

Premier article : Effets et tendance des variabilités et changements climatiques au Bénin

Par : A. Alinsato, K. Kponou, Y. Soglo et C. C. Gnimadi

Pages (pp.) 01-09.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Juin 2020 – Volume 30 - Numéro 02

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 et tendance des variabilités et changements climatiques au Bénin A. Alinsato, K. Kponou, Y. Soglo et C. C. Gnimadi	1
Importance des coûts de transaction dans les systèmes de production du coton conventionnel et biologique au Centre et Nord du Bénin B. Agalati et P. Degla	10
Déterminants socioéconomiques de l'insécurité alimentaire dans la commune d'Avrankou au Sud-Est du Bénin D. M. Noukpozoukou et M. Y. Affomaï	22
Économie de l'adaptation aux variabilités et changements climatiques dans la production du maïs au Nord-Bénin H. Satoguina	31
Facteurs d'affectation des terres et effets sur les services écosystémiques et la biodiversité : Synthèse bibliographique F. C. Ahononga, G. N. Gouwakinnou, S. S. H. Biaou, O. Ahouandjinou, S. Biaou et R. C. Sonounameto	51
Caractéristiques dendrométriques et production fruitière de <i>Pentadesma butyracea</i> au Mali (Afrique de l'Ouest) A. M. Kouyaté, E. A. Padonou, I. Diarra et A. M. Lykke	64

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: brabpbinrab@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.

Effets et tendance des changements climatiques au Bénin

A. Alinsato¹, K. Kponou², Y. Soglo^{2,3*} et C. C. Gnimadi³

¹Dr (MCA) Alastair ALINSATO, Laboratoire d'Économie Publique, Université d'Abomey-Calavi (UAC), 02BP2163, Cotonou, E-mail: alastaires@yahoo.fr, Tél. : (+229)97871700, République du Bénin.

²Dr Kenneth KPONOU, Faculté des Sciences Économiques et de Gestion (FASEG/UAC), BP 1541, Abomey-Calavi, E-mail: xcolombiano@yahoo.fr, Tél. : (+229)66754444, République du Bénin.

³Dr (MC) Yves SOGLO, FASEG/UAC, 07 BP 0097, Cotonou & Centre Béninois de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (CBRSI), 03 BP 1665, Cotonou, E-mail: ysoglo@yahoo.fr, Tél. : (+229)97409983, République du Bénin.

³Dr (MR) Clément C. GNIMADI, CBRSI, BP466, Abomey-Calavi, E-mail: gnimadic2003@yahoo.fr, Tél. : (+229)97497334, République du Bénin.

Auteur de correspondance : Dr (MC) Yves SOGLO, E-mail: ysoglo@yahoo.fr

Résumé

Les changements climatiques constituent une préoccupation d'envergure mondiale. Cependant, leurs effets ne sont pas uniformes mais spécifiques en raison des caractéristiques particulières de chaque région. L'article analyse les effets et la tendance de long terme des changements climatiques au Bénin. Pour ce faire, l'article emprunte une démarche méthodologique fondée sur une synthèse de la littérature relative à l'analyse des effets des changements climatiques et sur le calcul d'indicateurs. Les résultats ont montré que (i) le Bénin reste une zone humide quoique déjà proche des caractéristiques d'une zone semi-humide, (ii) dans une optique de long terme, les précipitations tendent à être constantes autour de leur tendance moyenne et enfin (iii) ce sont les zones de Cotonou et de Kandi qui sont les plus arides.

Mots-Clés : Changements Climatiques, Tendance, Climat, Environnement.

Effects and trend of climate change in Bénin

Abstract

Climate change is a global concern. However, their effects are not uniform but specific due to the particular characteristics of each region. The paper analyzes the effects and long-term trend of climate change in Benin. To do this, the article uses a methodological approach based on a synthesis of the literature relating to the analysis of the effects of climate change and the calculation of indicators. The results showed that (i) Benin remains a humid zone although already close to the characteristics of a semi-humid zone; (ii) in a long-term perspective, rainfall tends to be constant around their average trend and finally (iii) the areas of Cotonou and Kandi are the most arid.

Keywords: Climate change, trend, climate, environment.

Introduction

Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) considère comme changements climatiques (CC), tout changement de climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Les simulations effectuées indiquent une fourchette de +1 °C à +2,5 °C des températures à l'horizon 2100 et une augmentation entre 6 et 19,5% des pertes d'eau par évaporation (MEHU, 2001).

Le Bénin reste l'un des pays les plus vulnérables aux CC en raison de sa structure économique qui tire une contribution substantielle de l'agriculture qui reste dépendante des variations climatiques. Sur ces dernières années, on assiste de plus en plus à l'occurrence de phénomènes climatiques extrêmes avec pour conséquence une baisse de la productivité agricole et de plus grandes pertes agricoles. Ces différents effets ont des impacts socioéconomiques importants et accentuent la vulnérabilité des populations surtout en milieu rural.

Selon des estimations de Knutson *et al.* (2017), la plage probable de la contribution humaine à l'augmentation de la température moyenne globale sur la période 1951-2010 est de 0,6 à 0,8 °C. Cela se traduit par une contribution humaine probable de 93% à 123% du changement observé entre 1951-2010. Il est probable que plus de la moitié de l'augmentation moyenne de la température mondiale depuis 1951 ait été causée par l'influence humaine sur le climat.

