

Deuxième article : Quantification and analysis of pastureland characteristics along a land use gradient at W Biosphere Transboundary Reserve in Bénin

Par : G. L. Houessou, S. O. Teka, V. Kindomihou, M. Oumorou et B. A. Sinsin

Pages (pp.) 10-22.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) - Numéro Spécial Développement Agricole Durable (DAD) - Août 2019

Le BRAB est en ligne (on line) sur les sites web <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org>

ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale basé à Agonkanmey (CRA-Agonkanmey)

Programme Information Scientifique et Biométrie (PIS-B)

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

Tél.: (229) 21 30 02 64 / 21 13 38 70 / 21 03 40 59 ; E-mail : brabinrab@yahoo.fr / craagonkanmey@yahoo.fr

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
Analyse des compositions chimiques et des valeurs nutritives des aliments complets et des matières premières utilisées dans les rations alimentaires des porcs au Sud-Bénin P. S. Kiki, M. Dahouda, S. G. Ahounou, I. O. Dotché, B. Govoéyi, D. Fassasi, G. A. Mensah, N. Antoine-Moussiaux, J-L. Hornick, I. Youssao Abdou Karim et J-P. Dehoux	1
Quantification and analysis of pastureland characteristics along a land use gradient at W Biosphere Transboundary Reserve in Bénin G. L. Houessou, S. O. Teka, V. Kindomihou, M. Oumorou et B. A. Sinsin	10
Évolution temporelle des cas cliniques de rage déclarée dans les départements de l'Atlantique et du Littoral de 2012 à 2017 au Sud-Bénin P. Sessou, D. N. Noudeke, E. Houessou, A. Tonouhewa, Y. Ayihou, S. G. Komagbe et S. Farougou	23
Perceptions et systèmes d'adaptations locales des riziculteurs et des rizicultrices face aux variabilités et changements climatiques au Bénin A. Assouma Imorou, P. Assogba Babadankpodji, K. A. Djinadou Igue et A. R. Agboh-Noameshie	31
Caractérisation agro-morphologique des meilleurs clones d'anacardiens (<i>Anacardium occidentale</i> L.) du Bénin S. Bello, R. Maliki, A. Adandonon, T. D. Yelouassi et F. Yalinkpon	41
Bees and associated insects diversity and melliferous plants potential at the industriallime quarry of Fongba in Republic of Bénin F. Amakpé, G. Georg, G. A. Mensah, L. De Smet, D. C. De Graaf et B. A. Sinsin	54

ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 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 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 deux (02) numéros par an mais 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.

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

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

Comité de Rédaction et de Publication :

Directeur de rédaction et de publication : Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de Recherche (CAMES)

Secrétaires de rédaction, de publication et de mise en ligne : Dr Ir. KPERA-MAMA SIKA Gnanki Nathalie, Chargé de Recherche (CAMES) et Dr Ir. Setchémè Charles Bertrand POMALEGNI, Chargé de recherche

Membres : Dr Ir. Adolphe ADJANOHOUN, Directeur de Recherche (CAMES), Dr DMV Olorounto Delphin KOUNDANDE, Directeur de Recherche (CAMES) et Dr Ir. Rachida SIKIROU, Maître de Recherche (CAMES)

Conseil Scientifique : Pr. Dr Ir. Brice A. SINSIN (Ecologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr. Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Joseph D. HOUNHOUGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr. Dr Ir. Abdourahamane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Pr. Dr Ir. Kakaï 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. KOUNDANDE (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 ADJANOHOUN (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 deux (2) numéros par an mais 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 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, tapés/saisi sous Winword ou Word ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple et format 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 **brèveté** (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, B P, 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**, **Échantillonnage**, **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 :

- Adjahoun, E., 1962 : Étude 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., Whithon, 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., Trifuji, 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.

Équations 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 développement des sigles des organisations devra être complet à la première citation avec le sigle en majuscule et entre parenthèses (FAO, RFA, IITA). Éviter 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 et toutes les lignes rendues visibles) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures et photographies seront écrits en bas des illustrations. Les légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. Concernant 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 non 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.

Bulletin d'abonnement N°

Nom :

Prénoms :

Organisme :

.....

Adresse :

.....

Ville : **Pays** :

désire souscrire.....abonnement(s) au Bulletin de la Recherche Agronomique de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Date : **Signature** :

Paiement par (cocher la case) :

Chèque à l'ordre du CRA-Agonkanmey/INRAB

Virement à effectuer au compte bancaire du CRA-Agonkanmey/INRAB établi comme suit :

Nom :	CRA-AGONKANMEY/INRAB – 01 BP 884 RP – Cotonou - Bénin			
N° de compte bancaire :	Code bancaire	Position du code	Compte N°	RIB
	0062	01018	011720001108	66
Banque de paiement	ECOBANK - Agence Etoile - 01 BP 1280 Recette Principale – COTONOU - Bénin			
Swift code	ECOC BJ BJ			

Retourner ce bulletin accompagné de votre règlement à :

CRA-Agonkanmey/INRAB
01 B.P. 884 Recette Principale
COTONOU 01 (République du Bénin)
E-mail : brabpisbinrab@gmail.com

Tarifs pour un abonnement annuel donnant droit à deux (2) numéros du BRAB entier en versionpdf par voie électronique :

Bénin :	Individu :	4.000 F CFA (# 6 euros)
	Institution :	15.000 F CFA (# 23 euros)
Hors du Bénin :	Individu :	30.000 F CFA (# 46 euros)
	Institution :	50.000 F CFA (# 77 euros)
Abonnement de soutien :		70.000 F CFA (# 107 euros)

Quantification and analysis of pastureland characteristics along a land use gradient at W Biosphere Transboundary Reserve in Bénin

G. L. Houessou^{6,7}, S. O. Teka⁷, V. Kindomihou⁷, M. Oumorou⁸, B. A. Sinsin⁷

Abstract

Finding suitable indicators to detect early change in pastureland is necessary for a sustainable pastureland's management. In that way, the study aimed to determine pastureland characteristics which can be used as indicators to be monitor for a sustainable management of pastureland around W Biosphere Transboundary Reserve in Bénin. Thus 36 plots (10 m X 10 m) were randomly sampled along transects of land use type going from communal lands to protected area. Herbaceous biomass harvesting and point quadrat list were undertaken. Biomass, grazing value and rate of unpalatable plant species between and within land use type were assessed. Results showed that the mean pastureland primary productivity was significantly ($F = 13.9$; $p = 0.002$) different between the various land use types. The grazing value of pastureland decreased significantly ($F = 5.3$; $p = 0.03$) along land use gradient from the protected area to the communal land while the rate of unpalatable plant species increased. A negative relationship between grasses biomass productivity and rate of unpalatable plant species in all pastureland types was found. In the protected area, findings showed that grasses plant species richness was positively correlated with grasses biomass production. The study highlights grasses plant species richness, rate of unpalatable plant species and grazing value as relevant indicators for monitoring pastureland state. These results can be used for a better management of pastureland in and around W Biosphere Transboundary Reserve in Bénin.

