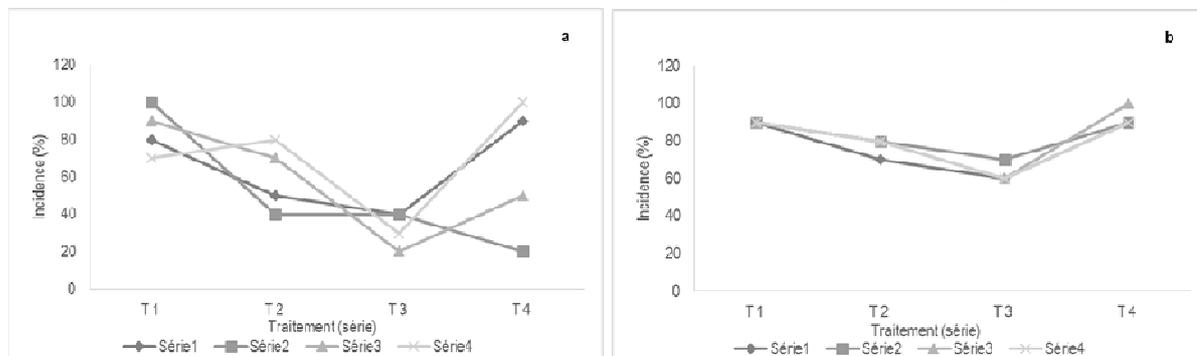
Figure 4. Évolution de l'incidence de la striure de maïs suivant les variétés DMRESRSW (a) et Massahoué (b)



Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioç ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

Figure 5. Évolution de l'incidence du charbon de maïs suivant les variétés DMRESRSW (a) et Massahoué (b)

L'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige de maïs était de 85% dans la parcelle de maïs en culture pure (1). L'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige était respectivement 60% et 65% dans les parcelles association maïs-manioç (2) et association maïs-niébé (4). La parcelle association maïs-arachide (3) a eu la plus faible valeur de l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige (32,5%) pour la variété DMRESRW (Figure 6 a). Concernant la variété Massahoué (Figure 6 b), l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige de maïs était de 90% dans la parcelle de maïs en culture pure (1). L'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige était respectivement 77,5% et 92,5% dans les parcelles association maïs-manioç (2) et association maïs-niébé (4). La parcelle association maïs-arachide (3) a eu la plus faible valeur de l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige (62,5%).



Légende : T1 (Série1) = maïs en culture pure ; T2 (Série2) = association maïs-manioç ; T3 (Série3) = association maïs-arachide ; T4 (Série4) = association maïs-niébé

Figure 6. Évolution de l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige suivant les variétés DMRESRW(a) et Massahoué (b)

Sévérité des maladies

De façon globale, les sévérités moyenne et totale de la kabatiellose et celle de la cercosporiose n'ont pas varié significativement entre les traitements quelle que soit la variété de maïs considérée (Tableaux 3 et 4).

Tableau 3. Effet de la culture associée sur la sévérité moyenne par plante des maladies

Variétés	Systèmes culturaux	Sévérité moyenne des maladies	
		Kabatiellose	Cercosporiose
DMRESRW	Maïs en culture pure	3,43±1,05a	2,86±0,96a
	Association maïs-manioc	3,63±1,07a	2,86±0,93a
	Association maïs-arachide	3,41±0,98a	2,92±0,94a
	Association maïs-niébé	3,40±0,95a	2,75±1,03a
Massahoué	Maïs en culture pure	4,53±0,34a	3,91±0,34a
	Association maïs-manioc	4,77±0,32a	3,60±0,41a
	Association maïs-arachide	4,69±0,34a	3,63±0,51a
	Association maïs-niébé	4,63±0,28a	3,74±0,23a

Les moyennes suivies de différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5%.

