

Sixième article : Effet de la densité de semis sur la croissance et le rendement du cotonnier au Bénin

Par : I. Amonmidé, G. D. Fayalo, A. Hougni et E. Sèkloka

Pages (pp.) 53-66.

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. HOUNHOUIGAN (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.

Effet de la densité de semis sur la croissance et le rendement du cotonnier au Bénin

I. Amonmidé^{1*}, G. D. Fayalo¹, A. Hougni¹ et E. Sèkloka^{1,2}

¹Dr. Ir. Isidore AMONMIDÉ, Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres (CRA-CF), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 175 Cotonou, E-mail : amonmidé2018@yahoo.com, Tél. : (+229)97794507/(+229)95845541, République du Bénin.

¹Dr. Ir. Germain Dossou FAYALO, CRA-CF/INRAB, 01 BP 175 Cotonou, E-mail : germayalo@yahoo.fr, Tél. : (+229)97082804/(+229)95579280, République du Bénin.

¹Dr. (MR) Ir. Alexis HOUGNI, CRA-CF/INRAB, 01 BP 175 Cotonou, E-mail : hognialexis@yahoo.fr, Tél. : (+229)95454766, République du Bénin.

^{1,2} Dr. (MC) Ir. Emmanuel SEKLOKA, CRA-CF/INRAB & Laboratoire de Phytotechnie, Sélection et Protection des Plantes, Département de Production Végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP 123 Parakou, E-mail : emmanuelsekloka@hotmail.com, Tél. : (+229)97082804/(+229)95579280, République du Bénin.

*Auteur de correspondance : E-mail : amonmidé2018@yahoo.com

Résumé

La densité de semis est un facteur déterminant dans l'amélioration de la productivité des cultures, notamment celle du cotonnier. Après plus de quatre décennies de culture avec deux densités en vulgarisation au Bénin, il est opportun d'évaluer l'efficacité agronomique de ces dernières et de nouvelles densités sur la croissance, le développement et le rendement en coton graine. Ainsi, des expérimentations ont été conduites sur trois campagnes agricoles de 2017 à 2019 dans les centres permanents d'expérimentation d'Angaradébou, de Gomparou, de Gogounou, d'Okpara, de Gobé et de Kétou. La densité de semis était le seul facteur étudié avec 11, 14 et 16 niveaux, respectivement en 2017, 2018 et 2019. Le dispositif expérimental était en blocs de Fisher avec quatre répétitions. Les données de croissance, de nombre de branches végétatives et fructifères, de chute des organes de reproduction et de rendement ont été soumises à une analyse de variance sous le logiciel R.3.6.1 au seuil de 5% de probabilité d'erreur. Les résultats ont montré une influence positive ($p < 0,05$) de la densité de semis sur le rendement en coton graine. En effet, en 2017, la densité D1 (62.500 plants/ha : 0,80 m x 0,20 m à 1 plant/poquet) était meilleure par rapport aux autres tandis qu'en 2018, les meilleures densités étaient D5 (71.428 plants/ha : 0,80 m x 0,35 m à 2 plants/poquet) et D14 (83.300 plants/ha : 0,80 m x 0,30 m à 1 plant/poquet). En 2019, les densités D1, D3 (41.667 plants/ha : 0,80 m x 0,30 m à 1 plant/poquet) et D12 (83.300 plants/ha : 0,80 m x 0,15 m à 1 plant/poquet) ont été les plus performantes. Globalement, la densité de semis n'a pas affecté les paramètres morphologiques tels que la hauteur des cotonniers, le nombre fructifères et la chute des organes de reproduction. L'étude a révélé que la densité de semis D1 (62.500 plants/ha : 0,80 m x 0,20 m à 1 plant/poquet) a été plus productive. Cependant, la distance inter-poquets est faible par rapport à la pratique habituelle, ce qui peut limiter son adoption dans un contexte où les opérations culturales sont encore manuelles. Ainsi, les deux densités en vulgarisation peuvent être toujours utilisées en production cotonnière au Bénin sans compromettre les rendements de la culture.

Mots clés. Densité de semis, rendement en coton graine, système de culture, Bénin.

Effect of plant density on cotton growth and yield in Benin

Abstract

Plant density is a determining factor in crop productivity improvement, especially of cotton. After more than four decades of cotton growing with two recommended plant densities in Benin, it is important to evaluate the agronomic efficiency of these densities and new densities on plant growth, development and cotton seed yield. Therefore, on-station trials were carried out from 2017 to 2019 at the Permanent Experimental Centers (CPE) at Angaradébou, Gomparou, Gogounou, Okpara, Gobé and Kétou. Plant density was the only studied factor with 11, 14 and 16 levels in 2017, 2018 and 2019, respectively. The experimental design was set in Fisher blocks design with four replicates. Cotton growth parameters, plant mapping, shedding and yield data were subjected to an analysis of variance under R.3.6.1 software at 5% probability of threshold error. Results showed a positive influence ($p < 0.05$) of plant density on cotton seed yield other the trial period. Irrespective to experimental sites in 2017, D1 density (62,500 plants/ha: 0.80 m x 0.20 m at 1 plant/hill) performed better compared to the others, while in 2018, the best densities were: D5 (71,428 plants/ha: 0.80 m x 0.35 m at 2 plants/hill) and D14 (83,300 plants/ha: 0.80 m x 0.30 m at 1 plant/hill). In 2019, D1, D3 (41,667 plants/ha: 0.80 m x 0.30 m at 1 plant/hill) and D12 (83,300 plants/ha: 0.80 m x 0.15 m at 1 plant/hill) showed the best performance. Overall, plant density did not affect morphological parameters such as cotton plant height, the number of fruiting branches and the shedding of the reproductive organs. This study showed a most productive plant density (D1 of 62,500 plants/ha: 0.80 m x 0.20 m at 1 plant/hill) but with a low within plant spacing that can limit its adoption in a context where cultural operations are

still manual. Therefore, the two recommended plant density could be used in cotton growing areas in Benin without crop yield compromising.

Key words: Plant density, cotton seed yield, cropping system, Benin.

Introduction

La culture du coton joue un rôle crucial sur les plans économique et social dans les pays producteurs. Le coton est essentiellement cultivé pour sa fibre, qui sert de matière première à l'industrie textile (Constable et Bange, 2015). Dans les pays de l'Afrique de l'Ouest notamment le Bénin, le Mali, le Burkina Faso et le Togo, le coton constitue 5 à 9% du produit intérieur brut (PIB) et entre 30 à 40% du revenu d'exportation. Les recettes issues de la culture de coton constituent dans beaucoup de cas, la principale source de revenus sûre pour les producteurs (Gnofam *et al.*, 2014). Au Bénin, le coton contribue à 13% du PIB agricole, 70 à 80% des recettes d'exportation et 60 % du tissu industriel (Wennink *et al.*, 2013). Grâce aux réformes opérées dans la filière au cours de ces quatre dernières années, la production cotonnière s'est considérablement améliorée comparativement aux années antérieures (UEMOA, 2019). Les superficies cultivées sont passées de 418 945,77 ha en 2016 à 656 463 ha en 2018 avec une production de 451 120,56 tonnes à 678 000 tonnes (Rapport AIC, 2017, 2018).

