

Cinquième article : Fire in African savannahs: a review of ecological impacts and management strategies

Par : O. G. Zoffoun et E. A. Sogbohossou

Pages (pp.) 59-68.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Septembre 2023 – Volume 33 - Numéro 04

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

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	i
Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Réexamen de l'hypothèse de disponibilité des plantes : une analyse ethnobotanique sur les ressources ligneuses des îlots forestiers du massif montagneux de Lubero (Rift Albertin Congolais) N. K. Ndavaro, A. D. M. T. Hegbe, R. Dramani, A. Dicko, W. M. Sahani et A. K. Natta	01
Gestion de la plante parasite striga (<i>Striga hermonthica</i> (Del.) benth) avec l'agent de lutte biologique <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. strigae : État des connaissances des 1992 à 2022 N. A. Akpo, L. Afouda, C. Kanlindogbè et V. A. Zinsou	20
Impact des changements d'occupation du sol sur les services écosystémiques dans les corridors rivulaires : Une revue systématique S. M. D. Kinnoumè, G. N. Gouwakinnou, F. Noulèkoun, B. N. Kouton et A. K. Natta	32
Analyse genre-sensible du consentement des agriculteurs à payer pour un service d'assurance agricole en zone vulnérable aux changements climatiques M. Agossadou et J. Yabi	48
Fire in African savannahs: a review of ecological impacts and management strategies O. G. Zoffoun et E. A. Sogbohossou	59
Déterminants des pratiques culturales en agriculture urbaine sur le site maraîcher de Houéyiho à Cotonou au Sud-Bénin H. G. Tohon, F. M. Adoukè et P. A. Ayélo	69
Modélisation simultanée de l'intégration dans les chaînes de valeur mondiales sur la sécurité alimentaire : une analyse à partir des dirigeants des Petites et Moyennes Entreprises (PME) du secteur apicole M. M. E. Domanou, G. F. Vodouhe, A. Abodohoui et Jacob Yabi	84
Importance, origine et formes d'utilisation des espèces végétales des parcelles habitées de la ville de Parakou au nord-est du Bénin M. Y. Natta, A. Dicko et A. K. Natta	104
Déterminants de la participation des producteurs aux Agribusiness Clusters (ABC) au Bénin A. Assouma, E. Sodjinou, Z. Amadou et J. A. Yabi	116
Impacts environnementaux des pratiques d'élevage de porc dans les zones urbaines et périurbaines du Sud-Bénin N. Abdoulaye, A. M. Agbokounou, I. O. Dotche et I. Youssao Abdou Karim	128
Forestry biomass potential for energy production at global scale: a systematic review R. O. Balagueman, E. S. P. Assede, O. Hidirou, M. Agassounon, E. B. Ayihouenou, S. M. D. Kinnoume, I. Moumouni-Moussa, A. K. Natta and H. S. S. Biaou	143
La part de marché des produits transformés à base de moringa au Niger M. S. Kadade Manomi et F. Vodouhe	166

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.inrab.org>. Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

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

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

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

Conseil Scientifique : Membres du Conseil Scientifique de l'INRAB, Pr Dr Ir Brice A. SINSIN (Écologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr Dr Ir Joseph D. HOUNHOUIGAN (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), Pr Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Pr Dr Ir Gauthier BIAOU (Économie, Bénin), Pr Dr Ir Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, 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), Pr Dr Ir Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Dr Ir Anne FLOQUET (Économie, Bénin), Dr Ir André KATARY (Entomologie, Bénin), Dr Ir Hessou Anastase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr Ir Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir Adolphe ADJANOHOUN (Agro-foresterie, Bénin), Dr Ir Françoise ASSOGBA-KOMLAN (Maraîchage, Sciences du sol, Bénin), Pr Dr Ir André B. BOYA (Pastoralisme, Agrostologie, Association Agriculture-Élevage), Dr Ir Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Pr Dr Ir Luc O. SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Bénin), Dr Clément C. GNIMADI (Géographie)

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.inrab.org>. Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) 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 : brabpbinrab@gmail.com. Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris les e-mails) de 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 évaluateurs, spécialistes du domaine.

Sanction du plagiat et de l'autoplaiat dans tout article soumis au BRAB pour publication

De nombreuses définitions sont données au plagiat selon les diverses sources de documentations telles que « -i- Acte de faire passer pour siens les textes ou les idées d'autrui. -ii- Consiste à copier les autres en reprenant les idées ou les résultats d'un autre chercheur sans le citer et à les publier en son nom propre. -iii- Copie frauduleuse d'une œuvre existante en partie ou dans sa totalité afin de se l'approprier sans accord préalable de l'auteur. -iv- Vol de la création originale. -v- Violation de la propriété intellectuelle d'autrui. » (<https://integrite.umontreal.ca/reglements/definitions-generales/>). Le Plagiat et l'Autoplaiat sont à bannir dans les écrits scientifiques. Par conséquent, tout article soumis pour sa publication dans le BRAB doit être préalablement soumis à une analyse de plagiat, en s'appuyant sur quelques plateformes de détection de plagiat. Le **plagiat constaté dans tout article** sera sanctionné par un retour de l'article accompagné du **rapport de vérification du plagiat par un logiciel antiplagiat** à l'auteur de correspondance pour sa correction avec **un taux de tolérance de plagiat ou de similitude inférieur ou égal à sept pour cent (07%)**.

Respecter de certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture

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). **Le temps des verbes doit être respecté**. En effet, tout ce qui est expérimental et non vérifié est rédigé au passé (passé composé et imparfait) de l'indicatif, notamment les parties *Méthodologie (Matériels et méthodes)* et *Résultats*. Tandis que tout ce qui est admis donc vérifié est rédigé au présent de l'indicatif, notamment les parties *Introduction*, avec la citation de résultats vérifiés, *Discussion* et *Conclusion*. Toutefois, en cas de doute, rédigez au passé. Pour en savoir plus sur la méthodologie de rédaction d'un article, prière consulter le document suivant : **Assogbadjo A. E., Aïhou K., Youssao A. K. I., Fovet-Rabot C., Mensah G. A., 2011. L'écriture scientifique au Bénin. Guide contextualisé de formation. Cotonou, INRAB, 60 p. ISBN : 978-99919-857-9-4 – INRAB 2011. Dépôt légal n° 5372 du 26 septembre 2011, 3^{ème} trimestre 2011. Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin.**

Titre

Dans le titre se retrouve 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) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Un bon titre doit donner le meilleur aperçu possible de l'article en un minimum de mots. Il comporte les mots de l'index *Medicus*. Le titre est un message-réponse aux 5 W [what (quoi ?), who (qui ?), why (pourquoi ?), when (quand ?), where (où ?)] & 1 H [how (comment ?)]. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte mais écrits en minuscules, sauf 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 français et anglais.

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., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, BP, e-mail, Tél. et pays) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe ayant effectivement participé au programme de recherche et à la rédaction de l'article.

Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est 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 une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document, etc. Il contient l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Le résumé contient une **Introduction** (contexte, Objectif, etc.) rédigée avec 20% des mots, la **Méthodologie** (type d'étude, échantillonnage, variables et outils statistiques) rédigée avec 20% des mots, les **Résultats obtenus et leur courte discussion** (résultats importants et nouveaux pour la science), rédigée avec 50% des mots et une **Conclusion** (implications de l'étude en termes de généralisation et de perspectives de recherches) rédigée avec 10% des mots.

