

Cinquième article : Facteurs d'affectation des terres et effets sur les services écosystémiques et la biodiversité : Synthèse bibliographique

Par : F. C. Ahononga, G. N. Gouwakinnou, S. S. H. Biaou, O. Ahouandjinou, S. Biaou et R. C. Sonounameto

Pages (pp.) 51-63.

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

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

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

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

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

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

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

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

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou 01

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

République du Bénin

Sommaire

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

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

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

Informations générales

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

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

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

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

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

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

Indications aux auteurs

Types de contributions et aspects généraux

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

Soumission de manuscrits

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

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

Titre

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

Auteur et Co-auteurs

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

Résumé

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

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

Mots-clés

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

Texte

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

Introduction

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

Matériel et méthodes

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

Résultats

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

Discussion

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

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

Résultats et Discussion

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

Conclusion

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

Références bibliographiques

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

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

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

Pour les revues :

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

Pour les contributions dans les livres :

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

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

Pour les livres :

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

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

Pour les communications :

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

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

Pour les abstracts :

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

Thèse ou mémoire :

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

Pour les sites web :

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

Equations et formules

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

Unités et conversion

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

Abréviations

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

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

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

Tableaux, figures et illustrations

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

Facteurs d'affectation des terres et effets sur les services écosystémiques et la biodiversité : Synthèse bibliographique

F. C. Ahononga^{1*}, G. N. Gouwakinnou¹, S. S. H. Biaou¹, O. Ahouandjinou¹, S. Biaou¹ et R. C. Sonounameto²

¹Ir. Fiacre Codjo AHONONGA, Laboratoire d'Écologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), 03 BP:125 Parakou, E-mail : fiacreahononga@gmail.com, Tél. : (+229)96004685, République du Bénin

¹Dr. Ir. (MC) Gérard Nounagnon GOUWAKINNOU, LEB/FA/UP, 03 BP 125 Parakou, E-mail : gougerano@gmail.com, Tél.: (+229)97343189, République du Bénin

¹Dr. Ir. (MC) Samadori Sorotori Honoré BIAOU, LEB/FA/UP, 03 BP 125 Parakou, E-mail : hbiaou@gmail.com, Tél. : (+229)67539535, République du Bénin

¹MSc. Olivier AHOUCANDJINOU, LEB/FA/UP, 03 BP 125 Parakou, E-mail : olienagnon@gmail.com, Tél. : (+229) 97404991, République du Bénin

¹MSc. Sévérin BIAOU, LEB/FA/UP, 03 BP 125 Parakou, E-mail : sbiaou@gmail.com, Tél. : (+229)96918092, République du Bénin

²BSc. Roland Christel SONOUNAMETO, Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi 04 BP 1525 Cotonou, E-mail : fifonsichristel@gmail.com, Tél. : (+229)96615668, République du Bénin

* Corresponding author: E-mail: fiacreahononga@gmail.com

Résumé

L'analyse bibliographique vise à élucider les facteurs d'affectation des terres en lien avec les services écosystémiques et la conservation de la biodiversité. La dégradation et la déforestation sont liées aux facteurs directs et indirects, lesquels amplifient l'érosion de la biodiversité et diminuent l'offre des services écosystémiques. Toutefois, des stratégies dont les mécanismes de réduction des émissions de gaz à effet de serre ont été élaborées pour renforcer les efforts de conservation de la biodiversité et d'atténuation des variabilités climatiques. Bien que des efforts considérables sont faits, il reste cependant des aspects à élucider pour affiner la compréhension de la dégradation et la déforestation pour la préservation durable de la biodiversité et le maintien du bien-être des communautés. Ainsi, une étude sur les changements d'affectation des terres et leurs effets sur les services écosystémiques et la biodiversité apparaît utile pour la mise en place des stratégies de gestion durable de l'environnement.

Mots clés : Utilisation des terres, dégradation, déforestation, perception locale, services écosystémiques

Land use factors and effects on ecosystem services and biodiversity: Literature review

Abstract

The literature review aims to elucidate land use drivers in relation to ecosystem services and biodiversity conservation. Degradation and deforestation are linked to direct and indirect drivers, which amplify biodiversity loss and decrease the supply of ecosystem services. However, strategies including mechanisms to reduce greenhouse gas emissions have been developed to strengthen efforts to conserve biodiversity and mitigate climate variability. Although considerable efforts are being made, however, there are still aspects that need to be elucidated to refine the understanding of degradation and deforestation for the sustainable conservation of biodiversity and the maintenance of community well-being. Thus, a study on land-use change and its effects on ecosystem services and biodiversity appears useful for the implementation of sustainable environmental management strategies.

Key words: land use, degradation, deforestation, local perception, ecosystem services.

Introduction

L'utilisation des terres est étroitement liée au mode de vie, au lieu de vie et aux moyens d'existence des populations. L'occupation et l'utilisation du sol sont des éléments déterminants du fonctionnement de la biosphère et contribuent ainsi à la dynamique du système « Terre ». Pour Turner (1994), l'humanité ne peut se maintenir sans altérer ou transformer son environnement, raison pour laquelle l'utilisation des terres demeure l'une des modifications environnementales d'origine anthropique les plus anciennes (Turner et Bill, 2001). En effet, il y a 200.000 ans à leur apparition, les hommes exerçaient une pression négligeable sur les ressources naturelles (Steffen *et al.*, 2007). Cependant, la rapide croissance démographique jamais enregistrée dans l'histoire du monde a fortement favorisé l'intensification de toutes les activités humaines. Les végétations naturelles ont donc été fortement transformées pour la production agricole, le pâturage et autres types d'usages (Ouedraogo *et al.*, 2010) en vue de répondre à une demande qui ne cesse de croître. Cette anthropisation des écosystèmes a immédiatement généré un changement de la couverture du sol (Bewket et Abebe,

2013) et a entraîné l'altération d'au moins la moitié des surfaces émergées de la Terre (Lambin *et al.*, 2003; Turner, 1994). Cette situation a même suscité dans le rang des géoscientifiques, la création d'un nouveau terme *anthropocène* afin de décrire une nouvelle ère où « l'influence humaine sur l'environnement mondial est devenue si importante et active qu'elle rivalise avec quelques-unes des grandes forces de la nature au niveau de ses impacts sur le fonctionnement de la planète Terre » (Steffen *et al.*, 2011).

Ces changements dans l'occupation et l'utilisation des terres encore appelés changement d'affectation des terres se traduisent par une savanisation et/ou une anthropisation du couvert végétal (Oloukoi, 2017) caractérisée par une forte transformation des savanes, galeries forestières et forêts claires en mosaïques de cultures, jachères et agglomérations (Biaou *et al.*, 2019 ; Agbanou *et al.*, 2018 ; Orékan, 2007). Les conversions et les modifications sont les deux types de changements d'occupation et d'utilisation du sol distingués. Les conversions correspondent au basculement d'une classe d'occupation et d'utilisation du sol à l'autre. Les modifications correspondent à des changements de couverture des sols intra-classes (Baulies *et al.*, 1997 ; Stott et Haines-Young, 1998). En effet, le défrichement des forêts par l'homme pour l'usage de leurs ressources est à l'origine de la perte de vastes surfaces forestières sur la planète. Entre 1990 et 2015, la FAO a rapporté que le couvert forestier terrestre est passé de 31,6% à 30,6% à l'échelle globale alors qu'en Afrique subsaharienne, il est passé de 30,6% à 27,1% (FAO, 2018).