Malgré l'importance économique et sociale du coton pour le pays, les rendements obtenus par les producteurs sont toujours faibles. Ceci est imputable à plusieurs facteurs dont la dégradation des sols (Amonmidé *et al.*, 2019), le sous dosage des engrais et le non-respect de l'itinéraire technique (Batamoussi *et al.*, 2015). La densité de semis constitue l'un des facteurs clés de l'itinéraire technique et par conséquent, un facteur déterminant dans l'amélioration du rendement (Ayaz *et al.*, 2004 ; Dong *et al.*, 2012 ; Shukla *et al.*, 2013 ; Khan *et al.*, 2017). En effet, les faibles et les fortes densités de semis compromettent le rendement du cotonnier (Dong *et al.*, 2006 ; Kaggwa-Asiimwe *et al.*, 2013). La densité de semis doit donc être moyenne afin de garantir un rendement optimal du cotonnier. Ainsi, une amélioration de rendement en coton graine de 13 % et de 6 % a été obtenue par l'adoption d'une densité moyenne comparativement aux faibles et fortes densités dans les systèmes de production à base de coton en Chine (Khan *et al.*, 2017). De plus, les fortes densités de semis et l'ombrage résultant constituent souvent une source d'infestation par des maladies, la réduction de la taille des capsules, la chute et le retard de maturité des capsules (Yang *et al.*, 2014 ; Khan *et al.*, 2017). Avec les fortes densités, la concurrence pour les ressources nutritives (eau, nutriments, et lumière) devient plus importante, ce qui limite le développement des branches végétatives et fructifères (Kerby *et al.*, 1990 ; Sêkloka *et al.*, 2015), l'alimentation des capsules formées et leur maintien jusqu'à la maturité. Cependant, en condition de semis précoce, les faibles densités sont plus florifères et retiennent mieux leurs capsules (Sêkloka *et al.*, 2016) ; ce qui permet d'obtenir de bon rendement (Jost et Cothren, 2000). Ainsi, dans l'amélioration de la productivité, en plus de la sélection variétale, les recherches doivent être orientées davantage vers le développement des techniques culturales appropriées pour l'augmentation des rendements des cultures, notamment la densité de semis (Taffou *et al.*, 2008).

Dans le contexte actuel, les densités pratiquées par les producteurs sont relativement faibles (Batamoussi *et al.*, 2015). Les recommandations en matière de densité de semis sont très peu suivies. De plus, depuis l'adoption des deux densités en vulgarisation, très peu de travaux ont été réalisés sur la densité de semis en culture cotonnière au Bénin. C'est pourquoi de nouvelles densités de semis ont été testées avec celles en vulgarisation. Dans la présente étude qui regroupe aussi bien de faibles densités que de fortes densités, les semis ont été réalisés à bonnes dates. Dans un tel contexte, quelle peuvent être l'influence de la densité de semis sur la croissance et le rendement du cotonnier ? L'objectif de la présente étude était d'identifier de nouvelles densités permettant l'amélioration du rendement en cotonculture au Bénin.

Milieu d'étude

Les expérimentations ont été conduites sur six (6) centres permanents d'expérimentations (CPE) du Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. Chacun des CPE est localisé dans l'une des quatre zones agro-écologiques cotonnières (Figure 1) identifiées par Hougni *et al.* (2016). Les zones nord et centre nord sont caractérisées par un climat de type soudano-sahélien (tropical humide) à régime pluviométrique unimodal à une saison des pluies (mai à octobre) et une saison sèche (novembre à avril). La pluviosité moyenne annuelle varie de 600 à 1.200 mm avec une répartition annuelle de 30 à 70 jours. La zone nord est caractérisée par un sol ferrugineux tropical concrétionné, alors que la zone centre nord est caractérisée par un sol ferrugineux tropical modal. Le coton, le maïs, le soja et le sorgho étaient les principales cultures pratiquées dans le nord et le centre-nord du Bénin.

Les zones centre et sud sont caractérisées par un climat de type soudano-guinéen (tropical humide) à régime pluviométrique bimodal aux deux saisons pluvieuses et à deux saisons sèches suivantes : une grande saison des pluies de mars à juillet ; une petite saison sèche en août ; une petite saison des pluies s'étalant de septembre à novembre ; une grande saison sèche de décembre à mars. La pluviosité varie de 700 à 1.600 mm avec une répartition annuelle de 48 à 80 jours. La zone centre est caractérisée par des sols ferrugineux tropicaux concrétionnés, alors que la zone sud est caractérisée par des sols ferrugineux tropicaux et ferralitiques.

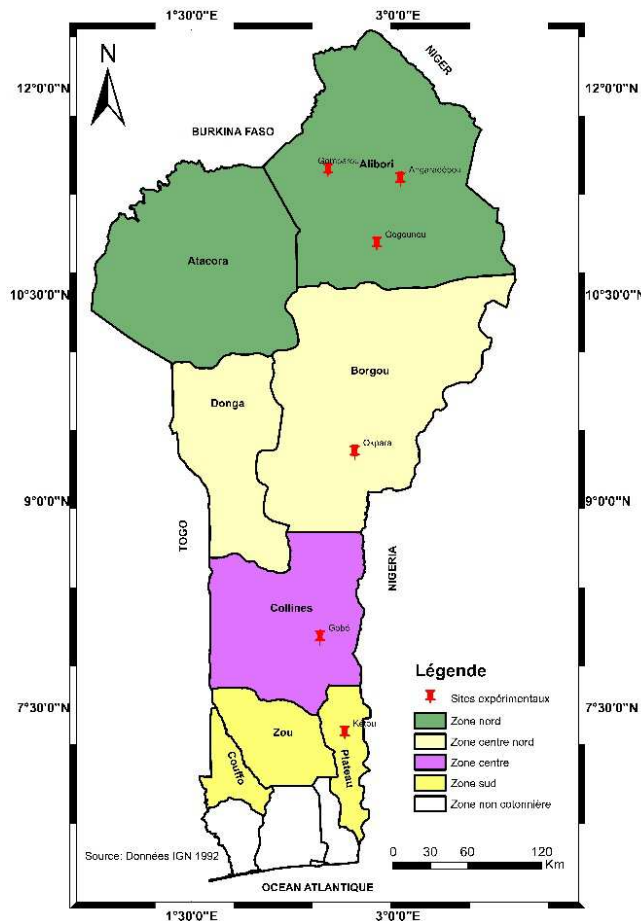


Figure 1. Sites expérimentaux

Matériels et méthodes

Matériel végétal

Trois variétés de cotonnier ont été utilisées au cours de l'expérimentation. Il s'agissait de : (i) ANG 956 pour la zone nord, (ii) OKP 768 pour les zones centre nord et centre et (iii) KET 782 pour la zone sud.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était en blocs de Fisher avec quatre répétitions. La densité de semis était le seul facteur étudié avec 11, 14 et 16 niveaux, respectivement en 2017, 2018 et 2019. Les onze premières densités ont été testées en 2017. Compte tenu des résultats obtenus, trois nouvelles densités ont été ajoutées en 2018 puis deux autres encore aux quatorze premières en 2019 (Tableau 1). La parcelle élémentaire était constituée de six lignes de 9 m.