Tableau 4. Effet de la culture associée sur la sévérité totale par plante des maladies

Variétés	Systèmes culturaux	Sévérité totale des maladies	
		Kabatiellose	Cercosporiose
DMRESRW	Maïs en culture pure	2,91±1,31a	2,40±1,45a
	Association maïs-manioc	2,93±1,25a	2,20±1,35a
	Association maïs-arachide	2,83±1,28a	2,38±1,44a
	Association maïs-niébé	2,95±1,48a	2,18±1,68a
Massahoué	Maïs en culture pure	2,87±0,19a	1,88±0,79a
	Association maïs-manioc	2,94±0,16a	1,87±0,72a
	Association maïs-arachide	2,91±0,17a	1,72±0,86a
	Association maïs-niébé	2,83±0,12a	1,59±0,60a

Les moyennes suivies de différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5%.

La sévérité de la fusariose des grains de maïs a varié significativement entre les différents traitements quelle que soit la variété de maïs considérée (Tableau 5). La sévérité de la fusariose des grains de maïs était plus élevée dans le traitement maïs en culture pure (T1) que dans tous les autres traitements. La sévérité de la fusariose des grains de maïs est plus faible dans le traitement association maïs-arachide (T3) que dans tous les autres traitements. La sévérité de la fusariose des grains de maïs du traitement association maïs-niébé (T4) est supérieure à celle du traitement association maïs-manioc (T2).

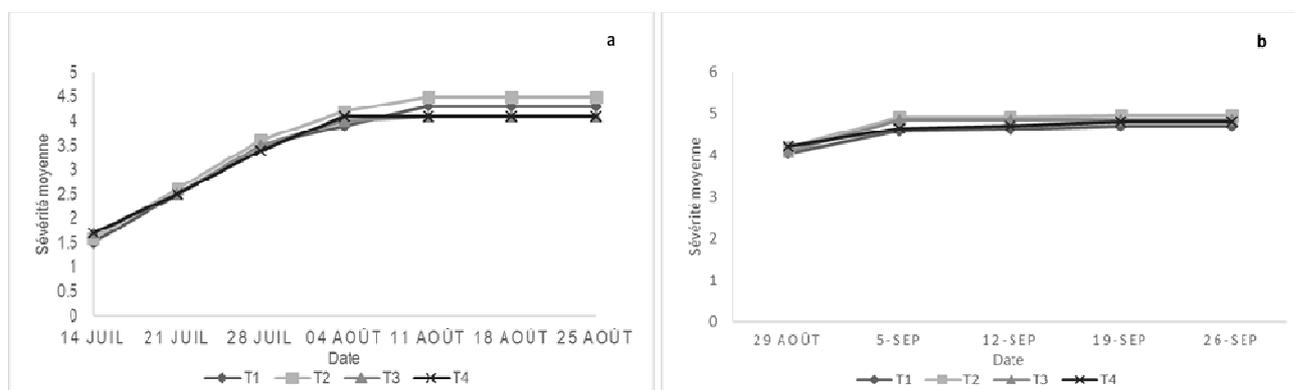
Tableau 5. Effet de la culture associée sur la sévérité de la fusariose des grains de maïs

Variétés	Systèmes culturaux	Sévérité de la fusariose maladies
DMRESRW	Maïs en culture pure	6,85±0,00a
	Association maïs-manioc	5,21±0,00b
	Association maïs-arachide	2,0±0,00c
	Association maïs-niébé	6,78±0,00a
Massahoué	Maïs en culture pure	6,7±0,00a
	Association maïs-manioc	4,9±0,00b
	Association maïs-arachide	2,0±0,00c
	Association maïs-niébé	7,0±0,00a

Les moyennes suivies de différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5%.