Ces chiffres peuvent aussi masquer des disparités à des échelles beaucoup plus fines où la déforestation et la dégradation des écosystèmes, beaucoup plus alarmantes et frappantes (Biaou *et al.*, 2019), participent à l'érosion d'une bonne partie de la biodiversité. En admettant que les écosystèmes soutiennent environ 80% de la biodiversité mondiale (FAO, 2018), les changements d'affectation des terres sont ainsi attendus comme l'un des moteurs redoutables de l'érosion de la biodiversité ces dernières décennies (Sala *et al.*, 2000 ; Foley *et al.*, 2005 ; MEA, 2005). Dans cette même région de l'Afrique où les systèmes traditionnels d'exploitation agricole sont d'actualité, la dégradation des formations ligneuses, corollaires des changements d'occupation et d'utilisation du sol, se traduit en termes de dégradation des sols avec des modifications sensibles des microclimats (FAO, 2006) et une détérioration des conditions de production.

Plus alarmant encore, les écologistes prédisent que le déclin des habitats provoquerait l'extinction de 50% des espèces, ce qui représente la perte de tout un niveau trophique et tous les services écosystémiques qu'il peut procurer (Dobbs *et al.*, 2011). Néanmoins, cette diversité biologique est cruciale pour les services écosystémiques (Rodríguez-echeverry *et al.*, 2018 ; Wilson *et al.*, 2016 ; Costanza *et al.*, 2007), lesquelles sont définis comme les bienfaits que l'homme tire directement ou indirectement du bon fonctionnement de l'écosystème (MEA, 2005). Tolessa *et al.* (2017) affirment que les changements d'affectation des terres perturbent directement la bonne fourniture de ces services écosystémiques tels que la production de nourriture et de bois, la régulation de l'eau, l'atténuation des catastrophes naturelles et même la capacité des écosystèmes à séquestrer du carbone (Gouwakinnou *et al.*, 2018 ; Houghton et Hackler, 2006). En effet, les flux mondiaux de carbone d'origine terrestre sont attribués aux émissions causées par le déboisement et le changement d'affectation des terres dans les zones tropicales. Le GIEC (2007) a estimé que les changements d'affectation des terres participent à 20% au total des émissions de carbone mondiales d'origine anthropique. Toutefois, d'autres études ont récemment montré que cette contribution varie de 10 à 15% (Friedlingstein et Prentice, 2010 ; Regnier *et al.*, 2013).

Le Bénin à l'instar des pays de la sous-région ouest-africaine subit depuis quelques décennies une baisse de pluie (Hountondji *et al.*, 2008) et des pressions de plus en plus importantes sur les ressources naturelles. Avec un taux d'accroissement de la population de l'ordre de 3,5% (INSAE, 2015) et ses corollaires d'augmentation en besoins de tous genres à satisfaire, les formations forestières sont sous la pression de plus en plus forte de l'agriculture, de l'élevage, de l'exploitation forestière et de l'urbanisation (FAO, 2006). Les forêts sont dans un état de dégradation avancée mettant ainsi en péril la stabilité des écosystèmes et entraînant de ce fait le phénomène de la déforestation dans le pays.

La connaissance des variations spatio-temporelles de l'occupation et de l'utilisation des sols est considérée depuis plusieurs années comme un des éléments-clé permettant d'effectuer des simulations de l'évolution des climats, notamment à partir de l'exploitation de longues séries d'images satellitaires (Han *et al.*, 2004). Le suivi des changements d'occupation et d'utilisation des terres tient alors une place de plus en plus importante dans l'analyse de la dynamique du système terrestre. Dans le contexte des changements climatiques perceptibles actuellement, il représente un enjeu important pour l'atteinte des objectifs de développement durable. Ainsi, une meilleure compréhension des facteurs liés à une affectation de sol en favoriserait sa gestion optimale. L'analyse du suivi de

l'occupation et de l'utilisation du sol permet d'identifier les facteurs qui sont le fruit de processus anthropiques et de processus naturels. L'identification des facteurs du changement d'affectation et d'utilisation des terres et leurs effets sur les services que fournissent les écosystèmes s'avèrent urgents pour attirer l'attention sur le paysage largement dépendant des pratiques culturelles non durables. L'objectif du travail est une synthèse bibliographique sur les changements d'affectation des terres et ses liens avec la conservation de la biodiversité et la fourniture des services écosystémiques.

Méthodologie

Une recherche documentaire a été effectuée sur les moteurs de recherches Google scholar (www.scholar.google.fr) et agora (www.fao/agora.org). La base des données Scopus dans agora a été explorée avec les mots clés suivants : ecosystem service ; biodiversity ; carbonstorage ; ecosystemmapping ; local perception ; community knowlege. Un total de 194 articles publiés liés aux concepts de changement d'affectation des terres en lien avec les services écosystémiques et la biodiversité de 1997 à 2020 ont été retenus. Les données relatives aux articles ont été exportées sous le logiciel R. Le package bibliometirx (Aria et Cuccurullo, 2017) a servi pour générer le graphique de la variation spatio-temporelle des publications.

Résultats et discussion

Variation temporelle des publications

Le nombre d'articles sur les aspects de l'affectation des terres en lien avec les services écosystémiques et la biodiversité a connu une augmentation de façon générale (Figure 1) avec quelques fluctuations. Environ 58,24% des articles collectés dans la base de données Scopus étaient publiés de 2007 à 2017. Le nombre de productions était plus élevé en 2016 soit 21 articles. De 2018 à 2020, 32 articles représentant 35,05% des articles collectés ont été publiés en 2019. La période de 1997 à 2006 ne représente que 6,7% de la production collectée avec un article en 1997 et en 2002. Aucun article n'a été publié entre 1998 et 1999.

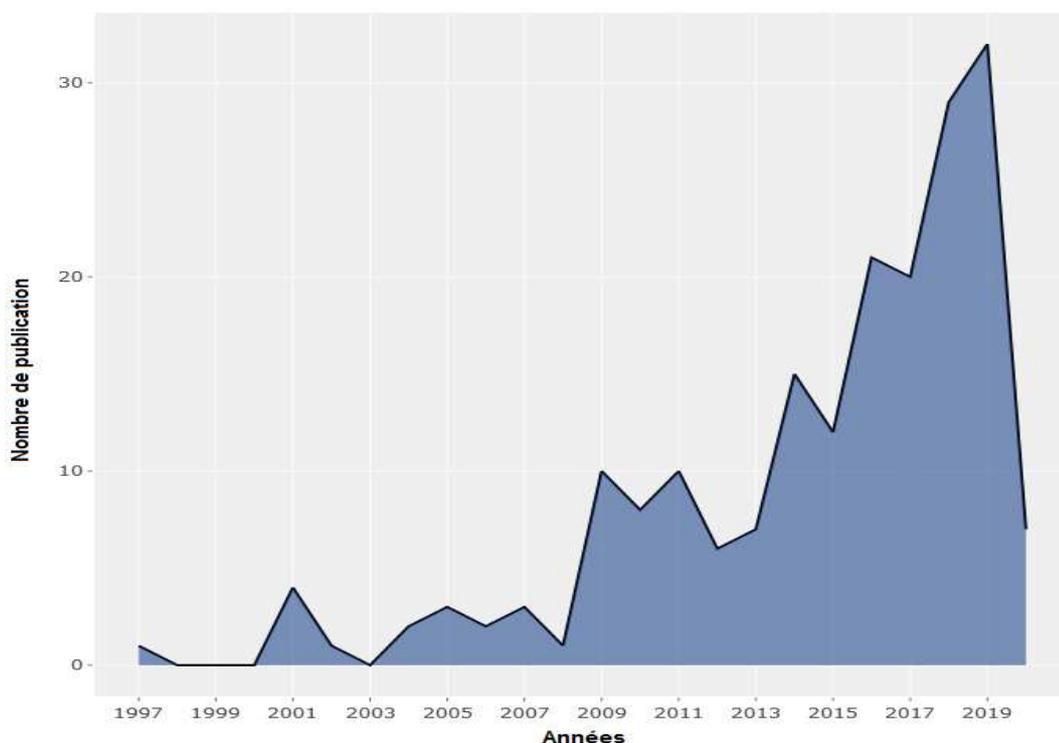


Figure 1. Variation temporelle des publications sur l'affectation des terres, services écosystémiques et la biodiversité

Variation spatiale des publications

Les 194 publications sont réparties dans le monde. La plupart de ces publications proviennent de l'Amérique, suivie de l'Asie, de l'Europe et enfin de l'Afrique (Figure 2). En Afrique, le Bénin ($n = 13$) suivi du Zimbabwe ($n = 5$) a connu un plus grand nombre de publications liées à ce concept (Figure 2).