Tableau 1. Différentes densités de semis étudiées au cours des expérimentations

Di	Densités (plants/ha)	Géométrie de semis	Nombre de Plants/poquet	Année de test		
				2017	2018	2019
D1	62.500	0,80 x 0,20	1	X	X	X
D2	50.000	0,80 x 0,25	1	X	X	X
D3	41.667	0,80 x 0,30	1	X	X	X
D4	35.714	0,80 x 0,35	1	X	X	X
D5	71.428	0,80 x 0,35	2	X	X	X
D6	31.250	0,80 x 0,40	1	X	X	X
D7	62.500	0,80 x 0,40	2	X	X	X
D8	27.777	0,80 x 0,45	1	X	X	X
D9	55.555	0,80 x 0,45	2	X	X	X
D10	25.000	0,80 x 0,50	1	X	X	X
D11	50.000	0,80 x 0,50	2	X	X	X
D12	83.300	0,80 x 0,15	1		X	X
D13	100.000	0,80 x 0,25	2		X	X
D14	83.300	0,80 x 0,30	2			X
D15	44.440	0,75 x 0,30	1			X
D16	47.614	0,70 x 0,30	1			X

Légende : Di = Rang de densité de semis

Gestion de la culture

Le labour des parcelles expérimentales a été réalisé au tracteur. Les semis ont été réalisés à cinq graines par poquet et chaque poquet a été démarqué au 10^{ème} jour après levée (Tableau 1). La culture a bénéficié d'un herbicide de pré-levée à base de prometryne (250 g/l) + fluometuron (250 g/l) + glyphosate (60 g/l) à la dose de 3 l/ha.

L'engrais coton NPKSB de formule 14-18-18-6-1 a été appliqué à 15 jours après semis (JAS) à une dose de 200 kg/ha. Le sarclage a été manuel et était intervenu à 35 JAS et un désherbage manuel a été réalisé à 90 JAS. L'urée (46% N) a été apportée à la dose de 50 kg/ha suivi du buttage à 40 JAS. Toutes les parcelles ont bénéficié d'une protection phytosanitaire suivant les recommandations spécifiques à chaque zone (CRA-CF, 2015 ; 2019).

Données collectées

Les données agro-morphologiques collectées regroupaient la hauteur par plant, la chute des organes de reproduction, le nombre de branches végétatives et fructifères et le rendement en coton graine. En effet, la hauteur par plant a été mesurée à 30 jours après levée (JAL), sur 10 plants dont 5 aléatoirement sélectionnés et marqués à l'aide de ficelle sur chacune des deux lignes centrales. La hauteur a été prise par plant marqué à l'aide d'une règle graduée en cm à partir du premier nœud cotylédonaire jusqu'à l'apex. A 60 et 90 JAL, ces mesures de hauteur ont été répétées sur les mêmes plants sélectionnés. Les organes de reproduction tombés ont été collectés hebdomadairement dans la première interligne à partir de 60 JAL jusqu'à 120 JAL et ont été dénombrés en boutons floraux sains (BFS), en boutons floraux perforés (BFP), en capsules saines (CapS) ou en capsules parasitées (CapP). Le nombre de branches végétatives (NBV) et le nombre de branches fructifères (NBF) ont été également comptés à 120 JAL sur 10 plants dont cinq sur chacune des deux lignes centrales. A l'ouverture complète des capsules, les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire ont été récoltées. Le coton graine a été pesé et le rendement a été évalué.

Analyse statistique

Les données collectées ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) sous le logiciel R.3.6.1 après vérification de la normalité. Lorsqu'une différence significative a été observée ($p < 0,05$) entre les moyennes pour un paramètre donné, des comparaisons multiples ont été effectuées en utilisant le test de la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de 5% de probabilité d'erreur. Comme les densités de semis n'ont pas été les mêmes d'une année à une autre, les analyses ont été

effectuées par année. Une régression quadratique a été effectuée afin de déterminer la relation entre le rendement en coton graine et la densité de semis.

Résultats

Évolution de la pluviométrie au cours des essais par site expérimental

La pluviométrie a été variable suivant le site et d'une année à une autre (Figure 2). Globalement, elle a été satisfaisante et bien répartie tout au long du cycle cultural du cotonnier durant les trois années d'étude. En 2017, le CPE de Gogounou a été le plus arrosé (1.425,2 mm en 81 jours de pluie, soit 17,60 mm/j) comparativement aux autres CPE de la zone nord (Angaradébou avec 1.108,2 mm en 58 jours, soit 19,11 mm/j et Gomparou avec 1.170 mm en 64 jours, soit 18,28 mm/j) et du centre-nord (Okpara), du centre (Gobé) et du sud (Kétou). Cependant, les CPE de Gobé (1.431,5 mm en 79 jours, soit 18,12 mm/j) et de Gomparou (1.324 mm en 54 jours, soit 24,52 mm/j) ont été les plus arrosés en 2018. En 2019, c'est le CPE de Angaradébou (1.445,2 mm en 70 jours, soit 20,65 mm/j) qui a enregistré plus de pluies (Figure 2).

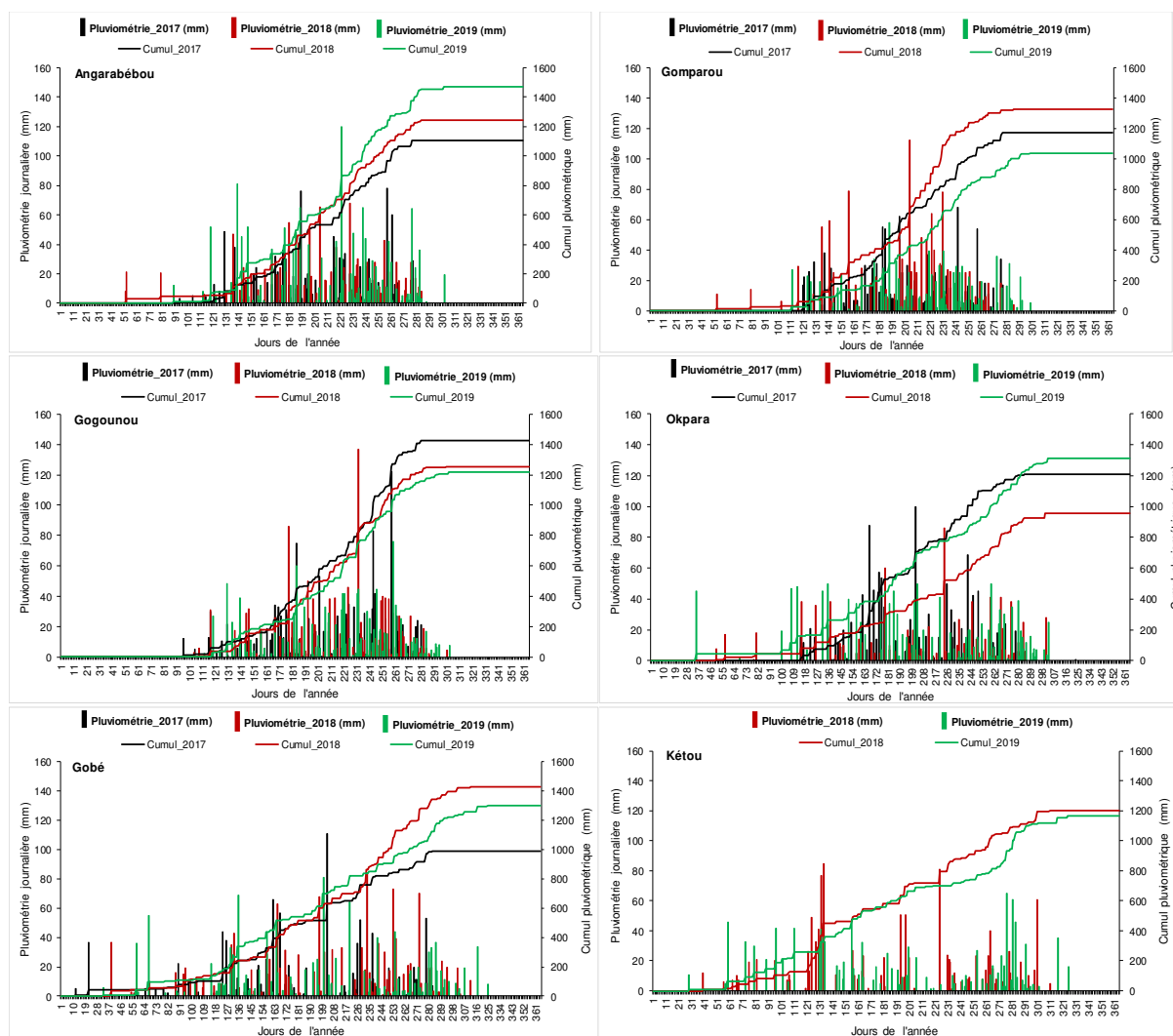


Figure 2. Pluviométrie enregistrée au cours des expérimentations par site

Effet de la densité de semis sur la hauteur des cotonniers à 30, 60, et 90 jours après levée (JAL)