D'après les études du MEHU (2011), les températures de l'air varient en moyenne autour de 27,2 °C, avec des maxima absolues pouvant dépasser 45 °C au Nord. Il convient de souligner que, depuis deux décennies environ, les régimes pluviométriques caractérisant les climats du Bénin, connaissent des fluctuations parfois très marquées au cœur des saisons. Par ailleurs, l'analyse de la variabilité interannuelle, établie sur les 60 dernières années, révèle que les années 1977 et 1983 ont été

particulièrement marquées par une sécheresse climatique à grand impact agricole tandis que les années 1962, 1968, 1988, 1997, 1998 et 2010 ont enregistré des cas de fortes inondations.

Les projections du MECGCCRPRNF (2015) indiquent que les impacts potentiels des changements climatiques sur le littoral, l'agriculture et l'eau se traduiront par : (i) une élévation continue du niveau de la mer ; (ii) une diminution probable des écoulements des eaux de surface à l'horizon 2050 sur l'ensemble du bassin du fleuve Ouémé dans un scénario de diminution de pluies dans le nord du pays ; (iii) un décalage des périodes de crue dans la portion béninoise du bassin du Niger, consécutive à une baisse sensible du régime pluviométrique à l'échelle saisonnière ; (iv) une baisse des rendements du maïs dans certaines zones agro-écologiques et (v) une baisse de la productivité des ressources halieutiques pouvant induire une baisse des prises et une raréfaction des denrées halieutiques au plan national.

Le présent article analyse la dynamique des changements climatiques en trois points au moyen d'indicateurs de suivi. Déjà, l'article caractérise globalement la situation climatique du Bénin ; ensuite il évalue la tendance de long terme des niveaux de précipitation et enfin l'article classe les différentes régions du Bénin au regard de leur aridité. La suite de cet article est organisée en six sections. La deuxième présente une synthèse de la littérature sur les effets des CC dans différents domaines d'intérêt pour l'économie béninoise ; la troisième section analyse les CC au-delà de leurs effets pervers et les présente comme une source d'opportunité ; la quatrième section présente la méthodologie ; la cinquième présente et discute les résultats et la dernière section conclut l'article.

Effets des changements climatiques : une synthèse bibliographique

Changements climatiques et agriculture

D'après Gef et UNDP (2015), le Bénin, tout comme la plupart des pays en développement, est particulièrement vulnérable aux CC. Les risques climatiques dominants sur le territoire béninois sont la sécheresse, les inondations, l'augmentation du niveau de l'océan et l'érosion côtière. Dans ce sens, les zones agro-climatiques les plus vulnérables sont la zone 1 (extrême Nord du Bénin) ; la zone IV (Atacora Ouest), la zone V (la zone cotonnière du centre Bénin) et la zone VIII (la zone de pêche). Gnanglè *et al.* (2011) relèvent qu'il y a une augmentation significative de la température moyenne de plus d'un degré et une diminution perceptible de la pluviométrie (-5,5 mm/an en moyenne) et du nombre moyen annuel de jours de pluie dans trois zones au Bénin que sont les zones climatiques soudanienne, soudano-guinéenne et guinéenne. Ces différentes variations impactent directement les activités et surtout les rendements dans l'agriculture. Dans ce sens, Kouton-Bognon *et al.* (2015) ont montré qu'une augmentation des températures moyennes de la saison sèche (période de décrue) de $\pm 1\%$ entraîne une baisse du revenu rizicole de 0,5%. Suite à une augmentation de la précipitation de la même saison de 1%, les revenus riziocoles connaissent une hausse 1,9% dans les communes d'Adjohoun, des Aguégoués et de Grand-Popo. Ces trois communes appartiennent à la zone des pêcheries (zone agro-écologique 8) qui est caractérisée par un climat de type subéquatorial à deux saisons de pluie et deux saisons sèches.

Les travaux de Vissoh *et al.* (2012) répertorient les manifestations des CC dans les localités d'Adjohoun et de Dangbo en sept points. En effet, ces auteurs ont montré que les CC provoquent (i) le démarrage tardif et/ou mauvaise répartition des pluies ; (ii) le raccourcissement de la durée des saisons des pluies ; (iii) la diminution du nombre de jours de pluies ; (iv) des poches de sécheresse plus accrues ; (v) une occurrence des pluies violentes causant des dégâts ; (vi) la persistance de la sécheresse et enfin (vii) la diminution des hauteurs pluviométriques. Mais il semble d'après les projections que les variations climatiques vont s'aggraver dans le temps. Ainsi, sur la base d'une simulation des tendances climatiques à l'horizon 2040 sur le bassin du fleuve Ouémé portant sur la période de 1955 à 2014, Nounangnonhou *et al.* (2016) ont montré pour les 25 années à suivre une augmentation des températures à l'horizon 2040, de l'ordre de 1,9 °C à Bétérou, 1,4 °C à Savè et 0,8 °C à Kétou. Le modèle a permis de prédire une baisse des précipitations annuelles moyennes sur la même période avec un taux de 20,37% à Bétérou, 7,01% à Savè et 14,96% à Kétou relativement à celle de la période 1955-2014. Il est prévu en outre que les pertes d'eau annuelles deviennent plus importantes que les lames d'eau précipitées.