Mots-clés

Les 3 à 5 mots et/ou groupes de mots clés les plus descriptifs de l'article suivent chaque résumé et comportent le pays (la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline ou 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

Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible. L'article est structuré selon la discipline scientifique et la thématique en utilisant l'un des plans suivants avec les Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques : *IMReD* (Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Conclusion) ; *ILPIA* (Introduction, Littérature, Problème, Implication, Avenir) ; *OPERA* (Observation, Problème, Expérimentation, Résultats, Action) ; *SOSRA* (Situation, Observation, Sentiments, opinion, Réflexion, Action) ; *ESPRIT/SPRIT* [Entrée en matière (introduction), Situation du problème, Problème précis, Résolution, Information appliquée ou détaillée, Terminaison (conclusion)] ; *APPROACH* (Annonce, Problématique (perutable avec Présentation), Présentation, Réactions, Opinions, Actions, Conclusions, Horizons) ; etc.

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).

Matériels 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 étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion fait ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. La conclusion fait la synthèse de l'interprétation scientifique et de l'apport original dans le champ scientifique concerné. 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.

Références bibliographiques

La norme Harvard et la norme Vancouver sont les deux normes internationales qui existent et régulièrement mises à jour. 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. Dans le texte, les publications doivent être citées de la manière suivante : Sinsin (2020) ou Sinsin et Assogbadjo (2020) ou Sinsin *et al.* (2007). Sachez que « *et al.* » est mis pour *et alteri* qui signifie et autres. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées par ordre alphabétique dans la liste des références bibliographiques. Somme toute dans le BRAB, selon les ouvrages ou publications, les références sont présentées dans la liste des références bibliographiques de la manière suivante :

Pour les revues scientifiques :

- ✓ **Pour un seul auteur :** Yakubu, A., 2013: Characterisation of the local Muscovy duck in Nigeria and its potential for egg and meat production. *World's Poultry Science Journal*, 69(4): 931-938. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000937>
- ✓ **Pour deux auteurs :** Tomasz, K., Juliusz, M. K., 2004: Comparison of physical and qualitative traits of meat of two Polish conservative flocks of ducks. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 47(4): 367-375.
- ✓ **A partir de trois auteurs :** 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 N° 260*, 479-492.

Pour les organismes et institutions :

- ✓ FAO, 2017. L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2017 : Renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire. Rome, FAO. 144 p.
- ✓ INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2015 : Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4): Résultats définitifs. Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin, 33 p.

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., 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.

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.

Fire in African savannahs: a review of ecological impacts and management strategies

O. G. Zoffoun^{1,2*} et E. A. Sogbohossou^{1,3}

¹MSc. Omobayo Ghislain ZOFFOUN, Laboratory of Applied Ecology (LEA), Faculty of Agricultural Sciences (FSA), University of Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526, Cotonou 01 & ²GeoEnvironment and Biodiversity Conservation NGO, 02 BP 775 Cotonou 02, E-mail: ghislainholly@gmail.com, Tel: (00229) 67706663, Republic of Benin

¹Dr Ir Etotépé Aikpémi SOGBOHOSSOU, Associate Professor, LEA/FSA/UAC, 01 BP 526, Cotonou 01 E-mail: etotepe@gmail.com, Tel: (00229) 21 303084, Republic of Benin & ³ Université Senghor, 1 Place Ahmed Orabi, Al Mancheya, BP415, 21111 Alexandria, Egypt

*Corresponding author: MSc. Omobayo Ghislain ZOFFOUN, E-mail: ghislainholly@gmail.com

Abstract

Savannahs, which span about half of Africa's tropical landscape, are characterized by the coexistence of trees and grasses. Fire is a natural and essential process in savannah ecosystems, playing a crucial role in shaping vegetation structure and maintaining biodiversity. There is currently a lack of up-to-date information gathering in a holistic view of fire ecology in African savannahs biome and management strategies. We reviewed in this paper, the scientific literature on fire in African savannahs, including its ecological impacts and management strategies. Data were acquired on different databases through articles, scientific books, reports, communications, and PhD dissertations. Nearly 6.21% of Sub-African Sahara region (4.89 million km²) is burned annually. These fires have both natural and anthropic sources. The introduction of agriculture and pastoralism into African savannah ecosystems increased year by year the frequency and area of fires. The coexistence between fire and vegetation since thousands of years has developed favoured emergence of fire-tolerant species and fire-prone vegetation. Wildlife species are also affected by fire. Large animals are primarily influenced by the indirect effects of fire through the environment, while small animals are most likely affected by the direct effect (injured or kill by fire). Early dry season fire, late dry season fire and rainy season fire are commonly prescribed burning fire management. Fire suppression and laissez-faire approach are also used in some case. The fire management approach of African savannahs should take into consideration vegetation types, wildlife species occurring in the area and human community as well. By adopting a holistic and collaborative approach to fire management, it is possible to promote sustainable land management and preserve the ecological health and biodiversity of African savannahs.

Key words: prescribed burning, vegetation, wildlife, biodiversity, fire management

Le feu dans les savanes africaines : une revue des impacts écologiques et des stratégies de gestion

Résumé

Les savanes, qui couvrent environ la moitié du paysage tropical de l'Afrique, sont caractérisées par la coexistence d'arbres et d'herbes. Le feu est un processus naturel et essentiel dans les écosystèmes de savane, qui joue un rôle crucial dans la structure de la végétation et le maintien de la biodiversité. Actuellement un manque d'informations actualisées existe sur l'écologie du feu dans le biome des savanes africaines et sur les stratégies de gestion. Une synthèse bibliographique des publications scientifiques a été faite sur les feux dans les savanes africaines, y compris leurs impacts écologiques et les stratégies de gestion dans l'article. Les données ont été obtenues à partir de plusieurs bases de données à travers les articles, livres scientifiques, rapports, communications et thèses de doctorat. Près de 6,21 % de la région du Sud-Sahara en Afrique (4,89 millions de km²) sont brûlés chaque année. Les feux de végétation ont des sources à la fois naturelles et anthropiques. L'introduction de l'agriculture et du pastoralisme dans les écosystèmes des savanes africaines a augmenté d'année en année la fréquence et la superficie des zones brûlées. La coexistence entre le feu et la végétation depuis des milliers d'années a développé des espèces tolérantes au feu et à la végétation sujette au feu. Les espèces animales sauvages sont également affectées par le feu. Les grands animaux sont principalement influencés par les effets indirects du feu à travers l'environnement, tandis que les petits animaux sont plus probablement affectés par l'effet direct (blessés ou tués par le feu). Les feux précoces, les feux tardifs et les feux de contre saison sont des méthodes courantes de feux contrôlés d'aménagement. La suppression des feux et le laissez-faire sont également utilisés dans certains cas. Ainsi, l'approche de la gestion du feu dans les savanes africaines doit tenir compte des types de végétation, des espèces animales sauvages présentes dans la zone et de la communauté humaine. En adoptant une approche holistique et collaborative de la gestion des feux de végétation, il est possible

de promouvoir une gestion durable des terres et de préserver la santé écologique et la biodiversité des savanes africaines.

Mots clés : Feu contrôlé, végétation, faune, biodiversité, gestion des feux.