Quelle que soit l'année de production et quelle que soit la date d'observation, l'augmentation de la densité ou les modifications d'écartement de semis testés n'ont pas influencé la croissance en hauteur des cotonniers (Figure 3). Les résultats ont par ailleurs montré que les hauteurs des cotonniers ont été plus importantes en 2017 et 2019 qu'en 2018 (Figure 3).

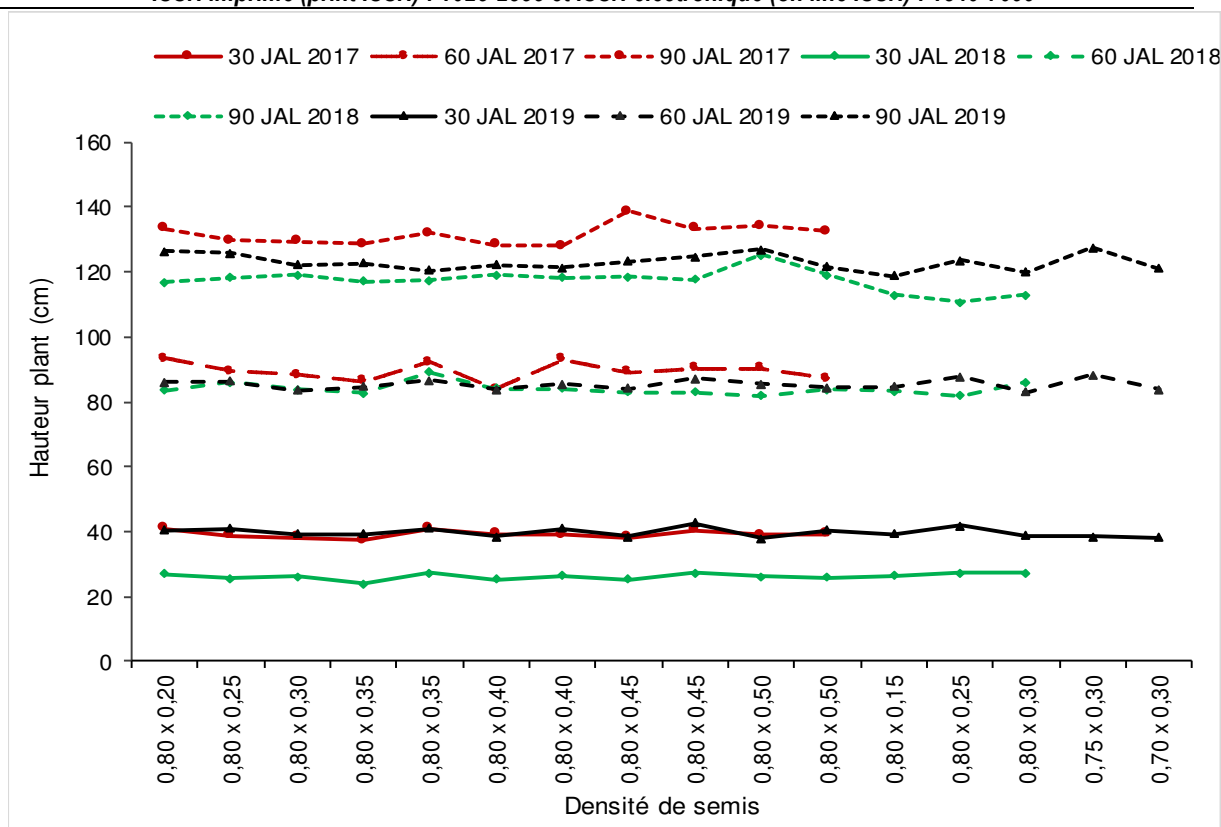


Figure 3. Effet de la densité de semis sur la croissance en hauteur des cotonniers à différentes dates d'observation au cours des trois années d'expérimentation

Effet de la densité de semis sur la chute des organes de reproduction du cotonnier

Quelle que soit l'année considérée, la densité de semis n'a pas eu d'effets significatifs sur le nombre de boutons floraux avortés par stress physiologique (BFS) ou par stress parasitaire (BFP) (Tableau 2). La situation a été similaire concernant les nombres de capsules avortées (Tableau 3). Toutefois, les chutes des organes de reproduction observées ont été plus importantes en 2017 et en 2019 comparativement à 2018. Cela a été particulièrement remarquable pour les organes sains (boutons floraux et capsules). Pour les organes parasités, les nombres de boutons floraux et capsules parasités en 2017 sont proches de ceux dénombrés en 2018, eux tous inférieurs à ceux dénombrés en 2019 (Tableaux 2 et 3).

Tableau 2. Effet de la densité sur la chute des boutons floraux en 2017, 2018 et 2019 au Bénin

Densités (plants/ha)	Écartements (cm x cm)	Boutons floraux sains			Boutons floraux parasités		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
25.000	0,80 x 0,50	48,3	15,4	68,4	7,5	6,7	38,7
27.777	0,80 x 0,45	46,3	13,6	68,7	7,8	7,0	38,9
31.250	0,80 x 0,40	47,1	16,6	69,4	7,5	7,1	37,8
35.714	0,80 x 0,35	45,1	16,6	71,5	7,9	7,4	37,4
41.667	0,80 x 0,30	48,7	15,6	69,4	7,6	6,9	38,3
44.440	0,75 x 0,30	-	-	68,8	-	-	39,7
47.614	0,70 x 0,30	-	-	72,8	-	-	39,0
50.000	0,80 x 0,25	47,0	17,3	73,4	7,8	7,3	37,1
50.000	0,80 x 0,50	49,3	17,0	69,8	7,8	7,3	41,8
55.555	0,80 x 0,45	47,6	17,3	69,1	7,6	7,3	37,6
62.500	0,80 x 0,20	50,5	16,9	67,0	7,8	8,2	37,4
62.500	0,80 x 0,40	47,9	15,8	70,8	8,1	6,8	37,9
71.428	0,80 x 0,35	45,7	17,6	71,0	8,0	7,1	37,5
83.300	0,80 x 0,15	-	16,2	66,2	-	7,4	40,3
83.300	0,80 x 0,30	-	15,0	73,8	-	7,4	42,0
100.000	0,80 x 0,25	-	17,2	71,4	-	7,4	39,6
Moyenne		47,7	16,3	70,1	7,8	7,2	38,8
Probabilité (5%)		0,802ns	0,395ns	0,391ns	0,847ns	0,671ns	0,133ns
CV%		21,9	26,5	18,2	19,6	22,6	17,7