Changements climatiques et ressources en eau

Les projections climatiques du GIEC donnent de nombreuses indications sur les risques croissants liés aux changements climatiques sur l'eau. Le contexte lié à la gestion des ressources se complexifie donc avec les CC combinés avec la croissance démographique, l'urbanisation, l'accroissement des besoins en énergétiques et l'évolution des modes de vie. Une étude du MDAEP (2014) montre que de 1951 à 2000 et à l'échelle annuelle, la baisse des précipitations a été de 3 à 5% sur les deux grands bassins du Bénin (l'Ouémé et le sous bassin béninois du fleuve Niger) sur la période 1971-2000 par

rapport à 1951-1970. Cela a eu pour conséquence de baisser les écoulements de surface d'environ 10% sur ces deux bassins. De façon plus précise, l'accentuation des manifestations de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface sont entre autres les suivantes :

- Un déficit presque général d'écoulement sur l'ensemble des rivières;
- Le tarissement précoce de certaines rivières ;
- Le prolongement de la période d'étiage ;
- Des étiages sévères obligeant des rivières pérennes à devenir saisonnières comme c'est le cas souvent ces dernières années pour la Pendjari ou le Mono à Athiémé ;
- La baisse des hauteurs maximales d'eau dans les cours d'eau ;
- L'augmentation du nombre de jours de débordement (nombre de jours où la hauteur d'eau est supérieure à 8 mètres) du fleuve Ouémé à Bonou ;
- L'augmentation du ruissellement de surface sur le bassin du fleuve Niger (portion béninoise) induisant une baisse de la recharge des nappes ;
- La baisse des niveaux d'eau dans les retenues d'approvisionnement en eau potable comme ceux de Parakou et Djougou, en particulier la retenue d'eau de Djougou s'est asséchée cette année 2014 ;
- Des inondations récurrentes dans la basse vallée du fleuve Ouémé et dans la vallée du fleuve Niger.

Changements climatiques et santé humaine

Les CC auront des effets sur la plupart des populations durant les prochaines décennies avec un risque accru pour la vie et le bien-être de plusieurs milliards de personnes (Costello *et al.*, 2009). Les manifestations des CC représentent donc des risques avérés pour la santé humaine de par la fréquence et la sévérité des variations climatiques qu'elles occasionnent. Les changements climatiques peuvent affecter la santé par toute une série de mécanismes, notamment par les effets relativement directs des phénomènes comme les vagues de chaleur, les inondations et les tempêtes, mais également de manière plus complexe par la modification de l'épidémiologie des maladies infectieuses, le dérèglement de l'écosystème agricole et d'autres écosystèmes de soutien, voire par des déplacements de populations ou des conflits dus à la raréfaction des ressources comme l'eau, les terres fertiles et les pêcheries (Pachauri et Reisinger, 2007 ; OMS, 2016).

Des évidences existent que la prévalence des maladies hydro-fécales est fonction de la durée de la période humide tandis que l'occurrence des infections respiratoire est liée à la durée de la période sèche (Fink *et al.*, 2010). Oumrait (2017) indique dans ce sens que la température et la pluviométrie sont les principales variables météorologiques qui exercent une influence majeure sur la population des moustiques. Subséquemment, on remarque une plus grande prévalence du paludisme et de la méningite dont les taux sont élevés respectivement en période de pluie et de sécheresse. Les résultats de Azonhe (2015) ont montré par exemple qu'à un taux d'humidité de 51%, il est enregistré environ 700 cas d'infections respiratoires aiguës contre 1100cas des mêmes infections à un taux d'humidité de 74% dans la ville de Parakou au Bénin. Cela montre comment les paramètres climatiques peuvent affecter la santé humaine et la prévalence de certaines maladies spécifiques.

Changements climatiques et genre

La vulnérabilité est le résultat de trois composantes suivantes : (i) la taille et la fréquence des chocs exogènes (Guillaumont, 2016) ; (ii) l'exposition aux chocs ; (iii) la capacité à réagir face aux chocs ou la résilience. Les CC ont des impacts différenciés sur les hommes et les femmes et cela pour plusieurs raisons qui vont de rôles traditionnels aux moyens de subsistance en passant par les espérances sociétales. Les femmes bien que faisant la majorité de la population mondiale ont généralement des niveaux de revenu faible, un accès réduit au crédit, un contrôle assez limité sur les ressources et un faible pouvoir de décision. Tout ceci a pour conséquence d'accentuer leur vulnérabilité à l'égard de plusieurs impacts des CC. D'après USAID (2010), les CC impactent les femmes dans les divers secteurs suivants :

- les femmes produisent 60 à 80% des aliments dans les pays en développement et ainsi l'occurrence des phénomènes climatiques extrêmes réduit les superficies de cultures ;
- dans la plupart des sociétés, les femmes ont la responsabilité de l'approvisionnement en eau et du bois de chauffe ; Etant donné que les CC accentuent la rareté en ces ressources, les

femmes et les filles doivent fournir plus d'effort, ce qui réduit leur productivité dans d'autres domaines tels que les activités agricoles et réduit leur temps disponible pour la scolarisation ;

- les femmes étant déjà plus vulnérables et sujettes à la malnutrition que les hommes, les CC de par les variations climatiques peuvent contribuer à aggraver les risques de maladies surtout celles liées aux conditions d'hygiène.