Introduction

Savannahs, which cover nearly 50% of the tropical landscape of Africa, are distinguished by the cohabitation of trees and grasses (Cahoon *et al.*, 1992; Osborne *et al.*, 2018). Fire is a natural phenomenon that has been shaping African savannah's vegetation structure and maintaining biodiversity for 3–8 Myr (Higgins *et al.*, 2007; Edwards *et al.*, 2010; Lehmann and Parr, 2016; D'Onofrio *et al.*, 2018). The occurrence and frequency of fires in this region are influenced by a variety of factors, including climate, vegetation characteristics, and human activities (Lehmann *et al.*, 2011). Fire is crucial for the regeneration of many plant species, especially those with thick bark, underground storage organs, or seeds that need heat to germinate. The world's human population, livestock, rangeland, and wild herbivore biomass are all supported by savannahs (Sankaran *et al.*, 2005). Fire has historically played a significant role in modifying savannah ecosystems and continues to do so. African savannah's ecosystems are characterized by dry seasons followed by rainy seasons (D'Onofrio *et al.*, 2018). During the dry season, grasses and other vegetation dry out, creating a significant amount of fuel for fires. Fire impact vegetation and wildlife directly and indirectly depending on the timing, frequency, and intensity of fires (Garcês and Pires, 2023).

Several studies have investigated the ecological effects of fire in African savannahs, providing valuable insights into the complex interactions between fire and biodiversity, vegetation dynamics, and nutrient cycling. Archibald *et al.* (2005) demonstrated that fire plays a critical role in maintaining the species composition and diversity of savannah grasslands. Bond and Van Wilgen (1996), highlighted the positive impact of fire on tree mortality and subsequent recruitment. Fire also influences the distribution and behaviour of wildlife in African savannahs. Hopcraft *et al.* (2010) found that fires create heterogeneous landscapes that influence herbivore movements and resource selection, ultimately shaping their spatial distribution. Moreover, fire can alter the foraging opportunities and habitat availability for both grazers and browsers, thereby influencing their population dynamics and interactions (Archibald *et al.*, 2005; Eby *et al.*, 2014). Humans have lived in African savannahs for thousands of years and have been using fire as a tool for hunting, clearing land for agriculture, and managing grazing lands (Archibald and Bond, 2003; Oluwole *et al.*, 2008). The introduction of agriculture and pastoralism into African savannah ecosystems around 5000 years ago increased the frequency of human fires (Bond and Van Wilgen, 1996). The expansion of human settlements and agricultural activities in and around savannah ecosystems has increased the risk of wildfires and altered the natural fire regime, leading to a range of ecological impacts and socio-economic consequences (Oluwole *et al.*, 2008).

However, while fire plays a crucial ecological role, its uncontrolled occurrence can pose challenges for land managers and local communities (Ribeiro *et al.*, 2008; Tarimo *et al.*, 2015). Fire management in African savannahs is therefore crucial to maintaining the ecological health and biodiversity of these ecosystems (Higgins *et al.*, 2007). Consequently, effective fire management strategies are required to balance the ecological benefits of fire with the need for human safety and sustainable land use (Nieman *et al.*, 2021). There is currently a lack of up-to-date information gathering in a holistic view of fire ecology in African savannahs biome. It is therefore important to provide a comprehensive assessment of the ecological impacts of fire in African savannahs, incorporating findings from diverse ecosystems and research approaches. The main objective of this study is to review the scientific literature on fire in African savannahs, with a focus on its ecological impacts and management strategies. This review aims to enhance the understanding of the ecological role of fire in African savannahs and inform evidence-based management strategies for the sustainable coexistence of human activities and natural ecosystems.

Literature Research

The data was acquired through research publications, scientific books, reports, communications, and PhD dissertations. A search was undertaken utilizing scientific databases (PubMed, Scopus, and Crossref), academic search engines (Google Scholar and Semantic Scholar), and academic social networks (ResearchGate and Academia.edu). We searched all types of publications in English and French using the following keywords or expressions: African savannahs, ecological impacts of fire, fire management strategies, fire drivers, fire and wildlife, fire regimes, fire impact on soil, fire impact on vegetation, fire in African savannahs. We imported 243 search results in Mendeley Library. Duplicate items downloaded from the various databases used were excluded during the document processing

phase. Then we filtered search results from most recent to oldest articles and chose publications relevant to the topic of this paper. Fire management strategies papers that were not applicable in Africa were excluded. This review paper is based on 67 papers fully related to the topic published in peer-reviewed journals, book chapters, reports, and other scientific publications from 1980 to 2023.

Implication and Analysis

Fire impacts on soils and Biodiversity

Fire is a natural and integral part of the ecology of African savannahs, playing a critical role in shaping vegetation structure and maintaining biodiversity. The frequency and intensity of fires in savannahs are influenced by a range of biotic and abiotic factors, including climate, topography, and vegetation characteristics (Boulton and Rodel, 1981; Archibald *et al.*, 2005; Archibald, Nickless, *et al.*, 2010; ; Lehmann *et al.*, 2011; N'Datchoh *et al.*, 2015; D'Onofrio *et al.*, 2018; Laris *et al.*, 2018 Kouassi *et al.*, 2022). Research has shown that fire can have both positive and negative impacts on savannah biodiversity, depending on the timing, frequency, and intensity of fires (Ribeiro, 2007; N'Dri *et al.*, 2022).

Soils

Fire directly impacts the soil by temporarily raising soil temperatures and indirectly by altering the activity of soil biota (Certini *et al.*, 2021). Fire can significantly endanger the biotic heritage by imposing temperatures on the surface or immediately under it that are well beyond the few tens of degrees, lethal for life (Pressler *et al.*, 2019; Certini *et al.*, 2021). Fire has both beneficial and detrimental effects on nutrient availability in soils. Fire releases nutrients from dead plant matter into the soil while also volatilizing nutrients into the atmosphere (Fynn *et al.*, 2003; N'Dri and Konan, 2018; N'Dri *et al.*, 2019; Villecourt *et al.*, 1980). Furthermore, nutrients rapidly released into the soil by fire are susceptible to leaching, whereas nutrients slowly released by decomposition of plant matter are not readily lost through leaching (Fynn *et al.*, 2003). Fires also reduce plant biomass and litter, altering the energy, nutritional, and water fluxes between soil, plants, and the atmosphere. Fires burn the grasses and shrubs, leaving behind a layer of ash that improves the respiration of the soil and provides nutrients for the soil, making it more fertile (Sanchez-Garcia *et al.*, 2021). The ashes also stimulate the growth of new vegetation, which provides food for herbivores (Sanchez-Garcia *et al.*, 2021).