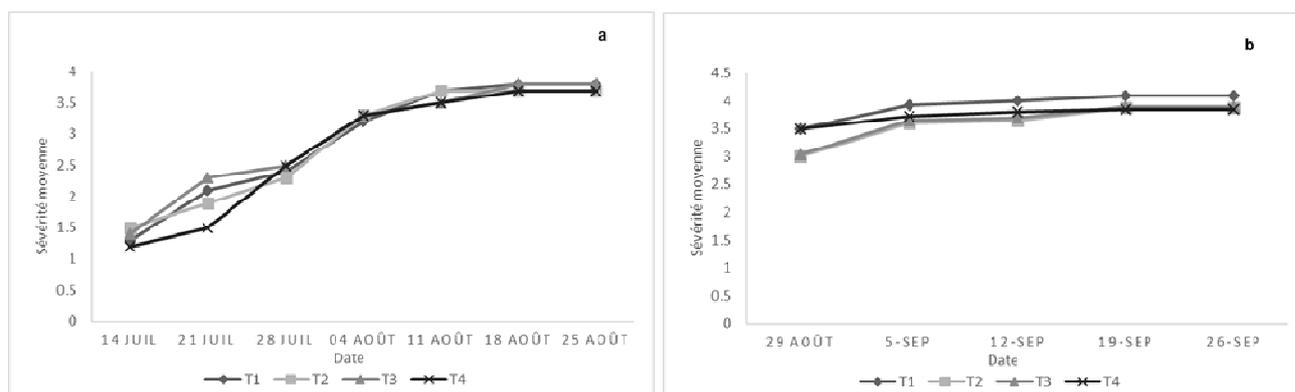
La sévérité moyenne de la kabatiellose des plantes de maïs sur la variété DMRESRW a varié de 1,5 à 4,3 au niveau du traitement maïs en culture pure (T1), de 1,6 à 4,5 au niveau du traitement association maïs-manioç (T2), de 1,7 à 4,1 au niveau des traitements association maïs-arachide (T3) et association maïs-manioç (T4) du 14 juillet au 25 août (Figure 7 a). Pour les plantes de maïs de la variété Massahoué, la sévérité moyenne de la kabatiellose par plante a varié de 4,05 à 4,7 au niveau du maïs en culture pure (T1), 4,2 à 4,95 au niveau de la parcelle association maïs-manioç (T2), 4,08 à 4,85 au niveau du traitement T3 et 4,22 à 4,8 au niveau du traitement T4 du 29 août au 26 septembre (Figure 7 b).

La sévérité moyenne de la cercosporiose sur la variété DMRESRW a varié de 1,3 à 3,8 au niveau du maïs en culture pure (T1), de 1,5 à 3,7 au niveau de l'association maïs-manioç (T2), de 1,4 à 3,8 au niveau du traitement association maïs-arachide (T3) et 1,2 à 3,7 au niveau du traitement association maïs-niébé (T4) du 14 juillet au 25 août (Figure 8 a). Pour la variété Massahoué, la sévérité moyenne de la cercosporiose par plante a varié de 3,5 à 4,1 au niveau du traitement T1, 3 à 3,88 au niveau du traitement (T2), 3,03 à 3,9 au niveau du traitement T3 et 3,5 à 3,85 au niveau du traitement T4 du 29 août au 26 septembre (Figure 8 b).



Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioç ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

Figure 7 Évolution de la sévérité moyenne de la kabatiellose suivant les variétés DMRESRW (a) et Massahoué (b)



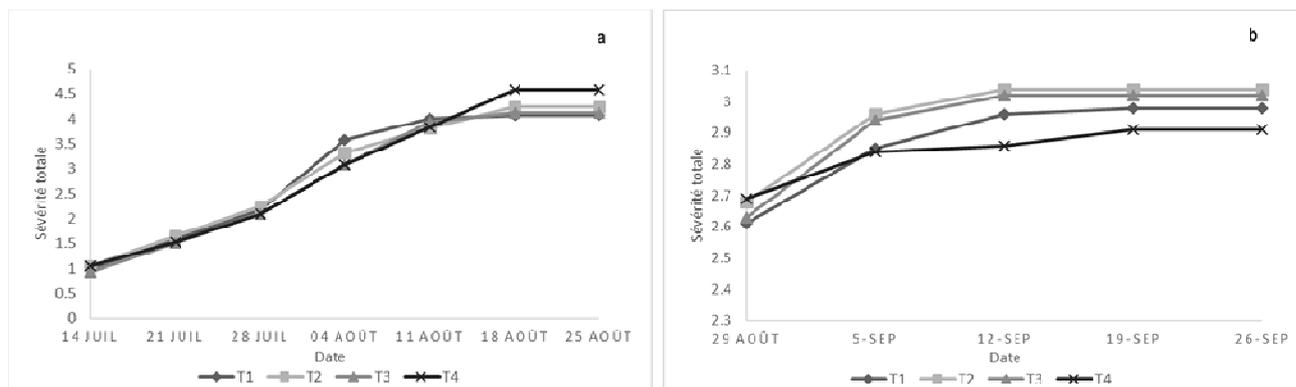
Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioç ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