Il apparaît opportun d'intégrer la dimension genre dans les stratégies et politiques de lutte contre les effets néfastes des CC. UNDP (2012) indique qu'il existe une relation directe entre l'égalité des sexes, l'autonomisation des femmes et les changements climatiques. D'une part, les femmes sont disproportionnellement vulnérables aux effets des changements climatiques, ce qui pourrait à son tour exacerber les disparités entre les sexes. D'autre part, les femmes ont des connaissances et des compétences uniques qui peuvent aider à rendre la réponse aux changements climatiques plus efficace et durable. Les politiques des changements climatiques qui tiennent donc compte de la vulnérabilité sexospécifique et de la contribution unique que peuvent apporter les femmes pourraient contribuer à promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation de celles-ci tout en luttant contre le changement climatique. Dans cette logique, l'USAID recommande une série d'actions suivantes pour intégrer le genre dans les CC en vue d'améliorer la résilience des femmes :

- impliquer les femmes dans les évaluations de la vulnérabilité, pour s'assurer que les évaluations ne se concentrent pas uniquement sur les secteurs économiques dominés par les hommes ;
- impliquer à la fois les hommes et les femmes dans la priorisation et la conception des projets d'adaptation au changement climatique, et s'appuyer sur leurs connaissances autochtones ;
- atteindre les hommes et les femmes par le biais d'interventions d'énergie propre aussi bien industrielles que domestiques ;
- rendre l'information, la formation et les technologies d'adaptation et d'atténuation du changement climatique accessibles et pertinentes pour toutes les parties prenantes ;
- tirer parti des compétences et des connaissances des femmes telles que la gestion des ressources naturelles et les réseaux sociaux - dans l'adaptation à la base au niveau communautaire ;
- intégrer les considérations de genre dans les stratégies et réglementations nationales sur les changements climatiques ;
- veiller à ce que les charges et les opportunités créées par le travail d'adaptation aux changements climatiques soient équitables.

Changements climatiques et les zones côtières

Les travaux de MEHU (2011) ont permis de subdiviser le littoral béninois en sept segments dont les plus vulnérables sont la zone côtière de la commune de Grand-Popo (segment 1132), la zone côtière de la commune de Ouidah (segment 1133 et 1134), la zone Est de Cotonou – Donatin – Tokplégbé (segment 1137) et enfin la zone côtière de la commune de Sèmè-Kpodji (segment 1138). L'estimation des pertes et dommages liés aux effets des changements climatiques sur des activités socio-économiques effectuée par le PNUD (2015) démontrent que le secteur de la pêche est l'une des activités les plus affectées. Les pertes et dommages liés à la pêche évaluées en termes de la cessation d'activité valent en moyenne 3.425.000 FCFA pour la ville de Cotonou, 782.541 FCFA pour la ville de Sèmè-Kpodji, 1.250.000 FCFA en moyenne pour la ville d'Abomey-Calavi, 1.243.571 FCFA en moyenne pour la ville de Ouidah et 1.842.272 FCFA pour la ville de Grand-Popo pour un groupe de pêcheurs. Le franc CFA (FCFA) est la monnaie du Bénin et un (1) Dollar US (\$US) vaut à peu près 550 FCFA. L'agriculture est moins affectée par les phénomènes de la remontée du niveau marin et de l'érosion côtière du fait qu'elle se pratique à 500 m en moyenne des berges côtières. Ainsi par terre cultivée, on note un coût moyen des pertes et dommages de 224.000 FCFA à Grand-Popo, 320.000 FCFA à Cotonou et 280.000 FCFA à Ouidah. Les activités de commerce sur le littoral sont foncièrement reliées aux activités de pêche et d'agriculture car c'est le produit de ces activités qui sert généralement de marchandises. Donc un impact sur les premières a un effet immédiat sur ce dernier. Ainsi en termes de coût d'opportunité et de pertes de marchandises, les pertes et dommages associés coûtent en moyenne 131.625 FCFA à Cotonou et 305.000 FCFA à Grand-Popo. Dans le secteur de l'exploitation des côtes à des fins d'hôtellerie, il ressort que les coûts des dommages sont liés à l'entretien régulier des matériels menacés par l'érosion qui nécessitent un coût moyen compris entre 350.000 et 1.000.000 FCFA par an.

Les changements climatiques comme des opportunités : voir au-delà des effets pervers

Il est courant que la littérature se concentre sur la plupart du temps sur les effets néfastes des CC. Toutefois, il est important d'aller au-delà de ces effets pour déceler des opportunités que pourraient représenter les phénomènes liés aux CC.

Dans le domaine de la production énergétique, l'Afrique dispose d'un grand potentiel en termes d'énergies renouvelables à savoir énergies hydraulique, solaire, éolienne et géothermale. La capacité de génération solaire pourrait atteindre plus de 10.000 GW, la capacité éolienne 109 GW, la capacité hydraulique 350 GW et la capacité géothermale environ 15 GW (BAD, 2015). Ainsi, les CC représentent une opportunité pour libérer le potentiel énergétique de l'Afrique en faisant des investissements adéquats permettant d'offrir de l'énergie propre aux millions d'africains encore sans accès à l'électricité. Dans ce sens, Boko *et al.* (2012) indiquent que le Bénin dispose d'un positionnement géographique lui permettant d'avoir recours à une énergie propre. La partie méridionale du Bénin, sous l'influence de l'océan atlantique, est caractérisée par une forte disponibilité en énergie éolienne et marémotrice. La partie septentrionale du Bénin, plus influencée par les conditions climatiques sahéliennes, dispose d'un fort potentiel en énergie solaire.