Vegetation

The influence of fire on plant community structure and composition varies greatly, and these effects are frequently reliant on a variety of factors such as soil moisture, altitude, and the vegetative and reproductive features of the plant species present (Wardell-Johnson and Horwitz, 2000). The length of time a plant takes to recover after a fire is determined by the fire frequency, intensity and severity (Frost and Robertson, 1987; Andersen *et al.*, 2005; N'Dri *et al.*, 2022). The slower the rate of recovery, the more probable the structure and composition of the vegetation may be affected, especially in areas where fires occur frequently (Frost and Robertson, 1987). Because of their high intensity, late and frequent dry-season fires can kill natural regeneration, including trees, even old ones (Ribeiro *et al.*, 2017). However, savannah trees have developed fire resistance (Bond, 2016; Hoffmann *et al.*, 2012; Ratnam *et al.*, 2011), as a result of their thick protective bark (Gignoux *et al.*, 1997; Hoffmann *et al.*, 2009). Plant species that are fire tolerant like perennial grass species recover faster than species that regenerate only from seed like annual grass species (Higgins *et al.*, 2007; Laris *et al.*, 2018). Plant species that regenerate from seeds must establish, grow, and reproduce between subsequent fires in order to withstand recurring fires (Sankaran *et al.*, 2005). The high frequency of fire in savannahs is one of the key factors favouring such species, particularly among woody plants. As a result, frequent fire reduces the density of woody plants in savannahs (Boulton and Rodel, 1981; Mapiye *et al.*, 2008). Too frequent fires can prevent the regeneration of some plant species, leading to a loss of biodiversity (Scholes and Archer, 1997). Furthermore, fires can alter the composition of plant communities, favouring some species over others and disrupting ecological processes (Bond and Keeley, 2005). Fires also promote the growth of different plant species that are adapted to fire, such as grasses with deep roots that can quickly regenerate after fires (Higgins *et al.*, 2000). Fire also helps prevent the invasion of savannahs by woody shrubs and trees, which can outcompete grasses for nutrients and water (Archibald *et al.*, 2005).

Wildlife

Numerous studies have investigated the ecological impacts of fire in African savannahs and associated wildlife, using a variety of methods including field observations, experimental manipulations, and remote sensing (Archibald *et al.*, 2005; Archibald, Scholes, *et al.*, 2010; Eby *et al.*, 2014; Ramo *et al.*, 2021).

Fire promotes the growth of grasses and other vegetation, providing food and habitat for a diverse array of animal species. Fire can also prevent the encroachment of woody vegetation into savannahs, which can have negative impacts on grazing and browsing animals (Archibald *et al.*, 2005). Intense fires can kill or injure animals with less mobility and destroy habitats (Garcês and Pires, 2023). Smaller reptiles and amphibians have limited escape capability and are killed by fire (Gutiérrez and de Miguel, 2021; Patterson, 1984). Small mammal species can also escape in groups from a fire to clearings, road cuttings, depressions, and hiking paths (Ford *et al.*, 1999; Geluso and Bragg, 1986). Most small mammals, such as mice and rabbits, prefer to take refuge underground or in sheltered areas within the burn, such as subterranean tunnels, stumps, root holes, routes under moist forest litter, and spaces beneath a rock, talus, and significant dead wood (Ford *et al.*, 1999). Adult's arthropods can burrow or fly away from flames (Gutiérrez and de Miguel, 2021; Kone *et al.*, 2018). Depending on the fire spread and intensity, small mammals can be injured. Also, the heat of the flames can harm arthropod eggs, nymphs, and adult stages, and species with immobile life stages that reside in surface litter or aboveground plant tissue frequently perish (Gutiérrez and De Miguel, 2021). Likewise, eggs and extremely young birds are also often killed by the fire (Gutiérrez and De Miguel, 2021). Larger animals are more mobile, running away from the fire (Cardillo, 2003; Ford *et al.*, 1999), and some can even swim along rivers and climb trees (Gutiérrez and De Miguel, 2021). Larger, more mobile reptiles typically escape the fire (Gutiérrez and de Miguel, 2021; Patterson, 1984). Adult birds, generally fly from one fire zone to another (Brown and Smith, 2000). Smoke inhalation, on the other hand, can impact birds that fly at a lower height (Sanderfoot *et al.*, 2021). There is evidence that some wildlife species developed a preference for burned area. Vultures can benefit from the abundance of carcasses accessible after a fire (Brown and Smith, 2000). Woodpeckers as well are drawn to burning regions because of the abundance of beetles and other invertebrates found in dead wood (Brown and Smith, 2000). Moreover, a study by Eby *et al.* (2014) found that fires in savannahs were positively correlated with the abundance of large herbivores, suggesting fires may facilitate herbivore foraging and mobility. The modification of the physical environment is one of the indirect effects of fire. Fire modifies the structure and composition of vegetation, which might affect resource availability, quality and quantity for herbivores, particularly grazing herbivores (Mills and Fey, 2005). Despite forage quantity is low, the available forage has improved forage protein, palatability, and digestibility, leading to a preference for burnt areas (Fuhlendorf and Engle, 2004; Gureja and Owen-Smith, 2002; Mapiye *et al.*, 2008). Species such as impalas, prefer the new regrowth that occurs after fires (Figure 1), due to the increases in non-N nutrients [copper (Cu), potassium (K), and magnesium (Mg)] caused by burning (Eby *et al.*, 2014). Another indirect impact of fire is that herbivores might prefer burned open areas because they are less vulnerable to predation due to greater visibility (Owen-Smith, 2008). However, species such as elephants, prefer the mature vegetation that occurs in areas that have not burned (Loarie *et al.*, 2009). Also, lions showed avoidance of burned area at post-fire, more likely due to a complex trade-off balancing the necessity to acquire food in an efficient way and breed (Blakey *et al.*, 2022).



Figure 1. New grass regrowth after the fire in the Pendjari Biosphere Reserve (PBR). (© Zoffoun O.G., 2022)

Fire Management in African Savannahs

About 6.21% of Sub-Saharan African region experiment fires each year, representing 4,895,115 km² burned yearly (Ramo *et al.*, 2021; Stroppiana *et al.*, 2022). The seasonality of fires in Africa varies depending on to the geographical position. In the Northern hemisphere, the fire season expands from October to May, whereas in the Southern Hemisphere fires occurs from April to December (N'Datchoh *et al.*, 2015; Ramo *et al.*, 2021). The fire season in both regions is in total accordance with the dry season with may occurs in different periods of the year. The use of fire by humans has significantly altered the natural fire cycle in these ecosystems (Bowman *et al.*, 2011). For example, some communities set fires to promote the growth of fresh grass for their livestock (Scholes and Archer, 1997) or to prevent wildfires from spreading to their settlements (Nieman *et al.*, 2021). These human-induced fires often occur outside the natural fire season and can cause significant damage to the ecosystem. Fire is also a useful tool for savannahs protected area management, with several goals ranging from cleaning vegetation for sightseeing tourism to increasing pasture quality for wildlife or minimizing the danger of catastrophic late fires (Namukonde *et al.*, 2017). Human activities such as agriculture, grazing, and urbanization have significantly altered the natural fire cycle, resulting in more frequent and intense fires (Scholes and Archer, 1997). Consequently, these burning practices resulted in fewer forested areas and more open savannahs (Van de Vijver *et al.*, 1999). Likewise, fire was used for the management of several protected areas in African savannah ecosystems (Ribeiro, 2007). To address these issues, various fire management strategies have been developed to promote sustainable land management in African savannahs.