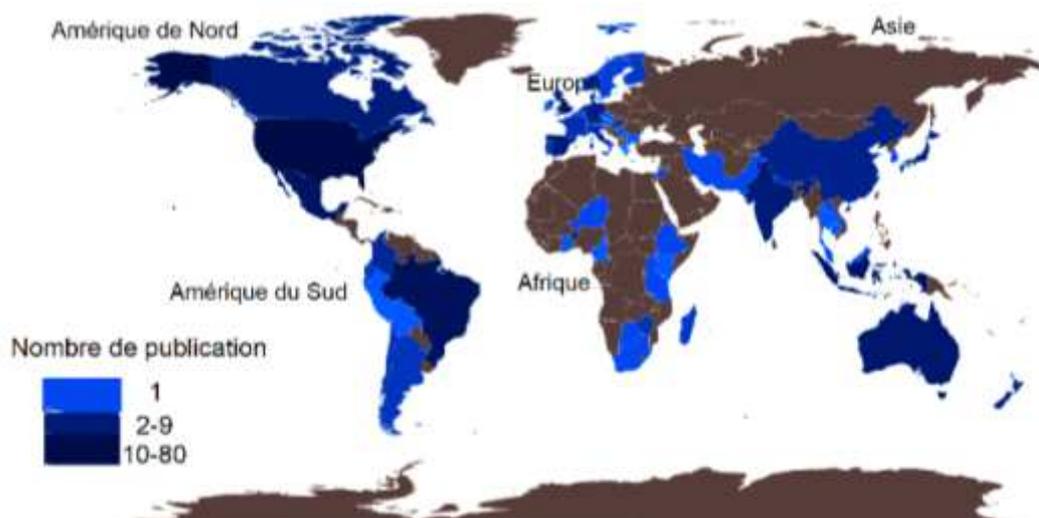


Figure 2. Variation spatiale des publications sur l'affectation des terres, services écosystémiques et la biodiversité

Facteurs de dégradation et de déforestation des forêts tropicales

La déforestation est le phénomène de réduction des surfaces de forêt. Une déforestation survient lorsque des surfaces de forêt sont définitivement perdues (ou au moins perdues sur le long terme) au profit d'autres usages comme l'agriculture, l'urbanisation ou les activités minières. Kanninen *et al.* (2007), soulignent que la déforestation est le passage de la classe d'occupation forêt vers une autre forme d'occupation le plus souvent anthropique (champs, plantation, urbanisation, etc.) ou une perte d'au moins dix pour cent du couvert forestier sur le long terme. Cette perte de surface forestière s'accompagne naturellement d'une réduction de la biodiversité et même de la disparition de certaines espèces inféodées à ces habitats et jusque-là non identifiées. Malheureusement, les grands massifs forestiers tropicaux, réservoir d'une grande partie de la biodiversité mondiale, sont de plus en plus soumis à cette déforestation. Dans le bassin du Congo, le taux de déforestation est de 0,15% alors qu'en Amérique tropicale et en Asie tropicale, il est respectivement de 0,51% et 0,58% (Bellassen *et al.*, 2008). Au-delà, de cette différence de taux de déforestation, les moteurs de la déforestation restent peu variables d'un massif à l'autre. Dans la littérature, sont distinguées des causes directes de la déforestation de celles dites indirectes (Kissinger *et al.*, 2012 ; Geist et Lambin, 2002). Agissant à des échelles locales, les causes directes sont essentiellement les activités anthropiques affectant directement le couvert forestier (Geist et Lambin, 2002). Elles sont regroupées en les trois grandes catégories suivantes (Geist et Lambin, 2002; Kissinger *et al.*, 2012) : l'expansion de l'agriculture ; l'extraction du bois ; l'expansion des infrastructures. En effet, l'agriculture, responsable d'environ 80% de la déforestation dans le monde (Kissinger *et al.*, 2012), est identifiée comme la cause majeure de la déforestation des forêts tropicales (Geist et Lambin, 2002 ; Kissinger *et al.*, 2012). Elle se pratique sous deux formes suivantes (Gillet *et al.*, 2016) : (i) l'agriculture familiale ou agriculture itinérante sur brûlis beaucoup plus présente en Afrique tropicale où elle participe activement à la disparition de la forêt tropicale humide ; (ii) la culture semi-permanente ou permanente incluant l'élevage à grande échelle ravageant de vastes espaces forestières généralement pratiquée en Amazonie et Asie du Sud-est. L'extraction du bois constitue la seconde cause de la déforestation tropicale. En effet, le bois apparaît comme l'un des combustibles les plus utilisés sous les tropiques. A cet effet, la FAO (2006) estime que plus de 80 à 90% des bois prélevés en Afrique et Asie du Sud-Est sont destinés à la cuisson ou pour servir de bois de chauffe. Pour Ozer (2004), la combustion du bois fournit l'énergie nécessaire pour la cuisson des aliments et la transformation des produits agricoles. Enfin, l'expansion des infrastructures à travers le développement des infrastructures de transport nécessitant une destruction complète du couvert forestier et l'urbanisation amplifient la pression sur les ressources forestières du fait de l'augmentation de la demande urbaine. Aussi, Gillet *et al.* (2016) ont-ils récemment rapporté que la qualité du sol et les problèmes sociaux constituent aussi d'autres causes directes de la déforestation des forêts tropicales.

La déforestation tropicale est aussi expliquée par des facteurs sous-jacents qui supportent et complexifient les relations entre les facteurs directs de la déforestation des forêts tropicales (Geist et Lambin, 2002). Il s'agit des facteurs économiques, institutionnels, technologiques et démographiques. Les facteurs économiques constituent de loin ceux les plus déterminants dans la déforestation (Geist et Lambin, 2002). A une échelle nationale, l'économie repose sur le secteur primaire caractérisé par