En ce qui concerne l'agriculture qui assure la subsistance de plus de 70% des populations africaines, les menaces portées par les CC sont réelles mais présentent également des opportunités. En effet selon une estimation de la BAD (2015), en partant de son potentiel de terre arable non exploitée représentant environ 25% des terres fertiles au niveau mondial, l'Afrique dispose d'importantes marges d'actions pour faire passer sa production agricole de 280 milliards de dollars à 880 milliards d'ici 2030.

Les options d'adaptation aux CC en même temps qu'elles représentent des coûts importants présentent également des possibilités de réduction de la pauvreté et de la vulnérabilité des populations les plus touchées. Ainsi, selon la BAD (2015), les petits exploitants agricoles de certains pays ont déjà pris l'initiative et fait preuve d'ambition et d'innovation en s'adaptant au risque climatique. L'approche nigérienne de l'agroforesterie, menée par les agriculteurs, a amélioré les moyens de subsistance tout en contribuant à l'adaptation et à l'atténuation sur 5 millions d'hectares de terre. La plantation intercalaire d'arbres fixant l'azote a augmenté le couvert en arbres et en arbustes, et a assaini 250.000 hectares de sol dégradé. Le revenu réel brut annuel s'est élevé de 1.000 dollars par famille pour plus d'un million de familles. Ces techniques agroforestières se sont aujourd'hui répandues au Mali. De façon transversale, ces différentes opportunités représentent des sources importantes de création d'emplois.

Méthodologie

Cet article analyse les effets et tendances des changements climatiques au Bénin. L'article a emprunté une démarche d'analyse en deux volets : un premier volet fondé sur la revue des évidences empiriques et un second volet fondé sur le calcul de trois indices d'évaluation des effets climatiques. Pour ce faire, il est fait recours aux données du Centre Béninois de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (CBRSI) sur la période allant de 1952 à 2005. Ces indices ont analysé trois aspects des changements climatiques dans une perspective de long terme. Le premier indice a caractérisé la variabilité climatique globale au Bénin ; le deuxième indice a évalué la tendance des précipitations sur le long terme et enfin le troisième indice a caractérisé la situation d'aridité de chaque zone du Bénin. D'après OMM et GWP (2016), les indicateurs les plus adaptés sont ceux pour lesquels, il est facile de répondre aux questions suivantes :

- Les indicateurs permettent-ils de déceler les conditions liées à la vulnérabilité en question pour qu'il soit possible de communiquer l'information et de coordonner les mesures de lutte ou d'atténuation ?
- Les indicateurs sont-ils assez sensibles aux conditions climatiques, spatiales et temporelles pour établir le début ou la fin de la vulnérabilité ?
- Les indicateurs et les échelles d'intensité font-ils convenablement état des impacts observés sur place, dans la zone ou la région touchée ?
- Utilise-t-on les mêmes indicateurs et seuils pour le début et la fin d'une période de vulnérabilité ? il est indispensable de rendre compte des deux situations
- Emploie-t-on des indicateurs composites afin d'analyser un grand nombre de facteurs et de paramètres ?

- Les données et les indicateurs qui en résultent sont-ils disponibles et stables ? autrement dit, détient-on une longue série de relevé qui donne aux planificateurs et aux décideurs de solides références historiques et statistiques ?
- Les indicateurs sont-ils faciles à calculer ?

En prenant en compte les exigences contenues dans les précédents questionnements, nous avons retenus trois indicateurs de suivi des CC. Le premier mesure le niveau global d'aridité du territoire sur une période longue. Le deuxième indicateur analyse l'évolution des précipitations observées annuellement, en les comparant à un niveau normal déterminé dans une perspective historique. Le dernier indicateur quant à lui fait une analyse de la situation climatique au niveau régional (stations synoptiques) afin de rendre compte des particularités présentes d'une région à une autre.

Résultats et discussion

Indice d'aridité

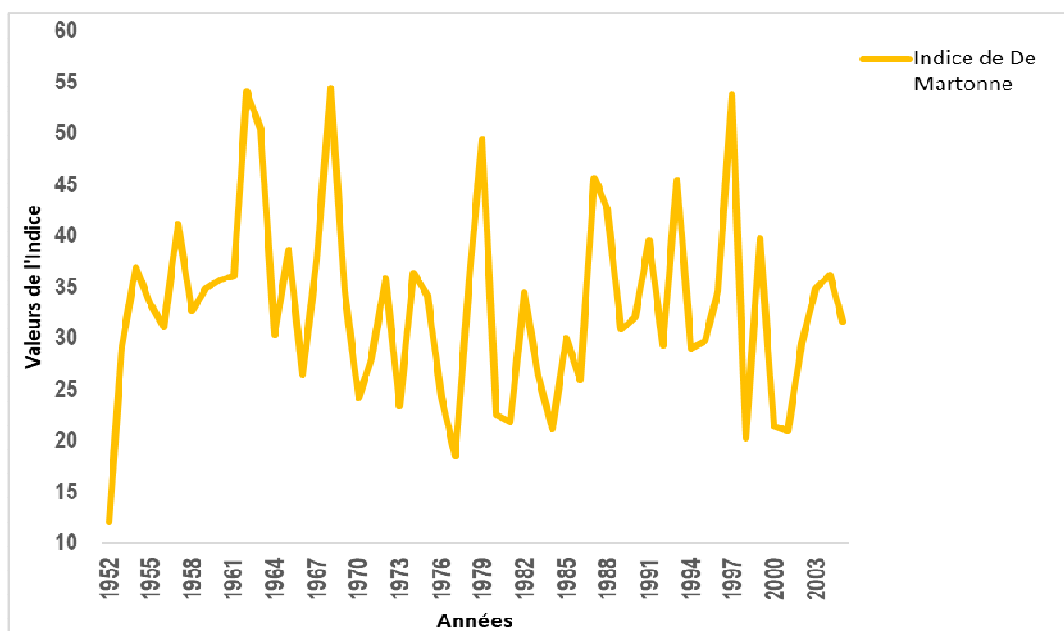
Développé par De Martonne en 1925, l'indice d'aridité sert à la classification des climats de différentes régions (Tableau 1). Il fait le rapport entre les précipitations et les températures moyennes. Il est employé pour analyser le développement de la sécheresse. De façon plus précise, l'indice s'obtient