Figure 8. Évolution de la sévérité moyenne de la cercosporiose suivant les variétés DMRESRW (a) et Massahoué (b)

La sévérité totale de la kabatiellose par plante a varié de 0,98 à 4,07 au niveau du traitement T1, de 1,05 à 4,24 au niveau du traitement T2, de 0,94 à 4,13 au niveau du traitement T3 et 1,05 à 4,58 au niveau du traitement T4 du 14 juillet au 25 août pour la variété DMRESRW (Figure 9 a). Pour la variété Massahoué, la sévérité totale de la kabatiellose par plante a varié de 2,61 à 2,98 au niveau du traitement T1, 2,68 à 3,04 au niveau de la parcelle association maïs-manioç (T2), 2,63 à 3,02 au

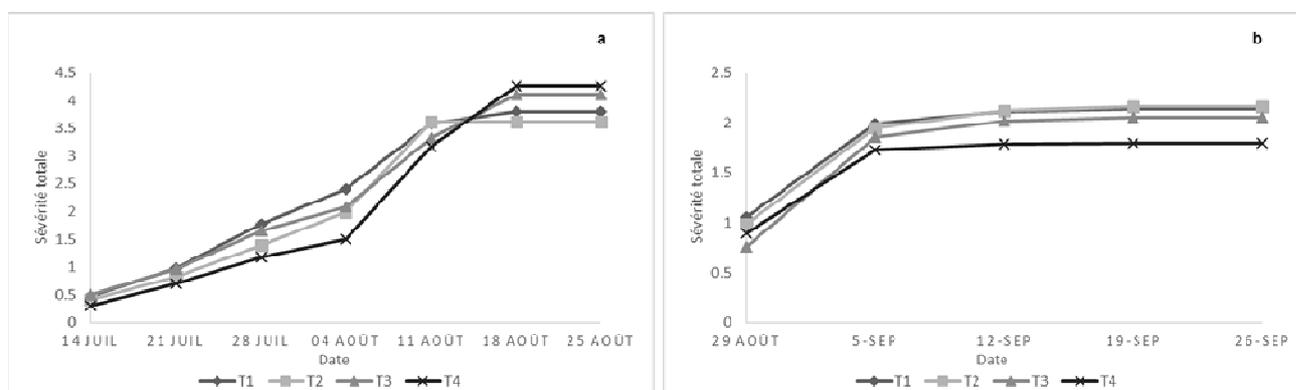
niveau du traitement T3 et 2,69 à 2,91 au niveau du traitement T4 du 29 août au 26 septembre (Figure 9 b).

La sévérité totale de la cercosporiosesurla variété DMRESRW a varié de 0,47 à 3,81 au niveau du traitement T1, de 0,42 à 3,62 au niveau du traitement T2, de 0,5 à 4,11 au niveau du traitement T3 et 0,31 à 4,26 au niveau du traitement T4 du 14 juillet au 25 août (Figure 10 a). Pour la variété Massahoué, la sévérité moyenne de la cercosporiose par plante a varié de 1,06 à 2,14 au niveau du traitement T1, 0,99 à 2,16 au niveau de la parcelle association maïs-manioc (T2), 0,76 à 2,05 au niveau du traitement T3 et 0,89 à 1,8 au niveau du traitement T4 du 29 août au 26 septembre (Figure 10 b).



Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioc ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

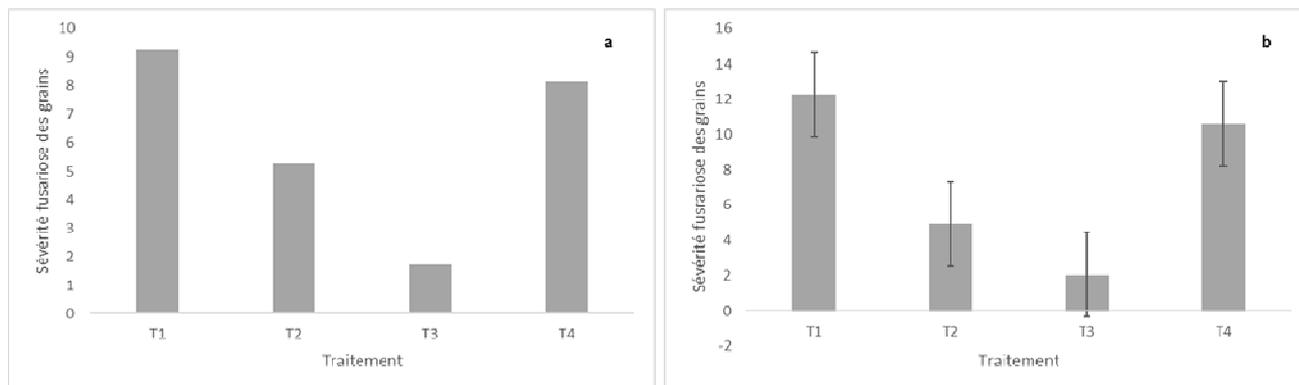
Figure9. Évolution de la sévérité totale par plante de la kabatiellose suivant les variétés DMRESRW (a) et Massahoué (b)



Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioc ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

Figure 10. Évolution de la sévérité totale par plante de la cercosporiose suivant les variétés DMRESRW (a) et Massahoué (b)

La sévérité de la fusariose des grains de la variété DMRESRW était de 9,24 au niveau du traitement maïs en culture pure (1). Celle du traitement association maïs-niébé (4) était de 8,15 et celle du traitement association maïs-manioc (2) était de 5,28. La parcelle association maïs-arachide (3) a eu la plus faible valeur (1,70) par épi de maïs (Figure 11 a). Pour les plantes de maïs de la variété Massahoué, la sévérité de la fusariose des grains de maïs était de 12,26 au niveau du traitement (1). Celle du traitement (4) était de 10,62et celle du traitement (2) était 4,90. La parcelle association maïs-arachide (3) a eu la plus faible valeur (2,04) de sévérité de la fusariose des grains par épi de maïs (Figure 11 b).



Légende : T1 = maïs en culture pure ; T2 = association maïs-manioc ; T3 = association maïs-arachide ; T4 = association maïs-niébé

Figure 11. Évolution de la sévérité de la fusariose des grains suivant les variétés DMRESRW (a) et Massahoué (b)

Discussion

L'étude montre que la sévérité moyenne par plante de la kabatiellose varie respectivement entre 3,43 et 4,53 pour les variétés DMRESRW et Massahoué. En outre, l'étude montre que l'association n'a aucune influence sur l'incidence, la sévérité moyenne, et la sévérité totale de la kabatiellose causée par *Aureobasidium zeae*. Dans un milieu moins chaud et où les précipitations sont plus élevées (température moyenne mensuelle de 21,63°C et pluviosité moyenne mensuelle de 24,38 millimètres), Chinchilla-Lopez (1985) a obtenu aux Etats-Unis une sévérité moyenne de la kabatiellose respectivement de 7,07 et 13,46 pour les variétés W64A et W117.

L'association maïs-niébé n'a pas d'influence sur l'incidence de la cercosporiose de maïs comparativement à la culture pure de maïs dans l'étude. Par ailleurs, les associations maïs-manioc et maïs-arachide n'ont pas aussi d'influence sur l'incidence et la sévérité de la cercosporiose de maïs. En associant les variétés de maïs « UH6303 » (résistante), « Staha » (modérément résistante) et « Pannar » (sensible) avec le haricot (*Phaseolus vulgaris*), Lyimo *et al.* (2012) ont observé en Tanzanie que cette association a réduit l'incidence et la sévérité de la cercosporiose de maïs.