Prescribed Burning

Prescribed burning involves intentionally setting controlled fires at specific times of the year to mimic the natural fire cycle, promote the growth of new vegetation and maintain biodiversity (Nieman *et al.*, 2021). Prescribed burning can also help prevent the buildup of fuel that can lead to uncontrolled fires. Trollope *et al.* (2007) showed that prescribed burning can effectively reduce fuel loads and prevent the occurrence of large, destructive wildfires in African savannahs. We generally differentiate three prescribed burning: early dry season fire, late dry season fire and rainy season fire. The early dry season fire (EDS) is set up in the beginning of the dry season when the level of soil moisture is still significant enough to lead to grass regrowth (Teka *et al.*, 2010). EDS reduce the fuel loads, which can help prevent the occurrence of large and intense fires later in the dry season and therefore avoid catastrophic fire event in wildlife as well as around settlements (Nieman *et al.*, 2021). Besides, early fire promotes the growth of certain plant species that are adapted to fire, such as grasses with deep roots that can quickly regenerate after fires, palatable and nutritious for herbivores (Bond and Keeley, 2005). However, the repeated use of early fire can cause a proliferation of shrubs in the ecosystem leading to quickly modify the availability of food resources for ungulate species, by reducing the availability of fodder, especially grazing animals (Djagoun *et al.*, 2014).

The late dry season fire (LDS) is lit in the second half of the dry season when the degree of drying is at its maximum in all the plant communities (Teka *et al.*, 2010). LDS fire is more intense and can be more effective in reducing fuel loads than early dry season fires, as vegetation is drier and more flammable (Russell-Smith *et al.*, 1998; N'Dri and Konan, 2018). The late fire help to control the invasion of grassland savannahs by shrubs and trees. However, because of its high intensity, late fire can be harmful for natural trees regeneration as well as for mature trees in woodland open savannahs (Russell-Smith *et al.*, 1998; Laris *et al.*, 2017; Ribeiro *et al.*, 2017; N'Dri *et al.*, 2022). This fire can also be damageable for plant species that regenerate only from seed like annual grass species.

The last type is the rainy season fire, set up at the beginning of the raining season (Teka *et al.*, 2010). This fire can be difficult to implement, as conditions may not be suitable for burning during the rainy season. To do so, part of the landscape should be protected to not burn during the previous dry season. This fire can help promote the growth of certain plant species that are adapted to fire, such as grasses and forbs palatable for herbivores species. It can also reduce fuel loads and prevent the accumulation of dead vegetation, which can fuel more intense and damaging fires when they do occur (Trollope *et al.*, 2007).

The fire frequency is also a matter to consider. In fact, a fire return period of less than two years will be dangerous to the survival of tree and woodland savannahs, which can eventually transition into shrub savannahs (Frost, 1996; Ribeiro, 2007; Ribeiro *et al.*, 2008; Tarimo *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2017). However, a fire-return interval of 2-4 years has been considered sufficient to allow woody vegetation to grow above the fire-killing threshold (Frost, 1996; Ribeiro, 2007; Ribeiro *et al.*, 2017).

Fire Suppression and Laissez-faire Approach

In some cases, fire as a management tool is suppressed. It is a common practice in many parts of the world, where fires are viewed as a threat to human settlements and infrastructure. However, fire suppression can have negative consequences on ecosystems, such as African savannahs, where fire is a natural and essential process. It can lead to the accumulation of dead vegetation, which can fuel more intense and damaging fires when they do occur (D'Antonio and Vitousek, 1992). The fire suppression also involves extinguishing fires as soon as they are detected. Fire suppression can prevent the spread of fires and reduce the risk of damage to human settlements, infrastructure as well as in sensible vegetation. However, fire suppression can also have negative impacts on biodiversity if it prevents the natural fire cycle from occurring (Archibald *et al.*, 2012). Fire exclusion can't be generalized in the management of a fire-prone landscape, as the vegetation and wildlife already developed adaptation capacities and some benefit from fires occurrence. As a result, they tend to exclude fire can cause dead vegetation to accumulate, fuelling more intense and causing harm fires when they do occur (D'Antonio and Vitousek, 1992). Savannah without fire will evolve into forest (Bond, 2008; Ratnam *et al.*, 2011) apart from the dry savannahs. Fires can also be completely avoided in areas with high human population or infrastructure density by establishing firebreaks before the start of the fire season (Nieman, 2020). Protected areas managers also try to use fire suppression for controlling damage on infrastructures and materials used for conservation purpose. As an example, in the Hluhluwe-iMfolozi Park in South Africa, active fire suppression was used to prevent fires from destroying Harris traps used to reduce tsetse fly populations (Archibald *et al.*, 2017). In protected areas where fire management resources are limited, or where fire management funding has been transferred to address other conservation policy challenges, a laissez-faire approach may be required (Nieman *et al.*, 2021). For example, the need to reduce rhinoceros poaching in South Africa's protected areas has put undue strain on managers (Ferreira *et al.*, 2014), resulting in funds being redirected to anti-rhinoceros poaching activities and reducing capacity for fire management, among other things. Similarly, with the beginning of Zimbabwe's current economic slump, fire management has been significantly less of a priority in Hwange National Park (Pricope and Binford, 2012).

Knowledge Gap in African Savannah Fire Ecology Research and Further Consideration

Despite extensive research on fire ecology in African savannahs, there are some substantial gaps in African savannah fire ecology understanding. While several studies have looked at the immediate and short-term consequences of fire on savannah ecosystems (Fuhlendorf and Engle, 2004; Mapiye *et al.*, 2008; Laris *et al.*, 2018; Sanchez-Garcia *et al.*, 2021), only a few studies worked on the long-term effects in West Africa (N'Dri *et al.*, 2018; Koffi *et al.*, 2019; N'Dri *et al.*, 2022). Understanding how fire affects vegetation dynamics, biodiversity patterns, and ecosystem processes over long-time scales is critical for effective management and conservation. Climate change is affecting precipitation patterns and temperature regimes in African savannahs (Incoom *et al.*, 2020), which has the potential to have a significant impact on fire regimes. However, there is a lack of comprehensive studies on how changing climate conditions may interact with fire and shape ecological processes in these ecosystems. Future research should explore the potential interactions between fire regimes and climate change, including the frequency, intensity, and spatial extent of fires under different climate scenarios in African savannahs. Particularly in West African savannah with its unique vegetation, fire impact on the vegetation structure and characteristics will help to better manage fire in this unique ecosystem. Addressing these research gaps will contribute to a more comprehensive understanding of fire ecology in African savannahs and inform evidence-based management strategies that consider all ecological dimensions of fire in these ecosystems. Regular monitoring of fire patterns and biodiversity can help determine the effectiveness of fire management strategies and identify areas where further intervention is needed (Bond and Van Wilgen, 1996). Research can also help improve understanding of the ecological processes involved in fire management and develop more effective management strategies (Bond and Van Wilgen, 1996). Community-based fire management encompassing involving local communities in the management of fires, including the development of fire management plans, the training of community members in fire management techniques, and the establishment of fire response teams is also necessary to take into consideration (Russell-Smith *et al.*, 2013). Archibald *et al.* (2012), found that community-based fire management can effectively reduce the occurrence of wildfires and promote the maintenance of biodiversity in African savannahs. Community-based fire management can promote sustainable land management practices and increase the effectiveness of fire management strategies (Russell-Smith *et al.*, 2013). It's also important to promote education and awareness about the ecological role of fire in African savannahs, and to involve local communities in the development and

implementation of fire management practices (Cochrane, 2003). By adopting a holistic and collaborative approach to fire management, it is possible to promote sustainable land management and preserve the ecological health and biodiversity of African savannahs.