par la formule : $I = \frac{P}{T + 10}$, où : P désigne les précipitations totales annuelles et T la moyenne annuelle de la température.

Tableau 1. Grille d'interprétation de l'indice de De Martonne

Valeurs de I	Type de climat	Type de végétation potentielle
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu
5 à 10	Aride	Désert
10 à 20	Semi-aride	Steppe
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle, forêt
30 à 40	Humide	Forêt
40 à 55	Humide	Forêt

Les courbes de la Figure 1 ont illustré l'évolution des précipitations de 1952 à 2004 réalisée à partir des données du CBRSI (Centre Béninois de la Recherche et de l'Innovation).



Minimum = 12 ; Maximum = 54,51 ; Moyenne = 33,12 ; Écart-type = 9,30.

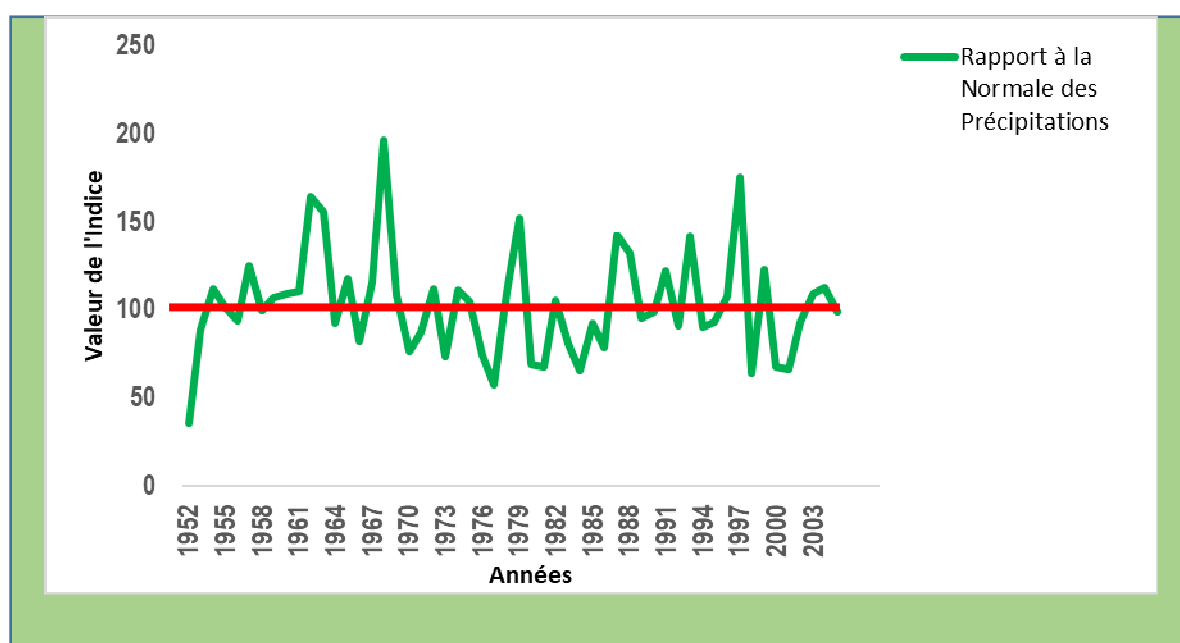
Figure 1. Indice de De Martonne

Source: réalisé à partir des données du CBRSI

Trois pics supérieurs ont été atteints en 1962, 1968 et en 1997 contre un pic inférieur en 1952 (Figure 1). En réalité, l'année 1952 n'est pas vraiment le pic inférieur puisqu'il y a un problème de données manquantes pour cette année sur plusieurs mois. En la soustrayant de l'analyse, le pic inférieur est obtenu en 1977 qui est ce fait, l'année la plus aride. Les pics supérieurs indiquent des années ayant enregistré de bons niveaux de pluie. Sur l'ensemble de la période, la valeur moyenne de l'indice indique que le Bénin reste dans la bande d'une zone humide. Toutefois, il est important de noter que cette moyenne reste très proche des valeurs d'une zone semi humide. Cela s'explique par la grande variabilité des niveaux de pluie qui se lit à travers la valeur de l'écart-type et de la distance entre les valeurs maximale et minimale. Cette fluctuation qui est devenue plus marquée à partir des années 1970 est révélatrice des effets néfastes des changements climatiques qui affectent de façon significative le niveau des précipitations. Il convient de suivre de façon plus précise l'évolution des précipitations.