Tableau 3. Effet de la densité sur la chute des capsules en 2017, 2018 et 2019 au Bénin

Densités (plants/ha)	Écartements (cm x cm)	Capsules saines			Capsules parasitées		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
25.000	0,80 x 0,50	118,1	41,4	96,8	17,7	15,1	40,2
27.777	0,80 x 0,45	120,2	36,6	97,0	16,7	13,6	41,8
31.250	0,80 x 0,40	130,5	37,7	100,4	17,0	14,6	41,4
35.714	0,80 x 0,35	134,4	40,3	96,3	17,9	13,6	41,6
41.667	0,80 x 0,30	122,4	39,9	99,5	17,7	13,8	41,3
44.440	0,75 x 0,30	-	-	99,2	-	-	43,7
47.614	0,70 x 0,30	-	-	98,0	-	-	39,4
50.000	0,80 x 0,25	137,3	39,6	98,7	17,6	15,3	41,6
50.000	0,80 x 0,50	124,0	41,3	93,4	18,0	15,9	40,5
55.555	0,80 x 0,45	137,5	38,1	94,9	17,4	14,0	39,9
62.500	0,80 x 0,20	128,4	43,4	97,2	17,1	16,1	41,0
62.500	0,80 x 0,40	129,1	39,2	100,8	17,6	15,8	41,8
71.428	0,80 x 0,35	132,9	40,9	102,5	18,6	14,9	41,8
83.300	0,80 x 0,15	-	38,8	96,8	-	15,7	40,4
83.300	0,80 x 0,30	-	40,8	98,9	-	15,6	40,7
100.000	0,80 x 0,25	-	38,6	96,0	-	13,6	42,0
Moyenne		128,6	39,8	97,9	17,6	14,8	41,2
Probabilité (5%)		0,092ns	0,969ns	0,602ns	0,693ns	0,399ns	0,825ns
CV%		24,7	27,5	17,6	17,3	25,1	15,1

ns : différence non significative entre les différentes densités testées à 5% de probabilité d'erreur.

Effet de la densité de semis sur les nombres de branches fructifères et végétatives

Les cotonniers ont développé moins de branches végétatives à forte qu'à faible densité, particulièrement en 2017 et 2019 où les différences ont été significatives entre densités expérimentées. Ainsi, sous les densités de 25.000 plants par ha (0,80 m x 0,50 m), 27.777 plants par ha (0,80 m x 0,45 m) et 31.250 plants par ha (0,80 m x 0,40 m), les cotonniers ont développé plus de branches végétatives qu'aux densités supérieures à 80.000 plants par ha. Par contre, la densité n'a pas eu d'effets sur les nombres moyens de branches fructifères par plant (Tableau 4).

Tableau 4. Effet de la densité sur la chute des capsules en 2017, 2018 et 2019 au Bénin

Densités (plants/ha)	Écartements (cm x cm)	Nombre de branches végétatives (NBV)			Nombre de branches fructifères (NBF)		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
25.000	0,80 x 0,50	2,7a	2,6	2,9a	17,3	16,3	17,0
27.777	0,80 x 0,45	2,5abc	2,5	2,9a	17,3	15,6	16,8
31.250	0,80 x 0,40	2,5bc	2,6	2,9a	16,6	15,0	16,5
35.714	0,80 x 0,35	2,5ab	2,3	2,6bc	17,4	15,1	16,4
41.667	0,80 x 0,30	2,4bcd	2,3	2,5bcd	16,5	14,9	16,6
44.440	0,75 x 0,30	-	-	2,4cde	-	-	16,6
47.614	0,70 x 0,30	-	-	2,7ab	-	-	16,2
50.000	0,80 x 0,25	2,5abc	2,3	2,5bc	16,2	15,0	16,2
50.000	0,80 x 0,50	2,3bcd	2,3	2,5bcd	16,1	14,9	16,6
55.555	0,80 x 0,45	2,2d	2,3	2,5bc	16,5	14,8	16,4
62.500	0,80 x 0,20	2,4bcd	2,3	2,4cde	16,0	14,3	15,7
62.500	0,80 x 0,40	2,3cd	2,4	2,5bcd	15,8	14,7	16,3
71.428	0,80 x 0,35	2,3cd	2,2	2,4cde	16,6	14,5	15,7
83.300	0,80 x 0,15	-	2,0	2,0f	-	14,3	15,4
83.300	0,80 x 0,30	-	2,2	2,3de	-	14,0	15,7
100.000	0,80 x 0,25	-	2,0	2,2ef	-	14,0	16,4
Moyenne		2,4	2,3	2,5	16,6	14,8	16,3
Probabilité (5%)		0,001***	0,056ns	<0,001***	0,075ns	0,057ns	0,124ns
CV%		23,8	26,2	25,6	14,3	14,1	16,5

ns : différence non significative entre les différentes densités testées à 5% de probabilité d'erreur. Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité d'erreur.

Effet de la densité de semis sur le rendement en coton graine

Une faible corrélation a été observée entre le rendement en coton graine et la densité de semis ($R^2 = 50, 49$ et 54% , respectivement en 2017, 2018 et 2019 ; Figure 4). Il en résultait que 50, 49 et 54% des variations observées entre les rendements en coton graine respectivement en 2017, 2018 et 2019 étaient expliquées par la densité de semis.

Les résultats ont également montré que les relations entre le rendement en coton graine et la densité de semis n'ont pas été constantes d'une année à l'autre (Figure 4). L'effet de la densité a été significatif ($p < 0,001$) seulement en 2019 (Tableau 5) où l'on pouvait observer que les meilleurs rendements en coton graine ont été obtenus sous les densités de semis comprises entre 40.000 et 80.000 plants par hectare (Figures 4, 6, 7 et 8). Par ailleurs, les rendements ont été meilleurs en 2017 qu'en 2018 et 2019 et légèrement meilleurs en 2019 qu'en 2018 (Figure 4). Les interactions site x densité n'ont été significatives qu'en 2019 ; les effets sites ont été significatifs ($p < 0,05$) toutes les années (Tableau 5). Le site d'Okpara a constamment enregistré de meilleurs rendements toutes les trois années ainsi que celui de Gogounou les années 2017 et 2018 (Figure 5).