Keywords: Bénin, Rate of unpalatable plant species, Grazing value, Herbaceous biomass, Indicators.

Quantification et analyse des caractéristiques des pâturages le long du gradient d'utilisation des terres au niveau de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin

Résumé

Trouver des indicateurs appropriés pour détecter les changements dans les pâturages est nécessaire pour une gestion durable des pâturages. Ainsi, l'étude visait à déterminer les caractéristiques des pâturages pouvant être utilisées comme indicateurs à suivre pour la gestion durable des pâturages autour de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin. Ainsi, 36 placeaux (10 m X 10 m) ont été échantillonnés au hasard le long d'un gradient d'utilisation des terres allant des terres communales à l'aire protégée. La récolte de biomasse d'herbacées et la méthode des points quadrats ont été utilisées. La biomasse, la valeur de pâturage et le taux d'espèces végétales refus entre les types d'utilisation des terres ont été évalués. Les résultats ont montré que la productivité primaire moyenne des pâturages était significativement ($F = 13,9$; $p = 0,002$) différente entre les différents types d'utilisation des terres. La valeur pastorale des pâturages a diminué de manière significative ($F = 5,3$; $p = 0.03$) le long du gradient d'utilisation des terres entre l'aire protégée et les terres communales, alors que le taux d'espèces végétales refus a augmenté. Une relation négative entre la productivité de la biomasse des graminées et le taux d'espèces végétales refus dans tous les types de pâturages a été mise en évidence. Dans l'aire protégée, les résultats ont montré que la richesse en espèces de graminées était positivement corrélée à la production de biomasse de graminées. La

⁶Dr Ir. Gbenato Laurent HOUSSOU, Laboratoire d'Écologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP) BP 123 Parakou & Laboratoire d'Écologie Appliquée (LEA), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Recette Principale Cotonou 01, E-mail : houessoulaurent@gmail.com, Tél. : (+229)96485593, République du Bénin

⁷Dr Ir. (MC) Sèmadégbé Oscar TEKA, LEA/FSA/UAC, 01 BP 526 Recette Principale Cotonou 01, E-mail : oscar.teka@yahoo.fr, Tél. : (+229)66692302, République du Bénin

Dr Ir. (MC) Valentin KINDOMIHOU, LEA/FSA/UAC, 01 BP 526 Recette Principale Cotonou 01, E-mail : kindomihou@gmail.com, Tél. : (+229)95023058, République du Bénin

Prof. Dr Ir. Brice Augustin SINSIN, LEA/FSA/UAC, 01 BP 526 Recette Principale Cotonou 01, E-mail : bsinsin@gmail.com, Tél. : (+229)97016136, République du Bénin

⁸Prof. Dr Ir. Madjidou OUMOROU, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC/UAC), BP 2009 Cotonou, E-mail : madjidou.oumorou@gmail.com, Tél. : (+229)95406194, République du Bénin

richesse en espèces de graminées, le taux d'espèces végétales refus et la valeur pastorale des pâturages sont mises en exergue par l'étude en tant qu'indicateurs pertinents pour le suivi de l'état des pâturages. Ces résultats peuvent être utilisés pour une meilleure gestion des pâturages dans et autour de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W au Bénin.

Mots clés : Bénin, Taux en espèces végétales refus, Valeur pastorale, Biomasse herbacée, Indicateurs.

INTRODUCTION

Pastureland is an important forage source for domestic and wild herbivores. Pastureland management influences the quantity and quality of biomass, which in turn determines the available digestible forage for animal growth and health (Gibson, 2009). The quantity and quality of biomass may vary depending on abiotic and biotic factors (Rossignol *et al.*, 2011; Toko and Sinsin, 2011). Annual variation of environmental factors such as air temperature and rainfall determine pastureland production, and thereby the annual pastoral breeding system and pattern of forage consumption by herbivores (Toko and Sinsin, 2011). In sub-Saharan savannah, this biomass variation is thought to modulate a pastoral breeding system between sedentary pasture grazing (period of biomass availability) and transhumance or crop pasture/woody pasture grazing (period of biomass shortage) (Gautier *et al.*, 2005; Djenontin *et al.*, 2009). Similarly, due to grass shortage in dry season, herbivores are compelled to migrate towards areas with available biomass (Lesse *et al.*, 2015). Pastureland productivity and its variation are key components in pastureland management. Specific knowledge on temporal patterns of pastureland productivity and its quality could contribute to pastureland managers' decisions support tools (Djenontin *et al.*, 2009; Gibson, 2009; Azalou *et al.*, 2019).

Besides the environmental factors which control biomass variation, management practices also represent a crucial aspect in pastureland conservation, productivity and quality enhancement (O'Connor *et al.*, 2010; Djenontin *et al.*, 2012). Grazing system can affect pastureland species composition and structure (Rakotoarimanana *et al.*, 2008a), and consequently their standing herbaceous biomass (Ye *et al.*, 2016). In areas with a high grazing intensity, most studies concluded that the progressive replacement of perennial grasses by annual grasses eventually results in a high occurrence of unpalatable plant species which reduce pastureland quality (Altesor *et al.*, 2005; Oumorou *et al.*, 2010). However, depending on their composition and dominant life form, pastureland react differently to grazing pressure (Rakotoarimanana *et al.*, 2008a; Van Wieren and Bakker, 2008). Uncovering appropriate tools for pastureland management and conservation therefore require a better understanding of pastureland response to grazing pressure and variation of abiotic factors.

Managers and planners have to meet the challenge of pastureland conservation and their sustainable productivity in a changing social, political, and economic environment. This may first require monitoring of pastureland to determine their characteristics as well as suitable indicators which can help managers or planners to detect early change or degradation in pastureland, and thus design appropriate tools to prevent degradation.

The aim of the study was to quantify pastureland characteristics along a gradient of land use. Specifically, it aims with respect to land use systems at: (i) assessing temporal change in standing herbaceous biomass; (ii) determining the grazing value and the rate of unpalatable plant species; (iii) establishing relationship between the species richness and the standing herbaceous biomass; and (iv) determining the relationship between the rate of unpalatable plant species and standing herbaceous biomass.

STUDY AREA

The study was conducted in the region of W Biosphere Transboundary Reserve in Benin (WBR) (11°26'-12°26' N; 2°17'-3°05' E, Figure 1). The area is located in the Sudanese zone (White 1983), which climate is tropical one characterized by a single rainy season (May to October) and dry season (November to April) per annum. The mean annual rainfall ranges from 900 mm to 1,100 mm. The mean monthly temperature ranges from 25 to 35°C and relative moisture is highest during August (81%), and lowest during February (26%) (ASECNA, Unpublished data). Soils type are ferruginous and are characterized by low fertility (Viennot, 1978). Vegetation types occurring in the region are riparian forests, woodlands, tree/shrub savannahs and grass savannahs. Fallows, degraded savannahs, degraded woodlands and riparian forests.