Rapport à la Normale des Précipitations

Cet indice est établi avec les valeurs quotidiennes, hebdomadaires, mensuelles, saisonnières ou annuelles. Il s'obtient en divisant les précipitations réelles par les précipitations normales pour la période analysée et en multipliant le quotient par 100. Ses paramètres d'entrée sont les précipitations relevées au cours d'une période adaptée à l'échelle temporelle choisie. Il est souhaitable d'avoir des données sur 30 ans ou plus pour la détermination des valeurs normales. L'indice est utile pour détecter divers impacts de la sécheresse. Sur la Figure 2 a été illustrée l'évolution du rapport à la normale des précipitations sur la période 1952-2005.



Minimum = 35,42 ; Maximum = 196,03 ; Moyenne = 102,41 ; Écart-type = 30,3.

Figure 2. Rapport à la normale des précipitations

Source: réalisé à partir des données du CBRSI

La constitution de l'indice met en rapport le niveau des précipitations et le niveau normal de ces mêmes précipitations. L'avantage de cet indice découle de cette liaison des précipitations à leur niveau normal. Le niveau normal est déterminé dans une perspective historique. Ce qui devient de plus en plus précis au fur et à mesure que la longueur de la série des précipitations s'allonge. Puisque dans ce cas, la distribution des précipitations admet des propriétés asymptotiques intéressantes. Dans le cas du Bénin, on a une série assez longue qui permet d'avoir un rapport à la normale des précipitations assez stable et fiable dans le temps. Ainsi, une valeur supérieure à 100 pour cet indice signifie que les précipitations courantes dépassent les précipitations normales.

Le niveau de comparaison est donc à 100, ce qui se matérialise sur le graphique par la ligne horizontale au niveau du point 100 en ordonnée. En omettant l'année 1952 pour la même raison de données manquantes, l'année 1977 est l'année qui a le pic inférieur. Sur l'ensemble de la période, on remarque qu'en moyenne, le Bénin est resté proche de son niveau normal de précipitation mais cela ne doit pas masquer les fluctuations importantes observées. C'est certainement ces dernières qui font que le niveau des précipitations n'a pas atteint des niveaux substantiellement supérieurs à la normale.

Il est noté après le pic de 1997, que depuis l'année 1998 la tendance suivie par les précipitations est inquiétante dans la mesure où elles tendent à être inférieures à la normale avec une grande variabilité dans les pics inférieurs. Même s'il est important de suivre l'évolution globale de la situation des variables climatiques au niveau national, il est également indispensable de faire ces analyses au niveau délocalisé dans une approche comparative afin de rendre compte de la spécificité de chaque région.

Indice d'anomalie de pluviosité (RAI)

Mis au point par Van Rooy (1965), cet indice utilise les valeurs normalisées des précipitations pour analyser les sécheresses qui ont une incidence sur l'agriculture, les ressources en eau et d'autres secteurs. Les valeurs normalisées des précipitations est faite sur la base de données historiques relevées à une station particulière. Cet indice permet de comparer les niveaux d'aridité des différentes stations synoptiques du Bénin. La station de Cotonou couvre l'Atlantique (le Sud Bénin), la station de Bohicon couvre le Zou, celle de Savè couvre les Collines, celle de Parakou couvre le Borgou, celle de Kandi couvre l'Alibori et enfin la station de Natitingou couvre la Donga et l'Atacora. Dans le tableau 2 a été présenté le classement des différentes zones selon un niveau décroissant d'aridité.

Tableau 2. Classement des zones par niveau décroissant d'aridité

Période	Ordre	1950-2010	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2010
Classement	6	Kandi	Cotonou	Kandi	Kandi	Kandi	Kandi	Kandi
	5	Cotonou	Kandi	Cotonou	Cotonou	Cotonou	Natitingou	Cotonou
	4	Natitingou	Parakou	Natitingou	Natitingou	Natitingou	Savè	Natitingou
	3	Parakou	Savè	Parakou	Parakou	Savè	Cotonou	Parakou
	2	Savè	Natitingou	Savè	Savè	Parakou	Parakou	Savè
	1	Bohicon	Bohicon	Bohicon	Bohicon	Bohicon	Bohicon	Bohicon

Source: calcul des auteurs

Sur la base de l'Indice d'anomalie de pluviosité (RAI), il ressort que sur l'ensemble de la période considérée, ce sont les zones de Cotonou et de Kandi qui sont les plus arides et la zone de Bohicon est celle qui est la plus fournie en pluie. Dans le but de suivre l'évolution de cette observation dans le temps, on a scindé l'ensemble de la période en six décennies. A l'évidence, on remarque que le classement n'a pas fondamentalement varié puisque ce sont toujours les zones de Kandi et de Cotonou qui demeurent les plus arides et celle de Bohicon la moins aride. Il faut souligner que ce classement découle d'une moyenne du niveau d'aridité mensuelle, ce qui pourrait donner une représentation quelque peu biaisée étant donné que ces différentes zones n'ont pas les mêmes types de saison.

Dans ce sens, Boko (1992) a montré que le territoire béninois connaît globalement deux types de saison que sont une saison à régime bimodal et une seconde à régime unimodal. Ainsi, la grande saison pluvieuse dure environ cinq mois, soit de mars à juillet, à partir du littoral jusqu'à la hauteur de Dassa-Zoumè. La seconde saison des pluies dure environ trois, soit de septembre à novembre, dans la même zone. A l'opposé, le régime unimodal est caractérisé par une seule saison pluvieuse qui dure cinq à sept mois, soit de mai ou juin à septembre ou octobre dans les zones du Nord Bénin.