l'exploitation des ressources naturelles (extraction de bois, exploitation minière, agriculture, etc.) et qui fournisse les matières premières au secteur industriel. L'exploitation des ressources avec pour conséquence la dégradation environnementale est donc proportionnelle à la croissance économique nationale (Gillet *et al.*, 2016). A une échelle globale, la demande en produits de première nécessité (bois de construction, fruits exotiques, fibres vestimentaires, etc.) constitue le facteur économique participant le plus à la déforestation en incitant une forte conversion des forêts et une intensification agricole (Carr *et al.*, 2005). A côté des facteurs économiques, les facteurs démographiques étaient aussi perçus comme l'un des facteurs sous-jacents majeurs de la déforestation (Wibowo et Byron, 1999 ; Geist et Lambin, 2002 ; Obersteiner *et al.*, 2009). En effet, une augmentation de la population à travers un taux de natalité élevé ou l'exode rural entraîne une expansion des espaces agricoles et une déforestation à travers la colonisation de nouveaux espaces forestiers. Ainsi, la pression démographique est donc identifiée comme une menace inquiétante pour les ressources naturelles (Amoussou *et al.*, 2012). Les facteurs technologiques quant à eux favorisent une exploitation de plus en plus importante et sélective des ressources naturelles grâce aux prouesses technologiques (Carr *et al.*, 2005). Enfin, les facteurs institutionnels regroupent les mesures politiques qui visent une croissance économique au détriment de la forêt. Il s'agit à titre illustratif de l'ouverture de route dans la forêt amazonienne avec pour but la colonisation agricole (Demaze, 2008) ou encore la politique de conversion des forêts en terres arables afin de promouvoir la croissance économique, la modernisation agricole et l'élévation du niveau de vie (Lambin *et al.*, 2001). Toutefois, qu'ils s'agissent de facteurs directs ou sous-jacents, ils concourent tous à la dégradation et/ou à la déforestation des écosystèmes et par ricochet à la perte de la biodiversité et des services écosystémiques fournis par les écosystèmes et indispensables au bien-être des populations.

Mécanismes de lutte contre les émissions dues à la dégradation et la déforestation

Les changements d'affectation des terres à travers la déforestation et la dégradation des forêts sont responsables de l'émission dans l'atmosphère des gaz à effet de serre dont le plus quantifié est le dioxyde de carbone (CO₂). D'abord estimée entre 20 à 25% selon le 4^{ème} rapport du GIEC (2007), la déforestation représente actuellement 12 à 15% des émissions mondiales de CO₂ d'origine anthropique (Friedlingstein et Prentice, 2010 ; Regnier *et al.*, 2013). Face à ce constat, la gestion durable des forêts va permettre non seulement la conservation des ressources naturelles, mais aussi va contribuer à l'augmentation de la quantité du carbone évité. La mutualisation des efforts de réflexions dans le cadre de la convention sur le changement climatique et le protocole de Kyoto a abouti à la naissance du mécanisme de Réduction des Emissions de gaz à effet de serre dues à la Déforestation et à la Dégradation forestière (REDD). Le REDD est « un mécanisme volontaire qui vise à inciter des pays en développement à adopter des mesures pour réduire la déforestation, étant entendu que les pays qui vont parvenir à réduire effectivement la déforestation vont être récompensés soit par des crédits carbone, soit financièrement par un fond international créé à cet effet » (Karsenty et Pirard, 2007). Ainsi, il y a une nécessité de quantifier la déforestation et le carbone émis ou évité pour une meilleure atteinte des objectifs du REDD. La télédétection de la déforestation et de l'exploitation forestière apparaît alors comme un outil de référence dans l'exercice de la quantification de la déforestation évitée et des émissions des gaz à effet de serre associées à cette déforestation évitée. A travers la télédétection de la déforestation, des cartes du couvert végétal sont produites à des échelles globales, continentales et régionales à partir d'images fournies par des capteurs à large champ et d'enregistrements à des résolutions spatiales plus hautes telles Landsat MSS et TM, Spot XS (DeFries *et al.*, 2007) pour valider les interprétations et classification. Elle permet notamment d'identifier des hotspots de la déforestation et d'utiliser de façon exclusive des images Landsat MSS et TM, Spot XS sur des sites échantillons pour ensuite effectuer une extrapolation (Demaze, 2011). La télédétection de l'exploitation forestière quant à elle permet à partir des classifications d'images Landsat ETM+ et Spot, complétées par l'analyse des textures et les mesures de terrain de caractériser l'exploitation forestière en identifiant les poches d'exploitation sélective. Avec ces outils de la télédétection, des systèmes de monitoring existent dans certains pays (Brésil, Inde, etc.) pour assurer le suivi des surfaces forestières et celles déforestées pour faciliter la mise en œuvre du REDD.

Approche d'évaluation des services écosystémiques

L'évaluation des services écosystémiques issus du fonctionnement des écosystèmes est une approche complexe (James *et al.*, 2009 ; Bastian *et al.*, 2012). Certains chercheurs ont adopté une méthode d'estimation monétaire des bénéfices alors que d'autres considèrent les potentiels biophysiques, écologiques et socioéconomiques illustrés par Pickett *et al.* (2008). Toutefois, c'est une approche transversale plus englobante qui est recommandée (James *et al.*, 2009 ; Jim, 2011). L'approche transversale considère l'intérêt et la difficulté d'introduire des logiques et des approches

pluridisciplinaires aussi bien pour examiner le fonctionnement de tels écosystèmes que pour quantifier et évaluer les services écosystémiques. Deux approches sont considérées ici pour étudier les services écosystémiques rendus à la société.

L'approche ascendante par habitat qui malgré son importance, est très peu développée (de Groot *et al.*, 2010). Elle consiste à caractériser les habitats, évaluer leur potentiel écologique à travers le fonctionnement et orienter les pratiques d'aménagement et de gestion vers une optimisation de production des services écosystémiques (Haines-Young et Potschin, 2010). L'avantage de cette approche est qu'elle traite aussi de l'impact sur la production des services écosystémiques des facteurs anthropiques tels que la gestion et l'artificialisation des terres (de Groot *et al.*, 2010 ; Dobbs *et al.*, 2011).

La seconde approche dénommée « approche descendante par services écosystémiques » est souvent utilisée, se focalise sur l'identification des formations végétales capables de fournir certains services écosystémiques (Haines-Young et Potschin, 2010). Les services écosystémiques sont sélectionnés d'une manière non exhaustive à partir de travaux scientifiques. Le choix des services écosystémiques, lorsqu'il se réfère aux intérêts sociopolitiques, se fait par exemple en fonction des objectifs de planification. Les enquêtes sont utilisées pour caractériser leurs motivations et leurs pratiques (Young, 2010) et identifier les services écosystémiques les plus pertinents pour une communauté d'acteurs (DEFRA, 2007). La limite de cette approche est qu'elle n'examine pas le fonctionnement des écosystèmes. Qu'il s'agisse d'une approche ascendante ou descendante, de nombreux indicateurs sont choisis tels que la valeur monétaire, l'impact des services écosystémiques sur le bien-être social et l'effet physico-chimique sur l'environnement pour quantifier la purification de l'air (Gomez-Baggethun *et al.*, 2013 ; Dobbs *et al.*, 2011).