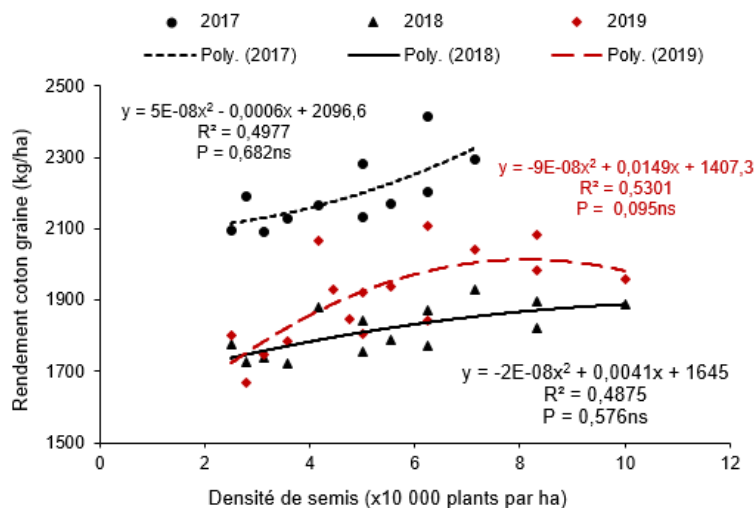
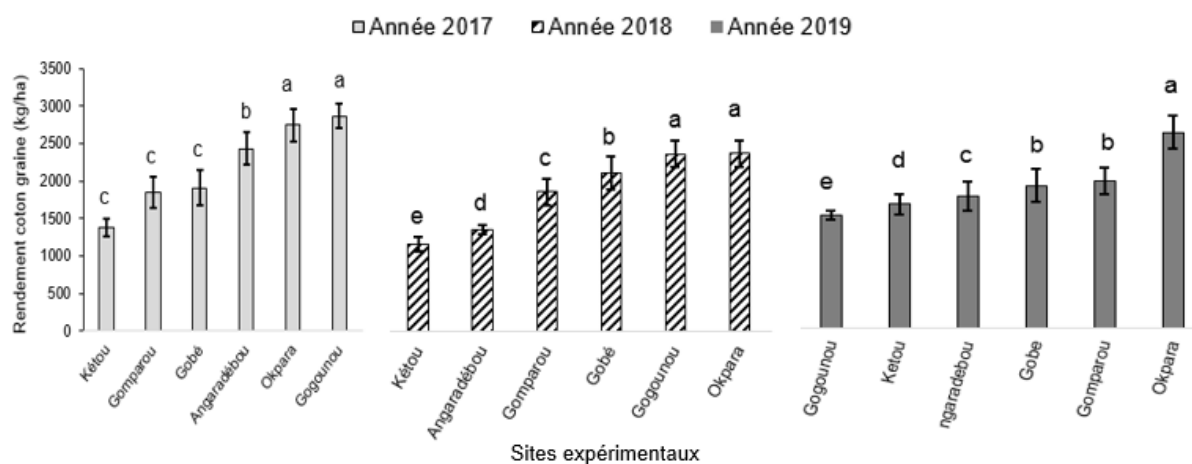


Figure 4. Réponse du cotonnier à diverses densités de semis en 2017, 2018 et en 2019.

Tableau 5. Analyse de la variance du rendement en coton graine en fonction de la densité de semis et du site expérimental en 2017, 2018 et 2019 au Bénin

Caractéristiques	2017			2018			2019		
	ddl	F	Pr (>F)	ddl	F	Pr (>F)	ddl	F	Pr (>F)
Site	5	102,39	<0,000***	5	1,273	0,000***	5	3,581	0,001***
Densité	10	1,61	0,107ns	13	149,89	0,229ns	15	77,940	< 0,001***
Répétitions	3	6,28	0,000***	3	1,07	0,361ns	3	6,083	0,001***
Site*densité	50	0,97	0,537ns	65	1,28	0,092	75	1,367	0,020*
Résidus	195			249			285		

ddl : degré de liberté. F : Statistique de Fisher. Pr (>F) : Probabilité de signification. ns : différence non significative entre les différentes densités testées. * et ***, représentent différence significative entre les densités de semis testées à 5 et 0,1%, respectivement



Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité d'erreur.

Figure 5. Rendements moyens en coton graine en 2017, 2018 et en 2019 suivant les sites expérimentaux

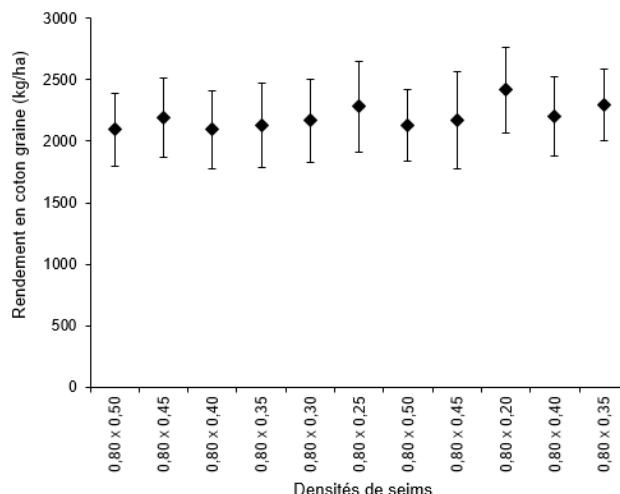
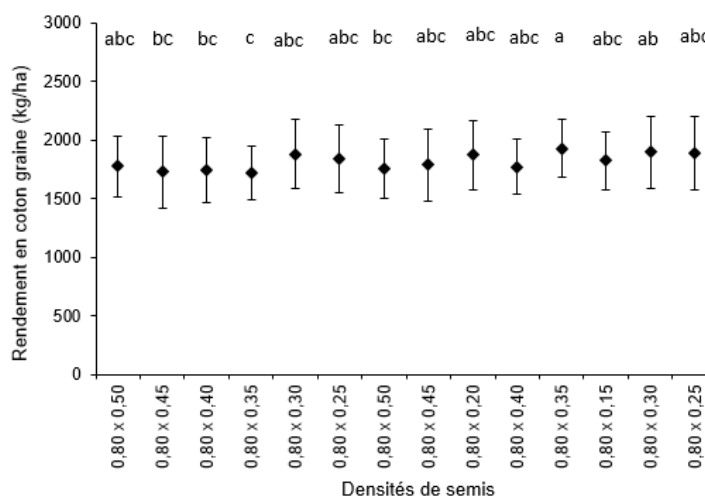
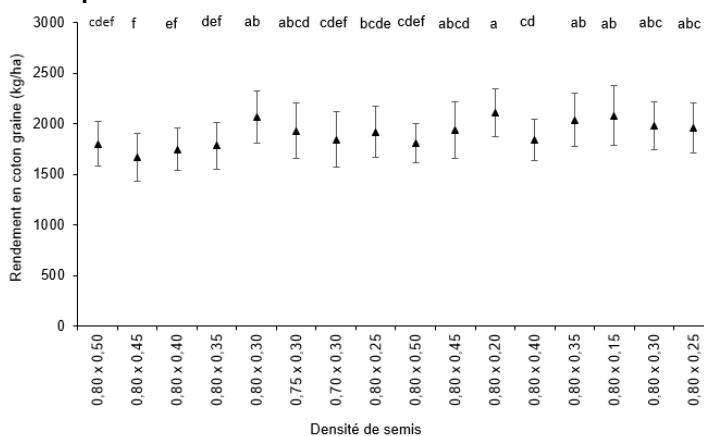


Figure 6. Rendements moyens en coton graine en fonction des densités de semis sur l'ensemble des sites expérimentaux en 2017



Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité d'erreur.

Figure 7. Rendements moyens en coton graine en fonction des densités de semis sur l'ensemble des sites expérimentaux en 2018



Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité d'erreur.

Figure 8. Rendements moyens en coton graine en fonction des densités de semis sur l'ensemble des sites expérimentaux en 2019.