Conclusion

L'article analyse les effets des changements climatiques dans différents secteurs de l'économie béninoise d'une part et la tendance de ces changements climatiques d'autre part. Les résultats montrent que (i) le Bénin reste une zone humide quoique déjà proche des caractéristiques d'une zone semi-humide, (ii) dans une optique de long terme, les précipitations tendent à être constantes autour de leur tendance moyenne et enfin (iii) ce sont les zones de Cotonou et de Kandi qui sont les plus arides.

Références Bibliographiques

- Agossou, G., Medeou, K. F., 2017 : Etude sur la Vulnérabilité aux Changements Climatiques dans le Secteur de l'Agriculture et des Ressources en Eau. Rapport, Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable, 1-100.
- Azonhe, T., 2015 : Paramètres climatiques et infections respiratoires aiguës dans la ville de Parakou. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, 1(4), 61-73.
- BAD (Banque Africaine de Développement), 2015 : L'Afrique et le climat : une opportunité pour s'adapter et prospérer. In

- Réunion de la COP21 à la CCNUCC.Rapport, BAD, 1-40.
- Boko, M. 1992 : Saisons et types de temps au Bénin : analyse objective et perceptions populaires. In *Espace géographique*, tome 21, n°4 (Persee, pp. 321–332).
- Boko, M., F. Kosmowski, E. W. Vissin, 2012 : Les enjeux du changement climatique au Bénin (Maria Zand). Konrad Adenauer Stiftung. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2825.4808>.
- Costello, A., M. Abbas, A. Allen, S. Ball, S. Bell, R. Bellamy, C. Patterson, 2009: Managing the health effects of climate change. *The Lancet* (Vol. 373). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60935-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60935-1).
- GEF (Global Environment Facility), UNDP., 2015: Integrated Adaptation Programme to Combat the Effects of Climate Change on Agricultural Production and Food Security in Benin.Rapport, UNDP, 1-30.
- Fink, A., J. Schrage, S. Kotthaus, 2010: On the potential causes of the nonstationary correlations between West African precipitation and Atlantic hurricane activity. *Journal of Climate*, 23(20), 5437-5456.
- Gnanglè, C. P., R. G. Kakai, A. E. Assogbadjo, S. Vodounnon, J. A. Yabi, N. Sokpon, 2011 : Tendances Climatiques Passées, Modélisation, Perceptions Et Adaptations Locales Au Bénin.*Climatologie*, 8, 27–40. <https://doi.org/10.4267/climatologie.259>
- Guillaumont, P. 2016: An Economic Vulnerability Index: Its Design and Use for International Development Policy,0818(May). <https://doi.org/10.1080/13600810903089901>
- Knutson, T., J.P. Kossin, C. Mears, J. Perlwitz, M.F. Wehner, 2017: Detection and attribution of climate change. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I, D.J. Wuebbles, D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock, Eds. U.S. Global Change Research Program, 114-132.
- Kouton-Bognon, B. F., A. Arouna, P. Cledjo, 2015 : Impact des Changements Climatiques sur le Revenu Rizicole au Sud-Bénin. *Annales Des Sciences Agronomiques*, 19(2), 251–262.
- MDAEP. 2014 : Modélisation des impacts économiques des changements climatiques par secteur de développement - Secteur Ressources en eau. Rapport, MDAEP, 1-36.
- MECGCCRPRNF (Ministère de l'Environnement Chargé de la Gestion des Changements Climatiques, du Reboisement et de la Protection des Ressources Naturelles et Forestières), 2015 : Contributions Prévues Déterminées au Niveau National (CPDN). Rapport, MECGCCRPRNF, 1-24.
- MEHU (Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme), 2001 : *Communication Nationale Initiale du Bénin sur les Changements Climatiques*.Rapport, MEHU, 1-94.
- MEHU (Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme), 2011 : *Deuxieme communication nationale de la republique du benin sur les changements climatiques*.Rapport, MEHU, 1-168.
- Nounangnonhou, T. C., F. N. Fifatin, E. A. Sanya, 2016 : Modélisation et simulation des tendances climatiques à l'horizon 2040 sur le bassin du fleuve Ouémé en République du Bénin. *Africa Science*, 12(6), 48–56.
- OMM (Organisation Météorologique Mondiale), GWP (Global Water Partnership), 2016 : Manuel des indicateurs et indices de sécheresse.Rapport, OMM et GWP, 1-52.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2016 : Changement climatique, genre et santé.Rapport, OMS, 1-48.
- Oumrait, N. G., 2017 : Impacts of climate change on global health : A scoping review on the case of malaria. Document de travail, University Pompeu Fabra, 1-24.
- Pachauri, R. K., Reisinger, A., 2007: Climate Change 2007 Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team IPCC. <https://doi.org/10.1256/004316502320517344>
- PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement), 2015 : *Détermination des seuils et niveaux d'alerte relatifs aux risques d'élévation du niveau de la mer et d'érosion côtière au Bénin*.Rapport, PNUD, 1-44.
- UNDP (United Nations Delopment Programme), 2012 : Overview of linkages between gender and climate change. Rapport, UNDP, 1-8.
- USAID (U.S. Agency for International Development), 2010 : Climate Change and Gender.Rapport, USAID, 1-44.
- Vissoh, P. V., R. C. Tossou, H. Dedehouanou, H. Guibert, O. C. Codjia, S. D. Vodouhe, E. K. Agbossou, 2012 : Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer* 2012/4 (N° 260), 479-492.