Cartographie de la distribution spatiale des services écosystémiques

Disposer d'information spatialisée est un enjeu majeur dans l'analyse de données relatives à l'état du milieu, à la biodiversité ou aux processus environnementaux. La territorialisation des problématiques liées aux services écosystémiques pose des problèmes conceptuels mais aussi méthodologiques. La cartographie ou la modélisation fait appel à l'analyse d'un système complexe tant dans sa structure que dans ses processus et engendre de manière inévitable certaines incertitudes dans les démarches adoptées (Hay *et al.*, 2002). Cependant, il est nécessaire de savoir où sont générés et où sont reçus les services pour une compréhension et une gestion optimale. La spatialisation des services écosystémiques est très peu développée (Nemec et Raudsepp-Hearne, 2013) et n'a connu un fort développement réel qu'à partir de 2005. En effet, le processus est complexe à mettre en place, ne serait-ce que pour passer d'un processus local à un service dont la portée spatiale est plus importante (Burkhard *et al.*, 2012). Le service écosystémique étant un profit matériel ou moral, il est un intermédiaire entre le capital naturel et le bénéfice anthropique. D'un point de vue spatial, le bénéfice devient en toute logique l'objet à spatialiser et à représenter. Du fait de la complexité du bénéfice à spatialiser, il est alors impossible selon Le Clec'h *et al.* (2014) de spatialiser de façon systématique un service écosystémique. Afin de contourner cette difficulté, d'autres définitions sont proposées. C'est le cas de Mathian et Sanders (2014) qui désignent les services écosystémiques comme « les conditions et processus écologiques qui assurent le bien-être ». Il en est de même pour Troy et Wilson (2006) qui ont stipulé que les services écosystémiques sont les « composants écologiques directement consommés ou appréciés pour réaliser le bien-être humain ». Ces propositions de définition possèdent une portée spatiale et une réalité temporelle puisqu'elles connaissent des évolutions objectivement quantifiables. Elles permettent de dépasser la complexité des perceptions des populations qui peuvent varier d'un individu à un autre, d'un site à un autre en s'intéressant à l'objet qui délivre et non à ce qui reçoit le service écosystémique. Aussi, identifient-elles l'objet spatial et il est souvent plus facile de représenter le fournisseur du service écosystémique (structure ou fonction/processus) que de représenter le bénéficiaire (valeurs sociales ou d'usage). La cartographie des services écosystémiques donne la possibilité de connaître et de suivre les impacts des différents facteurs de la déforestation et de dégradation afin de mettre en place des stratégies d'amélioration et de suivi du plan d'affectation du territoire. Les services écosystémiques sont évalués par l'intermédiaire d'indicateurs simples de processus biophysique. La cartographie résultante reposera alors sur des indicateurs quantifiables et spatialisables, accessibles par télédétection.

Les services de régulation constituent la catégorie la plus cartographiée, puis les services d'approvisionnement et culturels. Cette dernière n'est pas facilement identifiable car elle est liée particulièrement à des contextes socio-culturels et à une valeur non marchande. Quant à la catégorie des services de support, elle est la moins représentée parce que les services sont indirectement liés à l'homme. Concernant les services écosystémiques, ce sont la séquestration et le stockage du carbone, la régulation du climat, la production alimentaire, les loisirs, la fourniture du bois, la fourniture

en eau ainsi que la qualité de l'eau qui sont les plus souvent cartographiés (Martinez-Harms et Balvanera, 2012).

Relation entre services écosystémiques et biodiversité

L'importance des biens et services des écosystèmes (services d'approvisionnement, de régulation, de support et culturels) dans les moyens de subsistance et le bien-être des populations est largement admise (MEA, 2005). La description, la catégorisation, l'identification des menaces et surtout l'évaluation économique des services écosystémiques ont fait l'objet de plusieurs études antérieures. Cependant, dans un contexte de fortes pressions anthropiques sur les écosystèmes, le rôle de la biodiversité dans les processus écologiques qui sous-tendent la fourniture de ces services écosystémiques est de plus en plus quantifié (Harrington *et al.*, 2010 ; MEA, 2005 ; de Groot *et al.*, 2002 ; Costanza *et al.*, 1997 ; Daily, 1997). Ainsi, les recherches sur la relation biodiversité-services écosystémiques ont connu un regain d'attention ces dernières années (Harrison *et al.*, 2014) à travers notamment l'étude de la contribution de différentes caractéristiques de la biodiversité dans la fourniture des services écosystémiques. La complexité des liens entre la biodiversité et les services écosystémiques a nécessité une analyse à (i) échelle des composantes de la biodiversité et (ii) caractéristiques de la biodiversité donc à deux niveaux.

Les services écosystémiques sont le résultat de plusieurs fonctions remplies collectivement par différentes composantes de la biodiversité notamment la ou les populations d'espèce, les espèces, les guildes et les habitats. Ces derniers ont été identifiés comme des fournisseurs de services écosystémiques (Ecosystem Services Providers, ESP en anglais), lesquelles sont indispensables dans la connaissance écologique des biens et services des écosystèmes (Kremen, 2005). Ces ESP favorisent la fourniture de plusieurs services écosystémiques. Ainsi, les services d'approvisionnement sont assurés d'une part par la présence d'espèces spécifiques pour les services de fourniture de bois et de poisson par exemple et d'autre part ils sont assurés à l'échelle des habitats pour les services tels que la purification des eaux (Harrison *et al.*, 2014). Les services de régulation sont en général assurés par des groupes fonctionnels particuliers ou guildes ; par exemple les insectes pollinisateurs pour la pollinisation ou les oiseaux insectivores dans la gestion des ravageurs (Harrison *et al.*, 2014). Les services culturels quant à eux sont remplis à l'échelle des habitats pour la beauté du paysage ou par des espèces spécifiques pour les services de récréation.

De la même manière, il est démontré que plusieurs attributs de la biodiversité tels que la richesse spécifique, l'abondance d'espèces, l'environnement et la structure des habitats, l'âge des habitats, la biomasse et la densité interviennent dans la fourniture des services écosystémiques à travers leurs relations avec les ESP. La majorité de ces attributs de la biodiversité entretient des liens positifs avec les ESP contribuant ainsi à la bonne fourniture des biens et services. Toutefois, des relations négatives sont identifiées entre certains attributs de la biodiversité et les ESP inhibant certains services écosystémiques. Il s'agit notamment du rapide développement des espèces invasives qui affectent négativement la circulation de l'eau (Webb et Erskine, 2003) ou des espèces qui s'opposent à la séquestration du carbone ou encore participent à la réduction de la pollinisation (Muñoz et Cavieres, 2008).

Impacts du changement d'affectation des terres sur l'offre des services écosystémiques et la biodiversité

Les types d'utilisation des terres affectent la structure et les fonctions des écosystèmes et par ricochet impactent la capacité de ces derniers à fournir les biens et services vitaux pour les Hommes (de Groot *et al.*, 2002; Styers *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2017). Pour d'autres auteurs, les services écosystémiques et les types d'utilisation des terres sont intimement liés et interdépendants (Lang et Song, 2019; Song et Deng, 2015). Ainsi, la conversion des forêts naturelles en terres agricoles ou autres types d'utilisation anthropique affaiblit l'habileté des écosystèmes à fournir leurs multiples services, et ces changements dans la fourniture des services écosystémiques diminuent la fertilité des sols et amplifient l'érosion des sols (Lang et Song, 2019). Cependant, même si généralement l'anthropisation des écosystèmes impacte négativement la fourniture des services écosystémiques, plusieurs études récentes sont parvenues au fait que l'impact des changements d'utilisation des terres sur les services écosystémiques n'est toujours pas négatif. Certains types d'utilisation des terres peuvent réduire la fourniture d'un type de service écosystémique pendant qu'il améliore par contre un autre service spécifique fourni par les écosystèmes (Kindu *et al.*, 2016 ; Leh *et al.*, 2013). Ainsi, sous la pression des utilisations anthropiques, il est généralement observé une amélioration des services de fourniture de l'eau, mais au contraire les services d'approvisionnement en aliments sauvages, les services de récréation et les services de régulations des catastrophes naturelles connaissent quant à eux des réductions (Nahuelhual *et al.*, 2014). Dans un contexte de développement de l'agroforesterie