Discussion

Effet de la densité de semis sur le rendement en coton graine

Les résultats montrent une influence positive (Figures 6 et 7) de la densité de semis sur le rendement en coton graine sur l'ensemble des sites expérimentaux en 2018 et en 2019. En 2017, la densité D1 (62.500 plants/ha : 0,80 m x 0,20 m à 1 plant/poquet) est meilleure par rapport aux autres densités. En plus de cette dernière, D3 (41.667 plants/ha : 0,8 m x 0,30 m ; 1 plant/poquet) et D12 (83.300 plants/ha : 0,80 m x 0,15 m à 1 plant/poquet) sont meilleures en 2019. Par contre, en 2018, les meilleurs rendements sont obtenus avec les densités D14 (83.300 plants/ha : 0,80 m x 0,30 m à 2 plants/poquet) et D5 (71.428 plants/ha : 0,8 m x 0,35 m à 2 plants/poquet). Les résultats de la présente étude concordent avec ceux de Boquet et Breitenbeck (2000), Maddonni *et al.* (2001), Bondada et Oosterhuis (2001), Nichols *et al.* (2004) ; Clawson *et al.* (2008) et Khan *et al.* (2017) qui ont indiqué que la densité de semis constitue l'un des facteurs qui influence le rendement et la précocité du cotonnier. Ainsi, Soomro *et al.* (2000) ont rapporté que pour une même distance entre lignes, les écartements entre plants de 23 et 30 cm ont été plus productifs que ceux de 15 et 38 cm et ont recommandé un écartement de 20-30 cm entre plants pour un rendement optimal du cotonnier au Pakistan. Cependant, à fortes densités, la concurrence pour les ressources devient plus accentuée (Sêkloka *et al.*, 2015 ; Kerbyet *et al.*, 1990), ce qui limite l'alimentation des capsules formées et leur maintien jusqu'à la maturité. La diminution de rendement en coton graine avec l'augmentation de la densité de semis a été également rapportée par Jagannathan et Venkitaswamy (1996). Par contre à faibles densités, le développement des branches végétatives est plus important (Tableau 4) limitant celui des organes de reproduction et par conséquent, le rendement final.

Par ailleurs, les résultats révèlent que les densités de semis les plus productives sont situées entre 40.000 et 80.000 plants par ha (Figure 3). Ces résultats corroborent ceux de Kpadé *et al.* (2008) au nord Bénin qui ont montré que les meilleurs rendements en coton graine étaient obtenus chez les producteurs pratiquant des densités de semis de 50.000 ou 51.000 plants/ha. Les rendements moyens respectifs sont de 1.269,06 kg/ha et 1504,31 kg/ha, soit une différence de 235,25 kg/ha au profit de la forte densité. Avec ces densités, les conditions environnementales sont favorables pour l'approvisionnement en lumière pour la photosynthèse d'une part et l'eau et les nutriments d'autre part favorisant ainsi un développement harmonieux des plants et des organes de reproduction.

Cependant, l'absence de différence significative entre plusieurs densités peut être expliquée par le fait que les capsules arrivées à maturité varient très peu suivant les densités de semis. La non stabilité du potentiel des densités au cours des trois années d'essai est due à la variabilité des conditions environnementales telles que la pluviosité (Figure 2), la température, le rayonnement solaire et autres. Ces résultats peuvent aussi être expliqués par l'uniformité de l'écartement des interlignes qui était de 0,80 m au niveau des densités comparées sauf en 2019 où deux nouvelles interlignes (0,70 m et 0,75 m) s'étaient ajoutées. Cet espacement est propice à l'approvisionnement équitable en ressources (lumière, humidité, éléments nutritifs) par les plants de cotonnier ; ce qui favorise un meilleur développement de ces derniers du point de vue morphologie et reproduction. De plus, au cours des trois campagnes, la répartition de la pluie a été bonne tout au long du cycle cultural (Figure 2). Lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant, Hau et Goebel (1987) ont montré l'absence de corrélation négative entre la taille et la densité en deçà de 50.000 plants par hectare. En outre, si D1 (62.500 plants/ha ; 1 plant/poquet : 0,80 m x 0,20 m) s'est mieux comportée que D7 (62.500 plants/ha ; 2 plants/poquet : 0,80 m x 0,40 m) cela peut s'expliquer par le fait que les poquets sont démarqués à un plant créant un microclimat (eau, rayonnement solaire, nutriments) favorable à la bonne croissance des plants de cotonnier.

Les résultats montrent également que la plupart des nouvelles densités testées présentent des rendements similaires aux deux densités (D3 de 41.667 plants/ha à 1 plant/poquet : 0,80 m x 0,30 m) et (D7 de 62.500 plants/ha à 2 plants/poquet : 0,80 m x 0,40 m) en vulgarisation. Ainsi, il ressort de ces résultats que les deux densités en vulgarisation sont toujours valables. Si la densité doit avoir un effet significatif sur le rendement en coton graine en milieu producteur, cela résulte de la disparité des densités de semis (Batamoussi *et al.*, 2015 ; Kpadé *et al.*, 2008). En effet, à travers l'évaluation des pratiques des producteurs de coton dans la Commune de Banikoara, Batamoussi *et al.* (2015) ont observé de différence significative entre les densités de semis pratiquées par les producteurs. Les densités de semis pratiquées en culture cotonnière varient d'un producteur à un autre. Ainsi, 81,42% des producteurs pratiquent des densités supérieures ou inférieures à celles recommandées. Seuls 18,58% respectent la recommandation.

Effet de la densité de semis sur la morphologie du cotonnier et la chute des organes de reproduction

Au plan morphologique, les résultats ne montrent aucun effet significatif de la densité sur les paramètres étudiés (hauteur plant et branches fructifères). Il en est de même pour la chute des organes de reproduction. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les différentes densités génèrent des microclimats identiques du point de vue rayonnement solaire et valorisation de l'eau de pluie. En effet, les études antérieures ont indiqué l'inexistence de corrélation entre la densité de la population végétale et les sites fructifères (Brodrick *et al.*, 2010). Cependant, les résultats obtenus avec le nombre de branches végétatives (Tableau 4) indiquent qu'à faible densité, le microclimat engendré est plus favorable au développement végétatif, ce qui entraîne la diminution de la longueur des branches fructifères (Jost et Cothren, 2000). Au Brésil, dans le Paranapanema et le Primavera do Leste, Boquet (2005) a montré que la densité de semis n'a pas une influence sur la chute des organes de reproduction chez le cotonnier. Toutefois, Oosterhuis et Stewart (2004) ont prouvé que le rendement en coton graine est surtout influencé par deux composantes principales que sont le nombre de boutons floraux et le poids moyen capsulaire.

Conclusion

L'objectif de l'étude, celui d'identifier de nouvelles densités de semis du cotonnier plus productives en condition pluviale au Bénin est atteint. Au terme de trois campagnes agricoles d'expérimentation, une densité (D1 de 62500 plants/ha : 0,80 x 0,20 à 1 plant/poquet) plus productive est identifiée. Néanmoins, au niveau de cette densité (D1), l'écartement entre plants est faible (0,20 m) et ne va pas faciliter les opérations de semis et d'épandage d'engrais dans un contexte où les opérations culturales sont encore manuelles. En attendant la mécanisation des opérations culturales en culture cotonnière au Bénin, les deux densités en vulgarisation sont toujours d'actualité. Une étude d'évaluation de l'effet de la densité de semis sur le rendement du cotonnier est indispensable dans tous les bassins cotonniers du Bénin afin de mieux éclairer les producteurs.