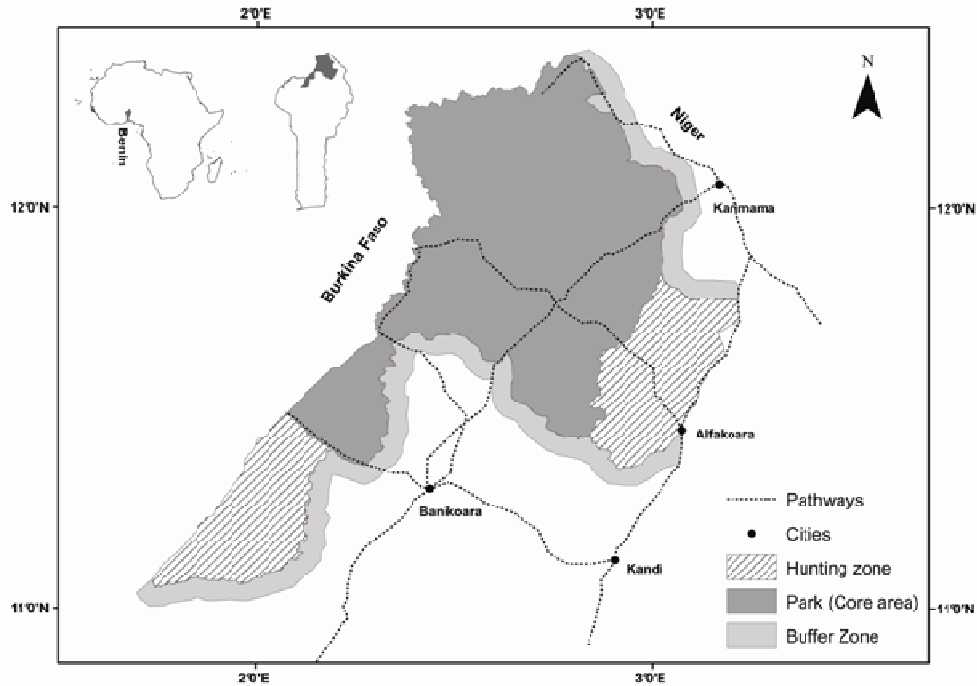


Figure 1. Localization of the study site, the W Biosphere Transboundary Reserve

Three main land use types can be considered for the region regarding human activities: protected area (including park and hunting zone), buffer zone and communal lands (Figure 1). The park represented the so-called "core area" of the reserve and benefits of total protection apart from scientific activities and ecotourism (exclusion of anthropogenic disturbance i.e. agriculture, domestic livestock grazing, NTFPs collection, wood harvesting, etc.). The hunting zones are the parts of the reserve devoted to hunting and safari. Disturbance like agriculture, domestic livestock grazing, NTFPs collection, wood harvesting are also excluded from the hunting zones. The buffer zone is a band of 5 km large around the park and hunting zones for controlled human activities (agriculture, domestic livestock grazing and NTFPs collection). In the buffer zone, the agricultural practices exclude for instance pesticides use and the grazing involves the application of stocking rate compatible with the ecological admissible carrying capacity rate of the pastures. However, through our personal observations on the field, we noticed that the application of these measures was not fully true. In fact, the livestock stocking rate is not controlled and the cotton crops which involves pesticides uses is observable in the buffer zone (Personal observation). In the communal lands surrounding the reserve, human activities are practised without restriction. The communal lands are not under the responsibility of the reserve managers and the grazing in the communal lands is free. Apart from the sedentary breeders which exploited the pastures in the communal lands, the presence of transhumant breeders coming from others regions of the country and from abroad (Niger, Burkina, Nigeria) are noticeable in the communal for grazing during the dry season. Unfortunately, there is no official statistics on the livestock stocking rate around the reserve. However, the grazing rate is seemingly higher in the communal land than in the buffer zone.

METHODS

Study design

As one of the major objective of the study was to compare the pastureland characteristics between different land use types, a total of 36 plots (10 m X 10 m) were randomly sampled along a transect from communal land, through buffer zone to the park. The park is forbidden to the grazing of domestic herbivores while grazing in the buffer zone are controlled and the pastures in the communal are free access. 3 plots were installed in each vegetation type in the communal land, buffer zone and park (Table 1). The term of woodland, tree savannah, shrub savannah and grass savannah are hereafter used to refer to the pastureland types under those vegetation types.

Table 1. Sampling design according to vegetation types

Type of land use	Vegetation type	Herbaceous layer (most dominant species)	Tree layer (most dominant species)	Soil texture	Number of installed plots
Park	Woodland	<i>Hyparrhenia smithiana</i> <i>Andropogon tectorum</i>	<i>Isoberlinia doka</i> <i>Pterocarpus erinaceus</i>	Silty-sandy soil and/or Clayed-silty soil	3
	Tree savanna	<i>Andropogon gayanus</i> <i>Andropogon schirensis</i>	<i>Vitellaria paradoxa</i> <i>Pterocarpus erinaceus</i>	Silty soil	3
	Shrub savanna	<i>Hyparrhenia involucrata</i> <i>Andropogon pseudapricus</i>	<i>Combretum</i> spp <i>Terminalia avicennioides</i>	Silty soil	3
	Grass savanna	<i>Loudetia togoensis</i> <i>Loudetia arundinacea</i>	<i>Lanea microcarpa</i> <i>Combretum</i> spp	Silty-sandy soil and/or Clayed-graveled soil	3
Buffer zone	Woodland	<i>Hyparrhenia smithiana</i> <i>Brachiaria falcifera</i>	<i>Isoberlinia doka</i> <i>Aganopes tuhlmannii</i>	Silty soil	3
	Tree savanna	<i>Andropogon shirensis</i> <i>Andropogon chinensis</i>	<i>Crosspteryx febrifuga</i> <i>Lanea acida</i>	Silty-sandy soil	3
	Shrub savanna	<i>Hyparrhenia involucrata</i> <i>Andropogon pseudapricus</i>	<i>Vitellaria paradoxa</i> <i>Combretum</i> spp	Silty-sandy soil	3
	Grass savanna	<i>Loudetia togoensis</i>	<i>Lanea microcarpa</i> <i>Combretum glutiosum</i> <i>Combretum collinum</i> <i>Combretum molle</i>	Silty-sandy soil	3
	Degraded woodland	<i>Pennisetum polystachion</i> <i>Pennisetum pedicellatum</i>	<i>Isoberlinia doka</i>	Silty-clayed soil	3
Communal land	Remnant tree savanna	<i>Tephrosia pedicellata</i>	<i>Detarium microcarpum</i> <i>Terminalia avicennioides</i>	Silty-graveled	3
	Remnant shrub savanna/Fallow	<i>Pennisetum polystachion</i> <i>Flueggea virosa</i>	<i>Piliostigma thonningii</i> <i>Anogeissus leiocarpa</i>	Silty-clayed soil	3
	Grass savanna	<i>Loudetia togoensis</i>	<i>Lanea microcarpa</i> <i>Combretum</i> spp	Silty-soil on cuirass	3

Data collection

Herbaceous biomass harvesting

Inside each plot, herbs were harvested quarterly over one year (precisely at the end of January, April, July and October). October to November corresponded to the peak of vegetation in the study area. In each plot, 7 subplots of 1 square meter were randomly selected and cut at the ground level. The number of subplots (7) were retained according to the method of the progressive averages of Snedecor and Cochran (1957) used by Sinsin (1993).