entre 2005-2009 pour la culture du cacao, de l'anacarde et du karité au Ghana et en Côte d'Ivoire, Leh *et al.* (2013) ont également constaté l'amélioration dans la fourniture de l'eau, mais au contraire une dégradation de la qualité de celle-ci marquée par la présence de chlorure, de détritres d'azote, une perte de la biodiversité et une réduction du service de séquestration du carbone. La perte de plusieurs autres services écosystémiques causés par les changements d'utilisation des terres a également été rapportée. Il s'agit notamment de la pollinisation (Ricketts *et al.*, 2008 ; Steffan-Dewenter et Westphal, 2008) et de la séquestration de carbone (Gouwakinnou *et al.*, 2018 ; Kirby et Potvin, 2007 ; Houghton et Hackler, 2006). Simonneaux *et al.* (2015) en soumettant l'évolution de l'érosion du sol aux scénarii du changement d'utilisation des terres et du changement climatique a constaté que l'érosion du sol causée par les changements d'utilisation des terres est plus significative par rapport à celle des changements climatiques. Les résultats de Song et Deng (2017) révèlent qu'un taux d'utilisation des terres de 1% conduit à des variations de l'ordre de 0,10% à 0,15% dans la valeur des services écosystémiques. Enfin, investiguant sur l'impact des changements d'utilisation des terres sur les services de récréation et d'écotourisme en Chili, Nahuelhual *et al.* (2014) sont parvenus à la conclusion que les changements d'utilisation des terres ont provoqué une baisse drastique de plus de 60% des visiteurs de l'île Chilolé et la Commune de Ancuddu fait de la conversion des forêts primaires en forêts secondaires marquée par la perte des précieuses espèces de flore et de faune emblématiques.

Importance de la perception locale des services écosystémiques dans la politique de gestion forestière

Une meilleure compréhension de la contribution des services écosystémiques au bien-être des Hommes nécessite une combinaison de critères écologiques, économiques, mais aussi une évaluation sociale (Cuni-Sanchez *et al.*, 2016) et une prise en compte des perceptions locales (de Groot *et al.*, 2002). En effet, la perception qui n'est rien d'autre le résultat de l'application d'une connaissance à une situation donnée (Leeuwis et Van den Ban, 2004) est capitale pour une pleine connaissance de l'importance des écosystèmes et de leurs fonctions pour les populations. Ces perceptions forgent les attitudes, lesquelles influencent les comportements et la motivation des communautés dans les initiatives de conservation et de gestion forestière. Vodouhê *et al.* (2010) caricaturent en ces termes : « face à la diminution des plantes jugées utiles par un individu dans sa région et selon l'importance qu'il accorde à ces espèces, il développera des stratégies pour assurer leur pérennité ». Ainsi, la connaissance des perceptions locales des bienfaits fournis par les écosystèmes est primordiale pour évaluer l'adhésion des populations aux politiques de gestion forestière et par ricochet influence la réussite des projets de gestion des forêts. Plusieurs auteurs en étudiant la perception des communautés autour des forêts rapportent que la faible participation de la population dans la gestion forestière est liée au fait que les populations perçoivent plus les services tangibles (services d'approvisionnement) contrairement aux services intangibles qui sous-tendent les fonctions des écosystèmes (Ouko *et al.*, 2018 ; Gouwakinou *et al.*, 2019 ; Moutouama *et al.*, 2019 ; Mensah *et al.*, 2017). Les évaluations des perceptions des populations locales à l'égard des services écosystémiques ajoutent au corpus croissant de connaissances pertinentes aux politiques sur les relations homme-nature.

Implication future des études sur l'impact des services écosystémiques et la biodiversité

L'intégration croissante de la notion de services écosystémiques aux politiques publiques et aux discours sur l'environnement relance les débats sur les rapports entre société et environnement par le prisme des questions de développement. Il est admis que la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique revêtent la plus haute importance pour la satisfaction des besoins alimentaires, sanitaires et autres de la population, mais surtout qu'elles fournissent de multiples biens/services qui sous-tendent la plupart des activités économiques sur la planète. Or les questions de dégradation des écosystèmes et de la biodiversité s'affichent comme préoccupation majeure pour les gestionnaires de l'environnement (Liu *et al.*, 2019). A cela s'ajoute le climat qui fait également objet de nombreuses tentatives de régulation. En effet, un faisceau de données scientifiques converge pour souligner l'importance de la dégradation de la biodiversité à l'échelle mondiale notamment sous l'effet de l'anthropisation des écosystèmes (Liu *et al.*, 2019 ; Fletcher *et al.*, 2018 ; Mendenhall *et al.*, 2016 ; Bush *et al.*, 2013 ; Amoussou *et al.*, 2012 ; Hu *et al.*, 2011). Cependant, on ne peut occulter le fait que l'intérêt suscité par ces questions tient aussi à la conviction, chez les acteurs de la biodiversité, qu'ils peuvent participer voire proposer potentiellement un ensemble de règles susceptibles d'assurer la préservation des ressources, et ainsi permettre une utilisation plus raisonnée des services délivrés par les écosystèmes. Les services écosystémiques sont devenus, au cours de ces dernières années, un concept utilisé de manière récurrente dans les politiques de préservation de la biodiversité.

Comprendre comment les actions anthropiques façonnent la disponibilité des services et biens qu'offrent les écosystèmes revient alors à comprendre comment les pressions anthropiques concourent à la dégradation et à la perte de la biodiversité (Polasky *et al.*, 2011 ; Cristian *et al.*, 2018). De ce fait, il s'avère important de conduire des études de caractérisation de la biodiversité des différentes classes d'occupation des sols afin d'évaluer la dynamique, mais aussi d'apprécier les menaces anthropiques, le tout dans une perspective d'aménagement et de gestion durable des ressources végétales. Ainsi, les études futures pourraient contribuer à combler le gap de connaissances scientifiques en élucidant par exemple le comportement des communautés locales vis-à-vis des services écosystémiques, les conditions de conciliations de l'utilisation de ces services, la conservation de la biodiversité et de ces habitats. La préservation de ces habitats permettra une conservation de la diversité biologique, mais également le renforcement de la résilience des populations en face des effets néfastes des changements climatiques. Cela interpelle donc les gestionnaires à la base à mettre en place une politique de sensibilisation et de formation sur la conservation de la biodiversité et son importance dans le bien-être socio-économique de la population. Ces mesures doivent se baser sur la gestion intégrée du territoire qui nécessite la compréhension des processus physique et biologique ainsi que la prise en compte des différents acteurs socioprofessionnels et culturels.

Conclusion

Les facteurs de dégradation et de déforestation des forêts sont liés aux pressions anthropiques qui affectent directement ou indirectement la biodiversité. Malgré la grande diversité biologique des écosystèmes tropicaux, les moteurs de dégradation et de déforestation varient peu selon les régions. Dans un contexte de fortes pressions anthropiques sur les écosystèmes, le rôle de la biodiversité dans les processus écologiques qui sous-tendent la fourniture des services écosystémiques est de plus en plus quantifié. Ainsi, la complexité des liens entre la biodiversité et les services écosystémiques fait appel à une analyse à différents niveaux ; d'une part à l'échelle des composantes de la biodiversité et d'autre part avec les caractéristiques de la biodiversité. Leur évaluation doit rester contextuelle et s'appuyer dans la mesure du possible sur une connaissance des enjeux et des savoirs locaux.

La synthèse documentaire permet de noter que l'impact des changements d'utilisation des terres sur les services écosystémiques n'est pas toujours négatif. Sur la base des analyses précédentes, il paraît judicieux dans une étude d'affectation des terres et de la vulnérabilité de la biodiversité et par conséquent des services écosystémiques de combiner les approches spatiale et fonctionnelle à travers des critères écologiques, économiques, mais aussi une évaluation sociale et une prise en compte des perceptions locales. Enfin, l'approche spatiale et statistique va permettre de tester les résultats issus des perceptions des acteurs locaux sur la dégradation, la déforestation et les services écosystémiques que fournissent les écosystèmes à travers leur biodiversité.