Références bibliographiques

- AIC (Association Interprofessionnelle du Coton du Bénin), 2017: Rapport Annuel Direction des opérations AIC campagne 2016-2017. Rapport d'activité. Cotonou, République du Bénin : Association Interprofessionnelle du Coton du Bénin.9p
- AIC (Association Interprofessionnelle du Coton du Bénin), 2018 : Rapport Annuel Direction des opérations AIC campagne 2017-2018. Rapport d'activité. Cotonou, République du Bénin : Association Interprofessionnelle du Coton du Bénin. 36p
- Amonmidé, I., G. Dagbenonbakin, C.E. Agbangba, P. Akponikpe, 2019: Contribution à l'évaluation du niveau de fertilité des sols dans les systèmes de culture à base du coton au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13, 1846–1860. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i3.52>.
- Ayaz, S., B.A. McKenzie, G.D. Hill, D.L. McNeil, 2004: Variability in yield of four grain legume species in a subhumid temperate environment. II. Yield components. *The Journal of Agricultural Science* 142, 21–28. <https://doi.org/10.1017/S0021859604004113>.
- Batamoussi, H.M, I. Moumouni, S.B.J.T.O. Mere, 2015: Contribution à l'amélioration des pratiques paysannes de production durable de coton (*Gossypiumhirsutum* L.) au Bénin: cas de la commune de Banikoara. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9, 2401–2413. doi :<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.12>
- Bondada, B.R., Oosterhuis D.M., 2001: Canopy photosynthesis, specific leaf weight, and yield components of cotton under varying nitrogen supply. *Journal of plant Nutrition* 24, 469–477. <https://doi.org/10.1081/PLN-100104973>
- Boquet, D.J., 2005: Cotton in ultra-narrow row spacing. *Agronomy Journal* 97, 279–287. doi:10.2134/agronj2005.0279
- Boquet, D.J., Breitenbeck G.A., 2000: Nitrogen Rate Effect on Partitioning of Nitrogen and Dry Matter by Cotton. *Crop Science* 40, 1685-1693. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4061685x>.
- Brodrick, R., M.P. Bange, S.P. Milroy, G. Hammer, 2010: Yield and maturity of ultra-narrow row cotton in high input production systems. *Agronomy journal* 102, 843–848. doi :10.2134/agronj2009.0473
- Clawson, E.L., J.T. Cothren, D.C. Blouin, J.L. Satterwhite, 2008: Timing of maturity in ultra-narrow and conventional row cotton as affected by nitrogen fertilizer rate. *Agronomy journal* 100, 421–431. doi:10.2134/agronj2007.0131
- Constable, G.A., Bange M.P., 2015: The yield potential of cotton (*Gossypiumhirsutum* L.). *Field Crops Research*, 182, 98–106.
- CRA-CF (Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres), 2015: Exigences et itinéraire technique du cotonnier pour de meilleurs rendements, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Cotonou, République du Bénin, 11 p.
- CRA-CF (Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres), 2019 : Fiche technique de la culture du cotonnier : campagne 2019-2020, CRA-CF, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Cotonou, République du Bénin, 11 p.

- Dong, H. Z., W.J. Li, W. Tang, Z.H. Li, D.M. Zhang, 2006: Effects of genotypes and plant density on yield, yield components and photosynthesis in Bt transgenic cotton. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192, 132-139.
- Dong, H., W. Li., A.E. Eneji, D. Zhang, 2012: Nitrogen rate and plant density effects on yield and late-season leaf senescence of cotton raised on a saline field. *Field Crops Research*, 126, 137-144.
- Gnofam, N., K. Tozo, B. Bonfoh, K.P. Akantetou, L. Kolani, K. Ampouzouvi, 2014: Effets d'un déficit hydrique sur certains paramètres morphologiques, physiologiques et de rendement chez le cotonnier (*Gossypiumhirsutum* L. CV STAM129A) cultivé au Togo. *Agronomie Africaine* 26, 113-126-126.
- Hau, B., Goebel, S., 1987: Modifications du comportement du cotonnier en fonction de l'environnement. 2. Evolution des paramètres de productivité de neuf variétés semées à trois écartements. *Coton et Fibres Tropicales* 42, 117-125. <https://agritrop.cirad.fr/445589/>
- Hougni, A., L. Imorou, A. Dagoudo, N. Zoumarou-Wallis, 2016: Caractérisation agro-morphologique de variétés de cotonnier (*Gossypiumhirsutum* L.) pour une régionalisation économique pour la production du coton au Bénin. *European Scientific Journal* 36, 210-227. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n36p210>
- Jagannathan, N.T., Venkitaswamy R., 1996: Effect of plant density and nutrient levels on new cotton varieties. *Madras Agricultural Journal*, 83: 159-160.
- Jost, P.H., Cothren, J.T., 2000: Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacings. *Crop Science* 40, 430-435. doi:10.2135/cropsci2000.402430x
- Kaggwa-Asiimwe, R., P. Andrade-Sanchez, G.Y. Wang, 2013: Plant architecture influences growth and yield response of upland cotton to population density. *Field Crops Research*, 145, 52-59.
- Kerby, T. A., K.G. Cassman, M. Keeley, 1990: Genotypes and plant densities for narrow-row cotton systems. I. Height, nodes, earliness, and location of yield. *Crop science*, 30(3), 644-649.
- Khan, A., U. Najeeb, L. Wang, D.K.Y. Tan, G. Yang, F. Munsif, S. Ali, A. Hafeez, 2017: Planting density and sowing date strongly influence growth and lint yield of cotton crops. *Field Crops Research*, 209, 129-135.
- Kpadé, C.P., E. Mensah, K. Allali, G.A. Mensah, A. Souleymane, 2008: Amélioration du rendement du cotonnier en lutte étagée ciblée en zones cotonnières du Nord-Bénin. INRAB-Ambassade Pays-Bas.
- Maddoni, G.A., M.E. Otegui, A.G. Cirilo, 2001: Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Research* 71, 183-193. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00158-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00158-7)
- Nichols, S.P., C.E. Snipes, M.A. Jones, 2004: Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. *Journal of cotton science* 8, 1-12.
- Oosterhuis, D.M., Stewart, J.M., 2004: Physiological basis of yield and environmental adaptation in cotton. *Physiology and Biotechnology Integration for Plant Breeding* 363-401.
- Sékloka, E., J. Lançon, M. Batamoussi, G. Thomas, 2015: La réduction de la croissance végétative à forte densité de semis comme stratégie d'adaptation variétale aux semis tardifs en culture cotonnière pluviale au Bénin. *Tropicicultura*, 33(4), 299-308.
- Shukla, U. N., M.S. Khakare, V.K. Srivastava, R. Kumar, S. Singh, V. Kumar, K. Kumar, 2013: Effect of spacings and fertility levels on growth, yield and quality of cotton (*Gossypiumhirsutum*) hybrids under rainfed condition. *BIOINFOLET-A Quarterly Journal of Life Sciences*, 10(3b), 937-942.
- Soomro, A.R., M.H. Channa, A.A. Channa, G.H. Kalwar, G.N. Dayo, A.H. Memon, 2000: The effect of different sowing dates on the yield of newly developed strain under climatic conditions of Ghotki, Sindh. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3(11): 1901-1903.
- Taffouo, V.D., N.L. Djotie, M. Kenné, N. Din, R.J. Priso, S.D. Dibong, A. Amougou, 2008: Effects of salt stress on physiological and agronomic characteristics of three tropical cucurbit species. *Journal of Applied Biosciences* 10, 434-441.
- UEMOA (Union Economique Monétaire d'Afrique de l'Ouest), 2019: Note d'Information, République du Bénin. Deloitte, Novembre 2019, 98 p. www.umoatitres.org
- Wennink, B., J.W. Meenink, M. Djihoun(eds), 2013: La filière coton tisse sa toile au Bénin. Les organisations de producteurs étoffent leurs services aux exploitations agricoles familiales. Cotonou/Amsterdam, KIT Publishers.