L'incidence de la striure de maïs est plus faible au niveau de la variété améliorée DMRESRW qu'au niveau de la variété locale Massahoué dans l'étude. De plus, l'incidence de la striure est plus faible au niveau des associations maïs-manioc, maïs-arachide et maïs-niébé qu'au niveau de la culture pure de maïs. Elle est encore plus faible au niveau de l'association maïs-manioc qu'au niveau des autres associations. Ceci s'explique par le fait que les plants de manioc constituent une barrière à la propagation du vecteur du virus de la striure de maïs *Cicaduli nambila*. Lukuyu *et al.* (2013), soulignent que l'incidence de la striure de maïs est plus faible au niveau des variétés résistantes qu'au niveau de celles moins résistantes.

Dans l'étude, l'incidence du charbon de maïs est plus élevée au niveau du traitement maïs en culture pure qu'au niveau de tous les autres traitements aussi bien au niveau de la variété DMRESRW qu'au niveau de la variété Massahoué. Howatt (2006) a souligné que la plupart variétés de maïs sont plus ou moins sensibles au charbon de maïs.

La sévérité de la fusariose des grains de maïs est plus faible au niveau de la variété améliorée DMRESRW qu'au niveau de la variété locale Massahoué. Presello *et al.* (2007) ont observé en Argentine que l'incidence de la fusariose des grains est plus faible au niveau des variétés modérément résistantes (Condor et DK752) qu'au niveau de la variété sensible (Chalten) de maïs, en culture pure et infection naturelle par *F. verticillioides*. Par conséquent, la variété améliorée est plus résistante à la fusariose que la variété locale Massahoué.

En ce qui concerne l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige, elle est de 85% au niveau de DMRESRW. L'incidence de cette maladie est plus faible en culture associée qu'en culture pure de maïs sauf pour la variété Massahoué. Au niveau de cette dernière, l'incidence de la fusariose de l'épi et de la tige est pratiquement la même au niveau des traitements maïs en culture pure et association maïs-manioc. Cette observation s'explique par le fait que la variété Massahoué est plus sensible à la fusariose que la variété DMRESRW. Dewaminou (2004) a montré au Bénin que l'incidence de la

fusariose due à l'infection naturelle par *F. verticillioides* des tiges de la variété de maïs DMRESRW est de 8,31%. Ceci montre que la variété DMRESRW est tolérante à la fusariose.

Conclusion

Les six maladies de maïs rencontrées telles que la kabatiellose, la cercosporiose, la striure de maïs, le charbon de maïs, ainsi que la fusariose de l'épi, de la tige et des grains sont toutes présentes dans le milieu d'étude. Les trois traitements appliqués n'influencent pas l'incidence de la kabatiellose et de la cercosporiose. Le traitement association maïs-manioc réduit l'incidence de la striure de maïs. Les associations maïs-manioc, maïs-arachide et maïs-niébé réduisent l'incidence du charbon de maïs. L'association maïs-arachide réduit l'incidence et la sévérité de la fusariose de l'épi, de la tige et celle des grains de maïs. Les associations maïs-manioc et maïs arachide permettent de gérer respectivement la striure de maïs et la fusariose de la tige, de l'épi et de grains de maïs. Les associations maïs-manioc, maïs-arachide et maïs-niébé permettent de mieux gérer le charbon.