Références bibliographiques

- Agbanou T., D. Abdoulaye, G. Abib Sabi Orou Bogo, M. Paegelow, B. Tenté B, 2018 : Variabilité pluviométrique et son impact sur le couvert végétal dans le secteur Natitingou-Boukombé au nord-ouest du Bénin. *Afrique Science* 14(3) (2018) 182-191
- Amoussou, L.L., T.O. Lougbégnon, B.A. Djossa, F.C. Kidjo, G.A. Mensah, 2012 : Analyse de la pression anthropique et son effet sur la biodiversité des sites à ériger en réserves de faune au Sud-Bénin. *Bul. Rec. Agro. Bénin (BRAB) N. Spécial Elevage et Faune*. 22-27.
- Aria, M., Cuccurullo, C., 2017: Bibliometrix : An R-COOL for comprehensive science mapping analysis, *Journal of informetrics*, 11(4), 959-975
- Bastian, O., D. Haase, K. Grunewald, 2012: "Ecosystem properties, potentials and services –The EPPS conceptual framework and an urban application example", *Ecological Indicators*, vol. 21, 7-16.
- Baulies, X., Szejwach, G., 1997: "LUCC Data Requirement Workshop: Survey of needs, gaps and priorities on data for land use/land cover change research". Barcelon, Espagne, IGBP/IHDP-LUCC, 143 p.
- Bellassen, V., R. Crassous, L. Dietzsch, S. Schwartzman, 2008 : Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts : quelle contribution de la part des marchés du carbone. *Etud. Climat*, 14-43
- Bewket, W., Abebe, S., 2013: Land-use and land-cover change and its environmental implications in a tropical highland watershed, Ethiopia. *International Journal of Environmental Studies*. 70(1): 126-39. <https://doi.org/10.1080/00207233.2012.755765>

- Biaou S., F. Houeto, G. Gouwakinnou, H. S. S. Biaou, B. Awessou, S. Tovihessi, Tete R., 2019 : Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin. In Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique p. 1–20. Cotonou, Bénin: hal-02189367
- Burkhard, B., F. Kroll, S. Nedkov, F. Müller, 2012: Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17–29.
- Bush, S.E., M. Reed, S. Maher, 2013: Impact of forest size on parasite biodiversity: implications for conservation of hosts and parasites. *Biodiversity and Conservation* 22, 1391–1404.
- Carr, D.L., L. Suter, A. Barbieri, 2005: Population dynamics and tropical deforestation: state of the debate and conceptual challenges. *Population and environment*. 27(1): 89–113.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*. 387(6630): 253–260.
- Costanza, R., B. Fisher, K. Mulder, S. Liu, T. Christopher, 2007: Biodiversity and ecosystem services : A multi-scale empirical study of the relationship between species richness and net primary production. *Ecological Economics*. 61: 478 – 491.
- Cristian, J. R., E. Carlos, L. Morales, 2018: Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forests. *Landscape Ecology*, 33(3), 439–453. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0612-5>
- Cuni-Sanchez, A., M. Pfeifer, R. Marchant, N.D. Burgess, 2016: Ethnic and locational differences in ecosystem service values: Insights from the communities in forest islands in the desert. *Ecosystem Services*. 19: 42–50.
- Daily, G.C. 1997: *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC. 392 p.
- DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs), 2007: Case study to develop tools and methodologies to deliver an ecosystem approach, Department for Environment, Food and Rural Affairs, <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=14753>
- DeFries, R., F. Achard, S. Brown, M. Herold, D. Murdiyarsa, B. Schlamadinger, Jr C. de Souza, 2007: Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries. *Environmental science & policy*. 10(4): 385–394.
- De Groot, R.S., M.A. Wilson, R.M. Boumans, 2002: A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*. 41(3): 393–408.
- De Groot, R. S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, L. Willemsen, 2010: Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, vol. 7, no 3, 260-272.
- Demaze, M.T., 2008: Quand le développement prime sur l'environnement: la déforestation en Amazonie brésilienne. *Mondes en développement*. (3): 97–116.
- Demaze, M.T., 2011 : La télédétection en tant qu'outil de mesure de la réduction de la déforestation (REDD). *Revue télédétection, recherche et application*, 2011, volume 9 (3-4), pp. 245- 257. [halshs-00576114](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00576114).
- Dobbs, C., F.J. Escobedo, C. Wayne, W.C. Zipperer, 2011: A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*, vol. 99, no 3-4, p. 196-206.
- FAO, 2006 : *Evaluation des ressources forestières mondiales 2005*. Etude FAO: forêts. Rome 147p.
- FAO, 2018 : *La situation des forêts du monde. Les forêts au service du développement durable*, 158p.
- Foley, J. A., R. Defries, G. P Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. Colin Prentice, N. Ramankutty, P. K. Snyder, 2005: Global consequences of land use. *309(5734):570-4*. PMID: 16040698 DOI: 10.1126/science.1111772. doi: 10.1126/science.1111772.
- Friedlingstein, P., Prentice, I.C., 2010: Carbon–climate feedbacks: a review of model and observation based estimates. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2(4): 251–257.
- Geist, H.J., Lambin, E.F., 2002: Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*. 52(2): 143–150.
- GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), 2007: *Bilan des changements climatiques. Conséquences, adaptation et vulnérabilité*. ISBN 92-9169-221-2.116 p.
- Gillet, P., C. Vermeulen, L. Feintrenie, H. Dessard, C. Garcia, 2016 : Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo? Synthèse bibliographique et études de cas. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 20(2): 183–194.
- Gómez-Baggethun, E., A. Gren, D.N. Barton, J. Langemeyer, T. McPhearson, P. O'Farrell, E. Andersson, Z. Hamstead, P. Kremer , 2013: Urban Ecosystem Services. in ELMQVIST, T., M. Fragkias, J. Goodness, B. Güneralp, P.J. Marcotullio, R.I. McDonald, S. Parnell, M. Schewenius, M. Sendstad, K.C. Seto et C. Wilkinson (Ed.), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services : Challenges and Opportunities*. New York-London, Springer, pp. 175-251.

Gouwakinnou, G.N., S. Biaou, S.S.H. Biaou, O.F. Houéto, 2018 : Effet des changements d'occupation des terres sur le flux du carbone : un exemple des forêts classées de l'Alibori-supérieur et de Ouénou-Bénou au Bénin. In: Images satellitaires pour un meilleur aménagement des territoires et une gestion durable de la biodiversité, p. 153–172.

Haines-Young, R.H., Potschin, M., 2010: The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being In: Raffaelli D and Frid C (eds) Ecosystem Ecology: A New Synthesis. BES Ecological Reviews Series, CUP. Cambridge: Cambridge University Press, p 110–139.

Han, K.-S., J.-L. Champeaux, J.-L. Roujean, 2004: A land cover classification product over France at 1 km resolution using Spot4/Vegetation data", *Remote Sensing of Environment*, 92(1): 52-66.

Harrington, R., C. Anton, T.P. Dawson, F. de Bello, C.K. Feld, J.R. Haslett, T. Kluvánková-Oravská, A. Kontogianni, S. Lavorel, G.W. Luck, M.D.A. Rounsevell, M.J. Samways, J. Settele, M. Skourtos, J.H. Spangenberg, M. Vandewalle, M. Zobel, P.A. Harrison, 2010: Ecosystem services and biodiversity conservation: concepts and a glossary. *Biodiversity and Conservation*. 19(10): 2773-2790.