The harvested herbaceous biomass was sorted into two groups (grasses and other species) and weighted using spring balances. A representative fraction (100 g) of the fresh herbaceous biomass harvested for each group of species was oven dried at 105°C for 48 hours or until constant weight in order to determine the dry herbaceous biomass per plot.

At the peak of vegetation harvesting in October, the number of grasses species (S) was counted in each 1 m² subplot before it was harvested. We choose to collect grasses species richness (S) data at the peak of the vegetation since grasses species were only easily identifiable at that period where most of them are in flowers in West African savannah vegetation.

Point quadrat summary

In order to determine pastureland grazing value, point quadrat summary of the vegetation (Daget and Godron, 1995) was carried out at the peak of vegetation (October) in the same pastureland type where the herbaceous biomass was harvested. Plant species presence was recorded every 20 cm along 4 linear segments of 5 m length established near each plot. The summary consisted of listing all the plant species in contact with a metallic bar at each 20 cm position along the line. A species was counted only once at a given position.

Data analysis

Standing herbaceous biomass estimation

Data were computed per land use (communal land, buffer zone and park) and per pastureland type. Standing herbaceous biomass at plot level was estimated in gram of dry matter per meter square (g DM.m⁻²) as: $P_{plot} = \sum_{i=1}^7 TS_i X B_{fi}$ (g DM. m⁻²), Where: **B_{fi}** represented the weight of fresh herbaceous biomass for each harvested category (grasses/others species), and **T_{si}** the dry matter proportion in 100 g of fresh sampled herbaceous biomass per category. Finally, standing herbaceous biomass at pastureland type level was computed as the average of the herbaceous biomass at plot level in the three plots designed in each vegetation type.

$P_{pasture} = \sum_1^3 \left(\frac{P_{plot}}{3} \right)$ (gDM. m⁻²), Where: **P_{plot}** represented standing herbaceous biomass at plot level and 3, the number of plots installed per pastureland type in a given land use.

Rate of standing herbaceous biomass accumulation (W)

The rate of standing herbaceous biomass accumulation (W) was estimated in gram of Dry Matter per meter square per day (g DM m⁻² day⁻¹) in each pastureland type by: $W = \frac{\ln B_{(t+1)} - \ln B_{(t)}}{\Delta t}$, where: **B_(t)** = Herbaceous biomass at time (t) in g DM m⁻² (gram of dry matter per meter square); **B_(t+1)** = Herbaceous biomass of the next period (t+1) in g DM m⁻² (gram of dry matter per meter square); **Δt** = Period of time between (t) and (t+1) period in day.

The three periods defined for this study were January to April, May to August, and September to October.

Contact frequency (CF)

For a given species i the contact frequency (CF_i) was computed as: $CF_i = \frac{FR_i}{\sum_{i=1}^k FR_i}$, where: FR_i = ni/N represented the relative frequency of the species i in the pastureland; ni was the number of contact point of the species i and N = total number of contact point recorded in a given pastureland; $\sum_{i=1}^k FR_i$ was the sum of the relative frequency of the k species recorded in a given pastureland.

Grazing value (GV)

The grazing value (GV) is a field-based index of pastureland quality. It gives a view of the quality of the pastureland based on species frequencies and their forage quality indexes. The grazing value is estimated in % following Sinsin (1993) as: $GV = 0.25 \times R_v \times \sum_{i=1}^k CF_i \times IS_i$, Where: R_v represented soil cover percentage for herbaceous strata in a given pastureland. It was visually estimated; CF_i = Contact frequency of the species (i); IS_i = Forage quality index of the species i, was appreciated using the scale of 0 to 4 (Sinsin, 1993). 0 = non palatable species; 1 = weakly grazed species; 2 = fairly grazed species; 3 = well grazed species, 4 = highly grazed species.

Rate of unpalatable plant species (Be)

The rate of unpalatable plant species is defined as the contact frequency of the unpalatable species in the pastureland. Then, it represents the contact frequency of the species which $IS_i = 0$. It was computed as: $Be = \sum_{i=1}^p CF_i$, where: p = number of unpalatable species in the studied vegetation; CF_i = contact frequency of non-palatable species.

Statistical analyses

After testing data normality and homogeneity of variances, one-way analysis of variance (ANOVA) and Newman-Keuls test of comparison were used to compare the standing herbaceous biomass, the grazing value, and the rate of unpalatable plant species among land uses, and across pastureland within a land use. The relationships between standing herbaceous biomass and the different estimated parameters were examined using the model: $y = c + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n$, where: a_i represented the regression coefficient and X_i the dependent variables which much estimated the standing herbaceous biomass (y). Regarding the relationship between grazing values (GV), contact frequency (CF), rate of unpalatable plant species (Be), we only considered Be as estimated parameter in the regression model to avoid a redundancy effect. In addition, we incorporated the number of grasses species per square meter counted inside the plot for the regression model. Finally, the regression model used was expressed as: $\ln B = c + b \ln (Be) + a \ln (S)$, Where: a, b were the coefficient of regression, c the constant, Be = rate of unpalatable plant species and S = grass species richness, B = grass biomass.

RESULTS

Standing herbaceous biomass at the peak of vegetation

At the peak of vegetation, standing herbaceous biomass varied with the pastureland types and the land use types (Table 2).

Table 2. Standing herbaceous biomass in the different vegetation type at the end of the month of October (peak of vegetation in the studied area)

Vegetation type	Biomass (g DM.m ²)				
	Park	Buffer zone	Communal land	F	P
Woodland	538.1 ± 210.7a	454.8 ± 31.9a	272.7 ± 86.6a	2.2	0.209
Tree savanna	584.7 ± 256.1a	539.5 ± 139.9a	250.5 ± 113.8a	2.8	0.126
Shrub savanna	535.1 ± 87.2a	482.8 ± 99.6a	292.9 ± 22.9a	6.2	0.035
Grass savanna	690.7 ± 51.3a	245.6 ± 17.9b	151.4 ± 61.5b	73.9	0.003
Mean value	587.2 ± 72.7	430.7 ± 128.3	241.9 ± 62.7	13.9	0.002

Legend: Biomass value with the same letter a, b were statistically similar (test de Newman-Keuls at a threshold of 0.05) within the same land use.