Références bibliographiques

- Aloukoutou, A., P. Adegbola, B. Diallo, 2011 : Analyse de la compétitivité du maïs local au Bénin. Rapport final n°1-2011-12 PAPA-INRAB, Cotonou, Bénin. 11 p.
- ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar), 2015 : Répertoire des données de pluviométrie, d'humidité relative et de température de la commune d'Adjohoun de janvier à décembre 2014 et de janvier à décembre 2015.
- Avadi, A., R. Hodomihou, F. Feder, 2020 : Maraîchage raisonné versus conventionnel au Sud-Bénin : comparaison des impacts environnementaux, nutritionnels et socio-économiques. INRA et CIRAD, Méta-programme GloFoodS. <http://www.glofoods.inra.fr>, 70 p.
- Chinchilla-Lopez, C. M., 1985: Pathogen survival and host resistance in the eyespot disease of maize caused by *Kabatiella zae* Narita and Hiratsuka. PhD. Iowa State University, Iowa, United State of America, Paper 7827. 120 p.
- CIMMYT, 2004: The CIMMYT Maize Programme 2004. Maize Diseases: A guide for field identification. 4th edition. Mexico, D. F.: CIMMYT.
- Cresta, M., F. C. C. Adandédjan, F. Vecchi, F. Nouwakpo, 1994 : L'alimentation d'une communauté rurale au sud du Bénin (Sous-préfecture de Zè) : les bilans énergétiques des ménages et de leurs composants adultes. *RivAntropol*, 72: 15-80.
- Dewaminou, M. P., 2004 : Test de comportement de quelque variété de maïs (*Zeamays* L.) par rapport à l'infection par *Fusarium verticillioides* Sacc. (Nirenberg), Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, Abomey-Calavi, 69 p.
- Fininsa, C., Yuen, J., 2001: Association of maize rust and leaf blight epidemics with cropping systems in Hararghe highlands, eastern Ethiopia. *Els. Sc., CropProt.*, 20 (2001), 669-678.
- Howatt, S., 2006 : Profil de la culture du maïs sucré au Canada. Programme de réduction des risques liés aux pesticides. Centre pour la lutte antiparasitaire. Agriculture et agroalimentaire Canada. 960, avenue Carling, édifice 57 Ottawa (Ontario) K1A 0C6 CANADA. 61. In agriculture and food safety. Institute of plants genetics. Polish Academy of sciences.
- Igué, A. M., 2009 : L'étude des sols de la basse et moyenne vallée de l'Ouémé. Rapport de travaux de recherche. Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la pêche (MAEP) du Bénin et Société Tunisienne d'Ingénierie (STUDI), Pp50.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2015, 2017 : Profils socio-économiques et indicateurs de développement. Ministère du Développement de l'Analyse Economique et de la Prospective, Bénin. 226 p.
- Landschoot, S., Audenaert, K., Waegeman, W., Baets, B. D., Haesaert, G., 2013: Influence of maize-wheat rotation systems on *Fusarium* head blight infection and deoxynivalenol content in wheat under low versus high disease pressure. *Els. Sc. Crop Prot.* 52 (2013)14-21.
- Lukuyu, B. A., Murdoch, A. J., Romney, D., Mwangi, D. M., Njuguna, J. G. M., McLeod, A., Jama, A. N., 2013: Integrated maize management options to improve forage yield and quality on smallholder farms in Kenya. *F. Cr. Res.* 153 (2013) 70-78.
- Lyimo, H.J.F., Pratt, R.C., Reuben, S.O.W. and Mnyuku, 2012: An effective integrated crop management strategy for enhanced maize production in tropical agro ecosystems prone to gray leaf spot. Elsevier Science. *Cr. Pro.* 41 (2012) 57-63.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche), 2017. Plan Stratégique de Développement Agricole. Version finale CEDEAO/NEPAD (Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest/New Economic Partnership for African Development), 131 p.
- Mestres C., Nago M., Hounhouigan J., Akissoé N., Davrieux F., 2001 : Qualité comparée des grains de maïs Béninois issus des écotypes locaux et des cultivars améliorés: Mise au point de tests rapides de sélection. Actes de l'atelier scientifique1 : 187-194.
- Paul, P. A., Munkovold, G. P., 2004: A model-based approach to preplanting risk assessment of gray leaf spot of maize. *Phyt.*94, 1350-1357.

Presello, D. A., Botta, G., Iglesias, J., Eyherabide, G. H., 2007: Effect of disease severity on yield and grain fumonisine concentration of maize hybrids inoculated with *Fusarium verticillioides*. Elsevier Science. *Cr. Prot.* 27 (2007)572-576.

Reid, L. M., McDiarmid, G., Parker, A. J., Woldemarian, T., and Hamilton, 2001: C0388 and C0389 corn inbred lines. *C. J. of Plant Sc.*, (81)457-459.

Schulthess, F., Cardwell, K. F., and Gounou, S., 2002: The effect of endophytic *Fusarium verticillioides* on infection of two maize varieties by lepidopterous stem borers and coleopteran grain feeders. *Phytopat.* 9: 120-128.

Sikirou, R., 1995: Effet des associations manioc-maïs et manioc-niébé sur l'expression de la maladie de la mosaïque chez le manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ). Thèse d'Ingénieur agronome. FSA/UAC, Bénin, 88 p.