Conclusion

Fire plays a crucial role in maintaining biodiversity in African savannahs. It creates a mosaic of different vegetation types, with areas that have recently burned next to areas that have not. This mosaic of vegetation provides a diverse range of habitats for different species, which can move between areas as they regenerate after fires. Large animals are primarily influenced by the indirect effects of fire (modification of physique environment), while small animals are most likely affected by the direct effect (injured or kill by fire). No management strategies exist and applicable to all savannah's vegetation type. Each ecosystem requires a precise burning management in order to sustain the biodiversity. Monitoring and research can help to better understand fire ecology in African savannahs in order to adapt management strategy accordantly.

References

- Andersen, A. N., G. D. Cook, L. K. Corbett, M. M. Douglas, R. W. Eager, J. Russell-Smith, S. A. Setterfield, R. J. Williams, J. C. Z. Woinarski, 2005: Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: Implications from the Kapalga fire experiment. *Austral Ecology*, 30(2), 155–167. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01441.x>.
- Archibald, S., H. Beckett, W. J. Bond, C. Coetsee, D. J. Druce, A. C. Staver, 2017: Interactions between fire and ecosystem processes. In *Conserving Africa's Mega-Diversity in the Anthropocene: The Hluhluwe-iMfolozi Park Story*, pp. 233–261: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139382793.015>.
- Archibald, S., Bond, W. J., 2003: Growing tall vs growing wide: Tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos*, 102(1), 3–14. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12181.x>.
- Archibald, S., W. J. Bond, W. D. Stock, D. H. K. Fairbanks, 2005: Shaping the landscape: Fire-grazer interactions in an African savanna. *Ecological Applications*, 15(1), 96–109. <https://doi.org/10.1890/03-5210>.
- Archibald, S., A. Nickless, N. Govender, R. J. Scholes, V. Lehsten, 2010: Climate and the inter-annual variability of fire in southern Africa: A meta-analysis using long-term field data and satellite-derived burnt area data. *Global Ecology and Biogeography*, 19(6), 861–878. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00568.x>.
- Archibald, S., R. J. Scholes, G. Roberts, L. Boschetti, 2010: Southern African fire regimes as revealed by remote sensing. *International Journal of Wildland Fire*, 19(7), 861–878. <https://doi.org/10.1071/WF10008>.
- Archibald, S., A. C. Staver, S. A. Levin, 2012: Evolution of human-driven fire regimes in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(3), 847–852. <https://doi.org/10.1073/pnas.1118648109>.
- Blakey, R. V., J. A. Sikich, D. T. Blumstein, S. P. D. Riley, 2022: Mountain lions avoid burned areas and increase risky behaviour after wildfire in a fragmented urban landscape. *Current Biology*, 32(21), 4762–4768. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.08.082>.
- Bond, W., 2008: What Limits Trees in C 4 Grasslands and Savannas? *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 39, 641–659. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173411>.
- Bond, W. J., 2016: Ancient grasslands at risk. *Science*, 351(6269), 120–122. <https://doi.org/10.1126/science.aad5132>.
- Bond, W. J., Keeley, J. E., 2005: Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(7), 387–394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025>.
- Bond, W. J., Van Wilgen, B. W., 1996: *Fire and plants*, Vol. 4: Springer Science & Business Media. 263 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1499-5>. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-009-1499-5>.
- Boultonwood, J. N., Rodel, M. G. W., 1981: Effects of stocking rate and burning frequency on *Brachystegia/Julbernardia veld* in Zimbabwe. *Proceedings of the Annual Congresses of the Grassland Society of Southern Africa*, 16(1), 111–115. <https://doi.org/10.1080/00725560.1981.9648932>.
- Bowman, D. M. J. S., J. Balch, P. Artaxo, W. J. Bond, M. A. Cochrane, C. M. D'Antonio, R. Defries, F. H. Johnston, J. E. Keeley, M. A. Krawchuk, C. A. Kull, M. Mack, M. A. Moritz, S. Pyne, C. I. Roos, A. C. Scott, N. S. Sodhi, T. W. Swetnam, 2011: The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*, 38(12), 2223–2236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>.
- Brown, J. K., Smith, J. K., 2000: Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. *RMRS-GTR-42-vol. 1. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna*, *RMRS-GTR-42*, Vol. 2: Gen. Tech. Rep. *RMRS-GTR-42*, *RMRS-GTR-42-vol. 3. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on cultural resources and archeology*, *RMRS-GTR-42-vol. 4. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soil and water*, *RMRS-GTR-42-vol. 5. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on air*. USDA, 266 p. https://www.fs.usda.gov/rm/pubs/rmrs_gtr042_2.pdf.
- Cahoon, D. R., B. J. Stocks, J. S. Levine, W. R. Cofer, K. P. O'Neill, 1992: Seasonal distribution of African savanna fires. *Nature*, 359(6398), 812–815. <https://doi.org/10.1038/359812a0>.