In the communal land and buffer zone, Newman-Keuls test revealed that standing herbaceous biomass in woodland, tree savannah and shrub savannah was similar and differed from the standing herbaceous biomass of grass savannah. In the park, herbaceous biomass was similar in woodland, tree savannah, shrub savannah and grass savannah. Regarding the standing herbaceous biomass between land use, significant difference was found for grass savannah (F = 73.9; p = 0.003; Table2) and shrub savannah (F = 6.2; p = 0.035; Table 2). The overall mean standing herbaceous biomass

was higher in the park ($587.2 \pm 72.7 \text{ g DM m}^{-2}$) and significantly different between the different land uses ($F = 13.9$; $p = 0.002$).

Temporal trend of standing herbaceous biomass

The standing herbaceous biomass increased from January to October in the different vegetation types (Figure 2a., 2b., 2c., 2d). In general, the standing herbaceous biomass was almost null in January and April in the different vegetation types. From April, the overall standing herbaceous biomass in the communal land increased rapidly in all the land use type excepted in the grass savanna where the standing herbaceous biomass growth still remained low in this period. From July to October, standing herbaceous biomass increase was more important in the buffer zone and park.

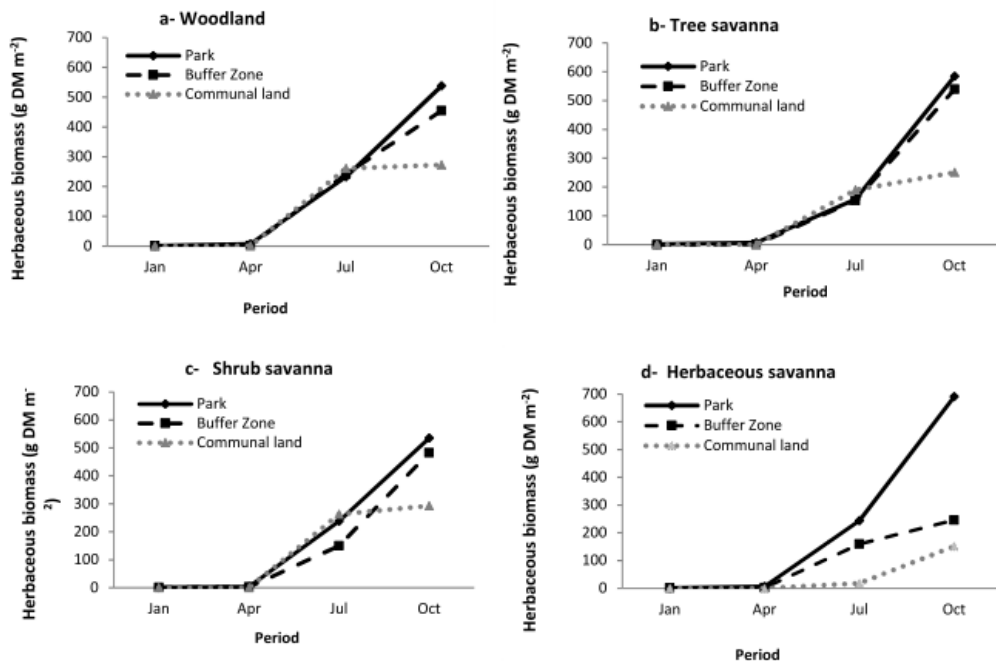


Figure 2. Trend in standing herbaceous biomass production in the different vegetation types and land uses over a year

Rate of standing herbaceous biomass accumulation

The mean rate of standing herbaceous biomass accumulation was lower from end January to end April (first period) in all land use types, higher from end April to end July (second period) and decreased from end July to end October (third period) (Figure 3).

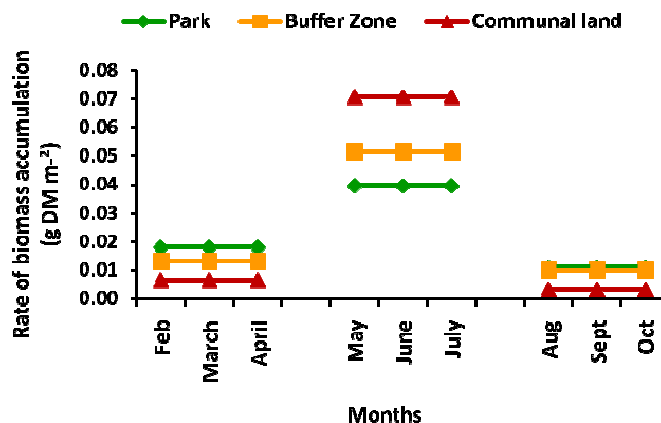


Figure 3. Mean rate of standing herbaceous biomass accumulation in the different land use types

However the rate of standing herbaceous biomass accumulation in the communal land was the lowest in the first (0.006 g DM m⁻² day⁻¹) and third (0.003 g DM m⁻² day⁻¹) periods whilst it was the highest in the second period (0.070 g DM m⁻² day⁻¹).

Grazing value

Grazing values (GV) were statically similar in woodland regardless of the land use type (F = 3.3; p = 0.109; Table 3). In contrast, the grazing value differed significantly between the land use type for the tree savanna (F = 17.4; p = 0.003; Table 3), shrub savannah (F = 6.6; p = 0.031; Table 3) and grass savannah (F = 10.3; p = 0.011; Table 3).

Table 3. Grazing value of the different vegetation type in the different land use types

Vegetation types	Grazing value (%)				
	Park	Buffer zone	Communal land	F	P
Woodland	54.5±6.7a	42.5±6.6a	42.0±3.5a	3.3	0.109
Tree savanna	47.5±5.3a	32.9±2.8b	28.8±3.8b	17.4	0.003
Shrub savanna	42.9±7.8a	29.7±5.9b	26.2±3.1b	6.6	0.031
Grass savanna	40.6±4.8a	22.3±5.3b	20.8±7.4b	10.3	0.011
Mean value	46.4±6.1	31.7±8.4	29.4±9.0	5.3	0.03

Legend: Grazing value with the same letter a, b were statistically similar (test de Newman-Keuls at threshold of 0.05) within the same land use.

The highest grazing value was recorded in the park for the woodland (GV = 54.5±6.7%) while the lowest value was recorded in grass savannah (GV = 20.8±7.4%) in the communal land. Finally, we found that grazing value differed and decreased significantly along the gradient of land use going from the park to the communal land (F=5.3; p=0.03; Table 3). Within the park, the grazing value did not significantly differ between the different vegetation types. In the buffer zone and communal land, the grazing value was significantly higher in the woodland.

Rate of unpalatable plant species

The rate of unpalatable plant species (Be) of the different pastureland types was generally higher in the communal land where animal breeding was widely practised (Figure 4).

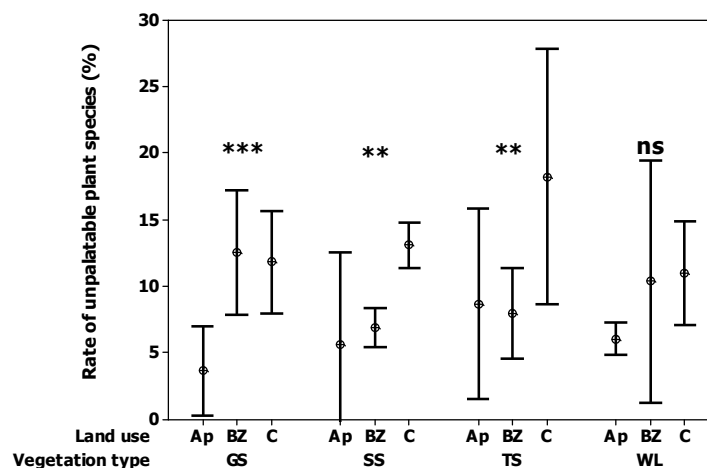


Figure 4. Rate of unpalatable plant species across the different land use types

Legend: Ap = Park; BZ = Buffer Zone; C = Communal land; GS = Grass Savanna; SS = Shrub Savanna; TS = Tree Savanna; WL = Woodland

*P = 0.05; **P = 0.01, ***P = 0.001, ns for P>0.05

Grass savanna in the park appeared as less dominated by non palatable plant species (Be = 3.66%) while pastureland under tree savanna (Be = 18.22%) in the communal land was dominated by non palatable plant species. Significant differences were found for the rate of unpalatable plant species between the grass savanna (F = 28.24; p = 0.001; Figure 4), shrub savanna (F = 16.66; p = 0.004; Figure 4) and tree savanna (F = 11.69; p = 0.009; Figure 4) in the different land use areas. For the rate of unpalatable plant species in woodland showing that woodland was less sensitive to invasion of unpalatable plant species.

Relationship between grass biomass, rate of unpalatable plant species and species richness

Regarding pastureland in the park, multiple regression analysis showed that grass biomass was related to species richness and the rate of unpalatable plant species in the park ($r^2 = 0.79$; $p = 0.001$). There was a significant negative correlation between the grass biomass and the rate of unpalatable plant species in one side and between grass biomass and grass species richness in the other side (Table 4). As far as buffer zone and communal land/pastureland were concerned, regression analysis was globally significant ($p = 0.024$ in the buffer zone; and $p = 0.003$ in the communal land). Grass biomass was however, only significantly correlated with the rate of unpalatable plant species in the buffer zone (correlation coefficient = - 0.939; $p < 0.05$) and in the communal land (correlation coefficient = - 3.019; $p < 0.05$). Globally, our results revealed that grass biomass was negatively related to the rate of unpalatable plant species regardless the pastureland type. In addition, grass biomass was positively correlated to species richness in the protected area where anthropogenic disturbance is absent.

Table 4. Correlation between grass biomass, rate of unpalatable plant species and species richness

Land use	Model	R ² (%)	epetition	p (model)
Park	$\text{Log}(B) = 4.978^{***} - 0.066*\text{Log}(\text{Be}) + 0.783^{**}\text{Log}(S)$	79.3	12	0.001
Buffer Zone	$\text{Log}(B) = 7.760^{***} - 0.939*\text{Log}(\text{Be}) + 0.199\text{ns}\text{Log}(S)$	56.3	12	0.024
Communal land	$\text{Log}(B) = 11.059^{***} - 3.019*\text{Log}(\text{Be}) + 1.908\text{ns}\text{Log}(S)$	73.6	12	0.003

*P = 0.05; **P = 0.01, ***P = 0.001, ns for P>0.05

B: Grass biomass; S: Grass species richness; Be: Rate of unpalatable plant species

DISCUSSION

Relationship between standing herbaceous biomass and land use type

Our results showed that standing herbaceous biomass production was significantly higher in the park comparing to the buffer zone and the communal land where cattle grazing were free and uncontrolled. Therefore, we deduced that uncontrolled pastureland use may affect the standing herbaceous biomass. This is consistent with previous studies which underlined standing herbaceous biomass reduction in pastureland submitted to high grazing intensity (Altesor *et al.*, 2005, Rakotoarimanana *et al.*, 2008a). The repetition of overgrazing over the year as it was observed in the uncontrolled pastureland management system exhausts the capacity of plant species tissue reserve reconstitution (Gibson 2009, Ye *et al.*, 2016). Instead of more leaves production (biomass), the plant species in pastureland used different strategies to survive and maintain themselves in the area. For instance, perennial grasses invested their capacity of reserve production in grass tussock development instead of leaves production in other to support trampling effect while annual grasses invested their productive capacity in rapid production of seeds for the next season instead of leave production needed by herbivore. In fact, the productive potential of herbaceous species results from an interaction between abiotic factors and management system (Guo, 2007). When the grazing level is heavy, the time duration between two grazing periods should be long to enable plant species to conserve their reserve reconstitution capacity.

The gradient of standing herbaceous biomass observed from the protected area to the communal land area in the present study was already pointed out by previous studies which stated the low productivity of the communal pastureland due to their degradation (Ye *et al.*, 2016). However, type of grazing management alone cannot explain the difference of standing herbaceous between the different land use systems. Some other factors like dominant species in the pastureland, soil condition, topography and the soil capacity of water retention have to be considered (Toko and Sinsin, 2011), even if our

study does not focus on that aspect. For instance, in land use management system with high grazing intensity, some studies related that the regular passage and standing of the animal in pastureland modifies the soil texture by inducing the soil compaction at the higher horizon which becomes hard and impermeable to water infiltration (Ye *et al.*, 2016). Accordingly, water availability in the soil is lower and plant species in the pastureland suffer of water depletion and cannot therefore expressed their optimal standing herbaceous biomass. Fire regime also could influence the standing herbaceous biomass (van Wilgen *et al.*, 2007; Rakotoarimanana *et al.*, 2008b).