- Cardillo, M., 2003: Biological determinants of extinction risk: why are smaller species less vulnerable? In *Animal Conservation Forum*, Vol. 6, Issue 1, pp. 63–69: Cambridge University Press.
- Certini, G., D. Moya, M. E. Lucas-Borja, G. Mastrodonato, 2021: The impact of fire on soil-dwelling biota: A review. In *Forest Ecology and Management*, Vol. 488, p. 118989: Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118989>.
- Cochrane, M. A., 2003: Fire science for rainforests. *Nature*, 421(6926), 913–919. <https://doi.org/10.1038/nature01437>.
- D'Antonio, C. M., Vitousek, P. M., 1992: Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23(1), 63–87.
- Djagoun, C. A. M. S., B. Kassa, B. A. Djossa, T. Coulson, G. A. Mensah, B. Sinsin, 2014: Hunting affects dry season habitat selection by several bovid species in northern Benin. *Wildlife Biology*, 20(2), 83–90. <https://doi.org/10.2981/wlb.12082>.
- D'Onofrio, D., J. von Hardenberg, M. Baudena, 2018: Not only trees: Grasses determine African tropical biome distributions via water limitation and fire. *Global Ecology and Biogeography*, 27(6), 714–725. <https://doi.org/10.1111/geb.12735>.
- Eby, S. L., T. M. Anderson, E. P. Mayemba, M. E. Ritchie, 2014: The effect of fire on habitat selection of mammalian herbivores: The role of body size and vegetation characteristics. *Journal of Animal Ecology*, 83(5), 1196–1205. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12221>.
- Edwards, E. J., C. P. Osborne, C. A. E. Strömberg, S. A. Smith, C. G. Consortium, W. J. Bond, P.-A. Christin, A. B. Cousins, M. R. Duvall, D. L. Fox, 2010: The origins of C4 grasslands: integrating evolutionary and ecosystem science. *Science*, 328(5978), 587–591.
- Ferreira, S. M., M. Pfab, M. H. Knight, 2014: Management strategies to curb rhino poaching: an exploration of alternative options. *South African Journal of Science*, 110(5–6), 01–08.
- Ford, W. M., M. A. Menzel, D. W. McGill, J. Laerm, T. S. McCay, 1999: Effects of a community restoration fire on small mammals and herpetofauna in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management*, 114(2–3), 233–243. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00354-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00354-5).
- Frost, P., 1996: The ecology of miombo woodlands. In B. Campbell, (Ed.), *The Miombo in Transition: Woodlands and Welfare in Africa*, pp. 11–57: Centre for International Forestry Research.
- Frost, P. H. G., Robertson, F., 1987: The ecological effects of fire in savannas. In B. H. Walker, (Ed.), *Determinants of Tropical Savannas*, pp. 93–141: IRL Press Limited: Oxford, UK.
- Fuhlendorf, S. D., Engle, D. M., 2004: Application of the fire-grazing interaction to restore a shifting mosaic on tallgrass prairie. *Journal of Applied Ecology*, 41(4), 604–614. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00937.x>.
- Fynn, R. W. S., R. J. Haynes, T. G. O'Connor, 2003: Burning causes long-term changes in soil organic matter content of a South African grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(5), 677–687. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00054-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00054-3).
- Garcês, A., Pires, I., 2023: The Hell of Wildfires: The Impact on Wildlife and Its Conservation and the Role of the Veterinarian. *Conservation*, 3(1), 96–108. <https://doi.org/10.3390/conservation3010009>.
- Geluso, K. N., Bragg, T. B., 1986: Fire-avoidance behaviour of meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*: *American Midland Naturalist*, 116, 202–205.
- Gignoux, J., J. Clobert, J. C. Menaut, 1997: Alternative fire resistance strategies in savanna trees. *Oecologia*, 110(4), 576–583. <https://doi.org/10.1007/s004420050198>.
- Gutiérrez, J., de Miguel, F. J., 2021: Fires in nature: A review of the challenges for wild animals. *European Journal of Ecology*, 7(1), 95–117. <https://doi.org/10.17161/EUROJECOL.V7I1.14643>.
- Higgins, S. I., W. J. Bond, E. C. February, A. Bronn, D. I. W. Euston-Brown, B. Enslin, N. Govender, L. Rademan, S. O'regan, A. L. F. Potgieter, S. Scheiter, R. Sowry, L. Trollope, W. S. W. Trollope, 2007: Effects of four decades of fire manipulation on woody vegetation structure in savanna. *Ecology*, 88(5), 1119–1125.
- Higgins, S. I., W. J. Bond, W. S. W. Trollope, 2000: Fire, resprouting and variability: A recipe for grass-tree coexistence in savanna. *Journal of Ecology*, 88(2), 213–229. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00435.x>.
- Hoffmann, W. A., R. Adasme, M. Haridasan, M. T. De Carvalho, E. L. Geiger, M. A. B. Pereira, S. G. Gotsch, A. C. Franco, 2009: Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. *Ecology*, 90(5), 1326–1337. <https://doi.org/10.1890/08-0741.1>.
- Hoffmann, W. A., E. L. Geiger, S. G. Gotsch, D. R. Rossatto, L. C. R. Silva, O. L. Lau, M. Haridasan, A. C. Franco, 2012: Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: How plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecology Letters*, 15(7), 759–768. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01789.x>.
- Hopcraft, J. G. C., H. Olf, A. R. E. Sinclair, 2010: Herbivores, resources and risks: alternating regulation along primary environmental gradients in savannas. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(2), 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.08.001>.
- Incoom, A. B. M., K. A. Adjei, S. N. Odai, 2020: Rainfall variabilities and droughts in the Savannah zone of Ghana from 1960–2015. *Scientific African*, 10, e00571. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00571>.

- Koffi, K. F., A. B. N'dri, J. C. Lata, S. Konaté, T. Srikanthasamy, M. Konan, S. Barot, 2019: Effect of fire regime on the grass community of the humid savanna of lamto, ivory coast. *Journal of Tropical Ecology*, 35(1), 1-7. <https://doi.org/10.1017/S0266467418000391>.
- Kone, M., K. Dosso, C. D. Yode, A. E. Kouakou, A. B. N'Dri, N. A. Kone, J. K. N'Dri, W. Dekoninck, S. Barot, 2018: Short-term changes in the structure of ant assemblages in a Guinean savanna under differing fire regimes at Lamto Scientific Reserve, Cote d'Ivoire. *Journal of Tropical Ecology*, 34(5), 326-335. <https://doi.org/10.1017/S0266467418000305>.
- Kouassi, J. L., N. Wandan, C. Mbow, 2022: Exploring spatio-temporal trends and environmental drivers of wildfire occurrence and impacts in Côte d'Ivoire, West Africa. *African Journal of Ecology*, 60(4), 1218-1236. <https://doi.org/10.1111/aje.13066>.
- Laris, P., A. Jo, S. P. Wechsler, 2018: Effects of landscape pattern and vegetation type on the fire regime of a mesic savanna in Mali. *Journal of Environmental Management*, 227, 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.091>.
- Laris, P., M. Koné, S. Dadashi, F. Dembele, 2017: The early/late fire dichotomy: Time for a reassessment of Aubréville's savanna fire experiments. *Progress in Physical Geography*, 41(1), 68-94. <https://doi.org/10.1177/0309133316665570>.
- Lehmann, C. E. R., S. A. Archibald, W. A. Hoffmann, W. J. Bond, 2011: Deciphering the distribution of the savanna biome. *New Phytologist*, 191(1), 197-209. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03689.x>.
- Lehmann, C. E. R., Parr, C. L., 2016: Tropical grassy biomes: Linking ecology, human use and conservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1703), 20160329. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0329>.
- Loarie, S. R., R. J. van Aarde, S. L. Pimm, 2009: Elephant seasonal vegetation preferences across dry and wet savannas. *Biological Conservation*, 142(12), 3099-3107. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.08.021>.
- Mapiye, C., M. Mwale, N. Chikumba, M. Chimony, 2008: Fire as a rangeland management tool in the savannas of southern africa: a review Tropical and Subtropical Agroecosystems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8(2), 115-124.
- Mills, A. J., Fey, M. V., 2005: Interactive response of herbivores, soils and vegetation to annual burning in a South African savanna. *Austral Ecology*, 30(4), 435-444.
- Namukonde, N., D. Kuebler, J. U. Ganzhorn, 2017: Differential effects of fire on small mammal communities in the Busanga Flood Plain, Zambia. *Tropical Conservation Science*, 10, 1-13.
- N'Datchoh, E. T., A. Konaré, A. Diedhiou, A. Diawara, E. Quansah, P. Assamoi, 2015: Effects of climate variability on savannah fire regimes in West Africa. *Earth System Dynamics*, 6(1), 161-174. <https://doi.org/10.5194/esd-6-161-2015>.
- N'Dri, A. B., Konan, L. N., 2018: Does the Date of Burning Affect Carbon and Nutrient Losses in a Humid Savanna of West Africa? *Environment and Natural Resources Research*, 8(3), 102-116. ISSN: 1927-0488. E-ISSN: 1927-0496. Published by Canadian Center of Science and Education. enr.ccsenet.org. <https://doi.org/10.5539/enrr.v8n3p102>. <https://ccsenet.org/journal/index.php/enrr/article/view/0/36902>.
- N'Dri, A. B., T. D. Soro, J. Gignoux, K. Dosso, M. Koné, J. K. N'Dri, N. A. Koné, S. Barot, 2018: Season affects fire behaviour in annually burned humid savanna of West Africa. *Fire Ecology*, 14(2), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s42408-018-0005-9>. <https://link.springer.com/article/10.1186/s42408-018-0005-9>.
- N'Dri, A. Y. A. B., A. W. Kone, S. K. K. Loukou, S. Barot, J. Gignoux, 2019: Carbon and Nutrient losses through biomass burning, and links with soil fertility and yam (*Dioscorea alata*) production. *Experimental Agriculture*, 55(5), 738-751. <https://doi.org/10.1017/S0014479718000327>. <https://www.cambridge.org/core/journals/experimental-agriculture/article/abs/carbon-and-nutrient-losses-through-biomass-burning-and-links-with-soil-fertility-and-yam-dioscorea-alata-production/53195190F7E54DDC973C87899457C05D>.
- N'Dri, A. B., K. P. Kpangba, P. A. Werner, K. F. Koffi, A. Bakayoko, 2022: The response of sub-adult savanna trees to six successive annual fires: An experimental field study on the role of fire season. *Journal of Applied Ecology*, 59(5), 1347-1361. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14149>. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.14149>.
- Nieman, W. A., 2020: Integrated fire management plan: Majete Wildlife Reserve, Malawi. In *Savanna-Woodland Fire Regimes: Ecology, Management and Conservation of African Protected Areas*, p. 352:
- Nieman, W. A., B. W. Van Wilgen, A. J. Leslie, 2021: A review of fire management practices in African savanna-protected areas. *Koedoe*, 63(1), 2223-2236. <https://doi.org/10.4102/koedoe.v63i1.1655>.
- Oluwole, F. A., J. M. Sambo, D. Sikhhalazo, 2008: Long-term effects of different burning frequencies on the dry savannah grassland in South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 3(2), 147-153. <http://www.academicjournals.org/AJAR>.
- Osborne, C. P., T. Charles-Dominique, N. Stevens, W. J. Bond, G. Midgley, C. E. R. Lehmann, 2018: Human impacts in African savannas are mediated by plant functional traits. In *New Phytologist*, Vol. 220, Issue 1: <https://doi.org/10.1111/nph.15236>.
- Owen-Smith, N., 2008: Changing vulnerability to predation related to season and sex in an African ungulate assemblage. *Oikos*, 117, 602-610. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16309.x>.
- Patterson, G. B., 1984: The effect of burning-off tussock grassland on the population density of common skinks. *New Zealand Journal of Zoology*, 11(2), 189-194.
- Pressler, Y., J. C. Moore, M. F. Cotrufo, 2019: Belowground community responses to fire: meta-analysis reveals contrasting responses of soil microorganisms and mesofauna. *Oikos*, 128(3), 309-327.