Temporal trend and rate of standing herbaceous biomass accumulation

In general, the standing herbaceous biomass accumulation rate was low in the different pastureland types during the period from January to April, high from May to August and it slowed down from September to December. Water availability remains an important factor determining plant species physiological activities and therefore standing herbaceous biomass availability (Fournier, 1994; Briske *et al.*, 2003). In the study area, the first period from January to April corresponds to the dry season when water availability in the soil for plant species development is almost null. Therefore, in that period, water remains a limiting factor for the biological activity of the plant species. During the second period (from May to July), the rainy season starts and water is no longer a restricting factor. Hence, plant species benefit from the availability of water to realize their biological activity like photosynthesis and therefore they accumulate organic matter. This period corresponds to the active vegetation phase involving a high rate of standing herbaceous biomass accumulation in plant tissular reserves. The rate of standing herbaceous biomass accumulation varied depending on the water use efficiency of the plant species composing the pastureland (Palmer *et al.*, 2010).

Moreover, our results showed that the standing herbaceous biomass accumulation rate in the communal land is higher than in the buffer zone and the park from May to August. This can be explained as an adaptation form to the stress induces by the repetitive and high intensity grazing of the pastureland in those areas. So that, herbaceous species have to quickly accumulate and finish their seed production before abiotic factors (mainly water availability) become restricting.

The time period from October to November is characterized by soil saturation in water. Therefore, at that period, water is no more a restricting factor and has little effect on reserve constitution like biomass accumulation by plant species. This may explain the reduction of standing herbaceous biomass accumulation in the pastureland.

Pastureland quality variation across land use

Plant species which are grazed have somehow competitive advantage related to their composition in chemical element (alkaloids, tannin, silica, etc.) or physics (spines, lignin etc.) leading to selective preference of plant species by the animal (Kindomihou, 2005; Hirata *et al.*, 2007). Selective grazing of plant species coupled with the high grazing intensity induce the decrease of plant species with high nutritive quality and invasion of plant species with low nutritive value for herbivores (Aboh *et al.*, 2009). In the long term, selective and high grazing increase the proportion of unpalatable species of the pastureland and degrade then the quality of forage offers by pastureland to the herbivore (Dalle *et al.*, 2006; Zarovali *et al.*, 2007). Our results showed that the invasion of unpalatable species vary depending on the type of pastureland. Woodland savannah seems to be less sensitive to the invasion of unpalatable plant species. We hypothesise then, tree canopy cover in the woodland may likely impede the rapid colonization of shrub and non-palatable species. Conversely, in the other pastureland types the absence of tree canopy cover may be favourable to shrub and invasion of undesired herbaceous species. However, further research is needed in order to confirm the importance of the canopy cover in breaking the invasion of unpalatable plant species.

Standing herbaceous biomass and relationship with pastureland characteristics

An important issue in pastureland management is the assessment of its production in order to estimate the available standing herbaceous biomass for herbivore grazing. Regardless of the environmental, edaphic and topographic factors which influence the standing herbaceous biomass (Toko and Sinsin, 2011), herbaceous biomass also depends on the pastureland characteristics.

Our findings demonstrated that there was a negative and significant relationship between the grass biomass and the rate of unpalatable plant species in the different land use system while the species richness was positively correlated with the grass biomass in the park.

Regarding the relationship between species richness and grass biomass, our results are consistent with previous studies which highlight the positive impact of species richness on ecosystem productivity (Tilman *et al.*, 2012). These results suggest that improving the diversity of grasses is likely to help enhancing their productivity. The absence of a relationship between grass biomass and species richness in the buffer zone and in the communal land might be related to the disturbance induced by anthropogenic activities, as suggested by Grace *et al.* (2007). However, the type of the relationship between ecosystem primary productivity and diversity remains an ongoing debate and a definitive response is not found yet. Most studies suggested that the nature of this relationship might be associated to some other assumptions such as the history of community assembly, the intensity of disturbance, etc. (Fukami and Morin, 2003; Grace *et al.*, 2007).

In all the studied land use types, the negative correlation observed between standing herbaceous biomass of pastureland and the rate of unpalatable plant species concurs with previous studies which state that the invasion of non-palatable species induced significant regression of standing herbaceous biomass available for herbivores (Richter *et al.*, 2001; Dalle *et al.*, 2006; Zarovali *et al.*, 2007). As underlined by Richter *et al.* (2001), the rate of unpalatable plant species negatively influences grass biomass production and decreases the potential grazing capacity of the pastureland as well as the quality of the forage available in the pastureland for animal grazing. This is typical the case in the communal land at the WBR where the overall standing herbaceous biomass and grazing value are lower comparing to the buffer zone and park.

Implication for sustainable pastureland management

A crucial issue in pastureland management is the improvement of the quantity and quality of the available standing herbaceous biomass over the time in the context of animal grazing. In order to achieve this goal, optimal grazing level is needed; this will ensure a sustainable use of pastureland. The study demonstrated the influence of land use system on the standing herbaceous biomass of the pastureland and its quality. To maintain standing herbaceous biomass and the quality of pastureland, it is important to understand pastureland response to the grazing of management system. The duration for the biological reserve reconstitution of dominant plant species (mainly perennial grasses) appeared as a relevant factor in maintaining standing herbaceous biomass in pastureland over the time. Therefore, sustainable management of pastureland use should be based on the biological reserve reconstitution duration which involves the implementation of rotational grazing systems. Those systems take into account the dominant plant species as well as the grazing level or grazing response index. However, the duration of biological reserve reconstitution and the grazing response are specific respectively to each plant species and pastureland type. Further studies should be undertaken to assess the duration of reserve reconstitution for the dominant grasses' species in combination with different grazing pasture intensities.

Evidence of negative effect of the rate of unpalatable plant species on standing herbaceous biomass makes this index an important characteristic to be used in pastureland management. Its monitoring may help to detect early changes in pastureland plant species composition and accordingly, standing herbaceous biomass trends. Therefore, the rate of unpalatable plant species appears as a useful indicator not only for detecting standing herbaceous biomass trend but also to help designing a sustainable pastureland management plan.

CONCLUSION

We find some support to the hypothesis that pastureland characteristics vary along the gradient of land use. However, this statement is not consistent across pastureland types. The standing herbaceous biomass as well as grazing value depends on pastureland and land use types. Standing herbaceous biomass is significantly higher in the park compared to the buffer zone and communal land; however, grazing management cannot alone explain the difference in standing herbaceous biomass. The rate of unpalatable plant species also varies depending on the pastureland types. As woodland is less sensitive to the unpalatable species invasion that can suggest that the absence of canopy cover may favour invasive species in pastureland under high grazed pressure. The evidence of negative effect of the unpalatable species invasion on standing herbaceous biomass in the study suggests that this parameter will be a useful indicator for detecting pastureland quality and production trend.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was funded by the SUN project (Sustainable Use of Natural vegetation in West Africa) (EU FP6 INCO-dev 031685). The authors thank our field guide Bio Sibou for data collection. They thank also the parks managers for field facilities.