- Pricope, N. G., Binford, M. W., 2012: A spatio-temporal analysis of fire recurrence and extent for semi-arid savanna ecosystems in southern Africa using moderate-resolution satellite imagery. *Journal of Environmental Management*, 100, 72–85.
- Ramo, R., E. Roteta, I. Bistinas, D. van Wees, A. Bastarrika, E. Chuvieco, G. R. van der Werf, 2021: African burned area and fire carbon emissions are strongly impacted by small fires undetected by coarse resolution satellite data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(9), e2011160118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2011160118>.
- Ratnam, J., W. J. Bond, R. J. Fensham, W. A. Hoffmann, S. Archibald, C. E. R. Lehmann, M. T. Anderson, S. I. Higgins, M. Sankaran, 2011: When is a 'forest' a savanna, and why does it matter? *Global Ecology and Biogeography*, 20(5), 653–660.
- Ribeiro, N. S., 2007: *Interaction between fires and elephants in relation to vegetation structure and composition of miombo woodlands in northern Mozambique*. PhD thesis. University of Virginia.
- Ribeiro, N. S., A. Cangela, A. Chauque, R. R. Bandeira, A. Ribeiro-Barros, 2017: Characterisation of spatial and temporal distribution of the fire regime in Niassa National Reserve, northern Mozambique. *International Journal of Wildland Fire*, 26(12), 1021–1029.
- Ribeiro, N. S., H. H. Shugart, R. Washington-Allen, 2008: The effects of fire and elephants on species composition and structure of the Niassa Reserve, northern Mozambique. *Forest Ecology and Management*, 255(5–6), 1626–1636.
- Russell-Smith, J., G. D. Cook, P. M. Cooke, A. C. Edwards, M. Lendrum, C. P. Meyer, P. J. Whitehead, 2013: Managing fire regimes in north Australian savannas: applying Aboriginal approaches to contemporary global problems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(s1), e55–e63. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1890/120251>.
- Russell-Smith, J., P. G. Ryan, D. Klessa, G. Waight, R. Harwood, 1998: Fire regimes, fire-sensitive vegetation and fire management of the sandstone Arnhem Plateau, monsoonal northern Australia. *Journal of Applied Ecology*, 35(6), 829–846.
- Sanchez-Garcia, C., C. Santin, S. Doerr, T. Strydom, E. Urbanek, 2021: Wildland fire ash enhances short-term CO₂ flux from soil in a Southern African savannah. *Soil Biology and Biochemistry*, 160, 108334. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108334>.
- Sanderfoot, O. V., S. B. Bassing, J. L. Brusa, R. L. Emmet, S. J. Gillman, K. Swift, B. Gardner, 2021: A review of the effects of wildfire smoke on the health and behaviour of wildlife. *Environmental Research Letters*, 16(12), 123003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac30f6>.
- Sankaran, M., N. P. Hanan, R. J. Scholes, J. Ratnam, D. J. Augustine, B. S. Cade, J. Gignoux, S. I. Higgins, X. Le Roux, F. Ludwig, 2005: Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, 438(7069), 846–849.
- Scholes, R. J., Archer, S. R., 1997: Tree-grass interactions in savannas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28(1), 517–544.
- Stroppiana, D., M. Sali, L. Busetto, M. Boschetti, L. Ranghetti, M. Franquesa, M. L. Pettinari, E. Chuvieco, 2022: Sentinel-2 sampling design and reference fire perimeters to assess accuracy of Burned Area products over Sub-Saharan Africa for the year 2019. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 191, 223–234. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.07.015>.
- Tarimo, B., Ø. B. Dick, T. Gobakken, Ø. Totland, 2015: Spatial distribution of temporal dynamics in anthropogenic fires in miombo savanna woodlands of Tanzania. *Carbon Balance and Management*, 10(1), 1–15.
- Teka, O., L. Houessou, V. Kindomihou, B. Sinsin, 2010 : Pratique des feux de végétation comme outil de gestion des terres de parcours. In B. Sinsin & Kampmann D, (Eds.), *Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'ouest: Vol. Tome I : Bénin*, pp. 193–203: BIOTA.
- Trollope, W. S. W., L. A. Trollope, D. C. Hartnett, 2007: Fire—a key factor in the ecology and management of African grasslands and savannas. In R. E. Masters & K. E. M. Galley, (Eds.), *Proceedings of the 23rd Tall Timbers Fire Ecology Conference: Fire in grassland and shrubland ecosystems*, pp. 2–14: Tall Timbers Research, Inc., Tallahassee.
- Van de Vijver, C. A. D. M., P. Poot, H. H. T. Prins, 1999: Causes of increased nutrient concentrations in post-fire regrowth in an East African savanna. *Plant and Soil*, 214, 173–185.
- Villecourt, P., W. Schmidt, J. Cesar, 1980: Pertes d'un écosystème à l'occasion du feu de brousse (Savane tropicale de Lamto, Côte d'Ivoire). *Rev. Ecol. et Biol. du Sol*, 17(1), 7-12.
- Wardell-Johnson, G., Horwitz, P., 2000: The recognition of heterogeneity and restricted endemism in the management of forested ecosystems in south-western Australia. *Australian Forestry*, 63(3), 218–225. <https://doi.org/10.1080/00049158.2000.10674834>.