REFERENCES

- Aboh, B.A., M. Oumorou, M. Houinato, B. Sinsin, 2009: Analyse biologique et phytogéographique des savanes colonisées par *Chromolaena odorata* et *Hyptissuaveolens* dans la région de Bétécoucou (Bénin). *Systematics and Geography of Plants*, 79, 81-82.
- Altesor, A., M. Oesterheld, E. Leoni, F. Lezama, C. Rodriguez, 2005: Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan Grassland. *Plant Ecology*, 179, 83-91.
- Azalou, M., A. A. Seidou, B.G.C. Assogba, J.S. Adjassin, H.S.S. Worogo, M.N. Baco, I. A. Traoré, 2019 : Calendrier pastoral et carte de transhumance des éleveurs exploitant les ressources pastorales de la commune de Djidja au Sud Bénin. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 72(1), 3-11.
- Briske D., D. Fuhlendorf, F.E. Smeins, 2003: Vegetation dynamics on rangelands: a critique of current paradigms. *Journal of Applied Ecology*, 40, 601-614.
- Daget P., M. Godron (eds) (1995). *Pastoralisme : troupeaux, espaces et sociétés*. HATIER AUPELF UREF, Collection «Universités Francophones», Paris.
- Dalle G., B.L. Maass, J. Isselstein, 2006: Encroachment of woody plants and its impact on pastoral livestock production in the Borana lowlands, southern Oromia, Ethiopia. *African Journal of Ecology*, 44, 237-246.
- Djenontin J.A., O. Madjidou, M.R. Houinato, G.A. Mensah, B.A. Sinsin, 2012 : Le calendrier pastoral en élevage extensif dans le nord-est du Bénin : un outil de gestion du cheptel bovin de l'exploitation. *Sécheresse*, 23 : 261-70, doi : 10.1684/sec.2012.0350.
- Djenontin J.A., M.R. Houinato , B. Toutain, B.A. Sinsin, 2009 : Pratiques et stratégies des éleveurs face à la réduction de l'offre fourragère au Nord-Est du Bénin. *Sécheresse*, 20 : 346-53.
- Fournier, A., 1994 : Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudanaises pâturées. Les jachères de la région de Bondoukuy (Burkina Faso) *Ecologie t.*, 25, 173-188.
- Fukami, T., P.J. Morin, 2003: Productivity-biodiversity relationships depend on the history of community assembly. *Nature*, 424, 423-426.
- Gautier, D., A. Bonnerat, A. Njoya, 2005: The relationship between herders and trees in space and time in northern Cameroon. *The Geographical Journal*, 171, 324-339.
- Gibson, D.J., 2009: *Grasses and grassland ecology*. Oxford University Press.
- Grace, J.B., T.M. Anderson, M.D. Smith, E. Seabloom, S.J. Andelman, G. Meche, E. Weiher, L.K. Allain, H. Jutila, M. Sankaran, J. Knops, M. Ritchie, M.R. Willig, 2007: Does species diversity limit productivity in natural grassland communities? *Ecology Letters*, 10, 680-689.
- Guo, Q., 2007: The diversity-biomass-productivity relationships in grassland management and restoration. *Basic and Applied Ecology*, 8, 199-208.
- Hirata, M., S. Ogura, H. Hasegawa, D. Maćešić, 2007: Effect of herbage mass on the selection and use by cattle of fine-scale locations in a progressively grazed tropical grass pasture. *Grassland Science*, 53, 226-239.
- Kindomihou, V., 2005: Tropical grasses Silicification: Genetic Interspecific Variation, effects of growth conditions and relation with the foliar structure. PhD thesis, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Lesse, P., M.R. Houinato, J. Djenontin, H. Dossa, B. Yabi, I. Toko, B. Tente, B. Sinsin, 2015 : Transhumance en République du Bénin : états des lieux et contraintes. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2668-2681.
- O'Connor, T.G., P. Kuyler, K.P. Kirkman, B. Corcoran, 2010: Which grazing management practices are most appropriate for maintaining biodiversity in South African grassland? *African Journal of Range & Forage Science*, 27, 67-76.
- Oumorou, M., B.A. Aboh, S. Babatounde, M. Houinato, B. Sinsin, 2010 : Valeur pastorale, productivité et connaissances endogènes de l'effet de l'invasion par *Hyptissuaveolens* L. Poit., des pâturages naturels en Zone soudano-guinéenne (Bénin). *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4, 1030-1043.
- Palmer, A.R., A. Short, I.A.M. Yunusa (2010). Biomass production and water use efficiency of grassland in KwaZulu-Natal, South Africa. *African Journal of Range & Forage Science*, 27, 163-169.
- Rakotoarimanana, V., H. Gondard, N. Ranaivoarivelo, S. Carriere, 2008a : Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragères d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Sécheresse*, 19(1), 39-46.

- Rakotoarimanana, V., M. Grouzis, L. Floc'h 2008b : Influence du feu et du pâturage sur l'évolution de la phytomasse d'une savane à *Heteropogon contortus* de la région de Sakaraha (sud-ouest de Madagascar). *Tropicicultura*, 26 (1), 56-60
- Richter, C.G.F., H.A. Snyman, G.N. Smit, 2001: The influence of tree density on the grass layer of three semi-arid savanna types of southern Africa. *African Journal of Range & Forage Sciences*, 18, 103-109.
- Rosignol, N., A. Bonis, J.B. Bouzillé, 2011: Impact of selective grazing on plant production and quality through floristic contrasts and current-year defoliation in a wet grassland. *Plant Ecology*, 212, 1589-1600.
- Sinsin, B., 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages du périmètre Nikki-Kalalé au Nord-Bénin. PhD Dissertation, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Tilman, D., P.B. Reich, F. Isbell, 2012 : Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(26), 10394-10397.
- Toko, I., B. Sinsin, 2011 : Facteurs déterminant la variabilité spatiale de la biomasse herbacée dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(3), 930-943
- Van Wieren, S.E., J.P. Bakker, 2008: The impact of browsing and grazing herbivores on biodiversity. In: Gordon, I.J., H.H.T. Prins (eds.). *The ecology of browsing and grazing*. Springer, Berlin, DE. pp. 263-292.
- van Wilgen B.W., N. Govender, H.C. Biggs, 2007: The contribution of fire research to fire management: a critical review of a long-term experiment in the Kruger National Park, South Africa. *International Journal of Wildland Fire*, 16, 519-530.
- White, F. 1983: *Vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the UNESCO AETFAT UNSO vegetation map of Africa*: UNESCO, Paris.
- Ye, L., J.C. Lata, D. Masse, H.B. Nacro, S. Barot, 2016 : Effets du pâturage sur la biomasse herbacée et sur des paramètres chimiques et biologiques des sols dans une savane arbustive au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(6), 2539-2554.
- Zarovali, M.P., M.D. Yiakoulaki, V.P. Papanastasis, 2007: Effects of shrub encroachment on herbage production and nutritive value in semi-arid Mediterranean grasslands. *Grass and Forage Science*, 62, 355-363.