Harrison, P.A., P.M. Berry, G. Simpson, J.R. Haslett, M. Blicharska, M. Bucur, R. Dunford, B. Egoh, M. Garcia-Llorente, N. Geamănă, W. Geertsema, E. Lommelen, L. Meiresonne, F. Turkelboom, 2014: Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services*. 9: 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.05.006>

Hay, G. J., P. Dube, A. Bouchard, D. J. Marceau, 2002: A scale-space primer for exploring and quantifying complex landscapes. *Ecological Modelling*, vol. 153, no 1, 27-49.

Houghton, R.A., Hackler, J.L., 2006: Emissions of carbon from land use change in sub-Saharan Africa. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 111(2): 1-12. <https://doi.org/10.1029/2005JG000076>.

Hountondji, Y.C, N. Sokpon, J. Nicolas, P. Ozer, 2008: Ongoing desertification processes in the sahelian belt of West Africa: an evidence from the rain-use efficiencies. In: « Recent Advances in Remote Sensing and Geoinformation Processing for Land Degradation Assessment », Chapter 11, Edited by Achim Röder and Joachim Hill, CRC Press 2009, ISBN: 978-0-415-39769-8, 173-186.

Hu, L., Z. Li, W. B. Liao, Q. Fan, 2011: Values of village fengshui forest patches in biodiversity conservation in the Pearl River Delta, China. *Biological Conservation* 144, 1553–1559.

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.

James, P., K. Tzoulas, M.D. Adams, A. Barber, J. Box, J. Breuste, T. Elmqvist, M. Frith, C. Gordon, K.L. Greening, J. Handley, S. Haworth, A.E. Kazmierczak, M. Johnston, K. Korpelam, M. Moretti, J. Niemelä, S. Pauleit, M.H. Roe, J.P. Sadler, C. Ward Thompsons, 2009: Towards an integrated understanding of green space in the European built environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 8, no 2, p. 65-75.

Jim, C.Y., 2011: Holistic research agenda for sustainable management and conservation of urban woodlands. *Landscape and Urban Planning*, Landscape and Urban Planning, vol. 100, no 4, p. 375-379.

Kanninen, M., D. Murdiyarto, F. Seymour, A. Angelsen, S. Wunder, L. German, 2007: Do trees grow on money? The implications of deforestation research for policies to promote REDD. *Forest perspective* 4, CIFOR Jakarta. 61p.

Kindu M., T. Schneider, D. Teketay, T. Knoke, 2016: Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munesa–Shashemene landscape of the Ethiopian highlands. *Science of the Total Environment*. 547: 137–147.

Kirby, K.R., Potvin, C., 2007: Variation in carbon storage among tree species: implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*. 246(2-3): 208–221.

Kissinger, G.M., M. Herold, V. De Sy, 2012: Drivers of deforestation and REDD+ benefit-sharing: A meta-analysis of the (missing) link. *Environmental Science & Policy*. Volume 54, December 2015, 97-105

Kremen, C., 2005: Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology letters*. 8(5): 468–479.

Lambin, E.F., H.J. Geist, E. Lepers, 2003: Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources*. 28(1): 205–241.

Lambin E.F., B.L. Turner, H.J. Geist, S.B. Agbola, A. Angelsen, J.W. Bruce, O.T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, 2001: The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change*. 11(4): 261–269.

Lang, Y., Song, W., 2019: Quantifying and mapping the responses of selected ecosystem services to projected land use changes. *Ecological Indicators*. 102: 186–198.

Le clec'h S., S. Dufour, J. Oszwald, M. Grimaldi, N. Jegou, 2014 : Spatialiser des services écosystémiques, un enjeu méthodologique et plus encore. In ARNAULD DE SARTRE, X., Castro, M., Dufour, S. et Oszwald, J. (Ed.), *Political Ecology des services écosystémiques*, Bruxelles, Peter Lang, coll. Ecopolis, p 205-223.

- Leeuwis, C., Van den Ban, A., 2004: Knowledge and perception. Communication for Rural Innovation: Rethinking Agricultural Extension. 3rd ed. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Leh M.D., M.D. Matlock, E.C. Cummings, L.L. Nalley, 2013: Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. *Agriculture, ecosystems & environment*. 165: 6–18.
- Liu, J., D. A. Coomes, L. Gibson, G. Hu, J. Liu, Y. Luo, C. Wu, M. Yu, 2019: Forest fragmentation in China and its effect on biodiversity. May. <https://doi.org/10.1111/bvr.12519>
- Martinez-Harms, M.J., Balvanera, P., 2012: Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *Int J Biodiv Sci Ecosys ServManag*. 8:17–25.
- Mathian, H., Sanders, L., 2014: *Spatio-Temporal Approaches: Geographic Objects and Change Process*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 176 p.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005: *Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute. Washington.
- Mendenhall, C. D., A. Shields-estrada, A. J. Krishnaswami, G. C. Daily, 2016: Quantifying and sustaining biodiversity in tropical agricultural landscapes. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604981113>
- Mooney H.A., 2010. The ecosystem-service chain and the biological diversity crisis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 365: 31–39.
- Mensah, S., R. Veldtman, A. Ephrem, C. Ham, R. Glèlè, T. Seifert, 2017: Ecosystem service importance and use vary with socio-environmental factors: A study from household-surveys in local communities of South Africa. *Ecosystem Services* 23, 1–8.
- Moutouama, F.T., S.S.H. Biaou, B. Kyereh, W.A. Asante, A.K. Natta, 2019: Factors shaping local people's perception of ecosystem services in the Atacora Chain of Mountains, a biodiversity hotspot in northern Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 15, 1–10.
- Muñoz, A.A., Cavieres, L.A., 2008: The presence of a showy invasive plant disrupts pollinator service and reproductive output in native alpine species only at high densities. *Journal of Ecology*. 96(3): 459–467
- Nahuelhual, L., A. Carmona, M. Aguayo, C. Echeverria, 2014: Land use change and ecosystem services provision: a case study of recreation and ecotourism opportunities in southern Chile. *Landscape Ecology*. 29(2): 329–344.
- Nemec, K.T., Raudsepp-Hearne, C., 2013: The use of GIS to map and assess ecosystem services. *Biodiversity and Conservation* n°22, p1-15.
- Obersteiner, M., M.M. Huettner, F. Kraxner, I. McCallum, K. Aoki, H. Bottcher, S. Fritz, M. Gusti, P. Havlik, G. Kindermann, E. Rametsteiner, B. Reyers, 2009: On fair, effective and efficient REDD mechanism design. *Carbon Balance and Management*. 4: 11.
- Oloukoi, J., 2017: Rate of Land Cover Change and Its Determinants In The Soudano-Guinea Transition Zone Of Benin Republic. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*. 10(5): 691–704.
- Orékan, V.A., 2007 : Implémentation du modèle local CLUE-s aux transformations spatiales dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection. Thèse de doctorat, Université de Bonn, Bonn. 204 p.
- Ouedraogo, I., M. Tigabu, P. Savadogo, H. Compaoré, P.C. Odén, J.M. Ouadba, 2010: Land cover change and its relation with population dynamics in Burkina Faso, West Africa. *Land Degradation & Development*. 21(5): 453–462.
- Ouko, C., R. Mulwa, R. Kibugi, M. Owuor, J. Zaehring, N. Oguge, 2018: Community perceptions of ecosystem services and the management of Mt. Marsabit forest in northern Kenya. *Environments*. 5(11): 121.
- Ozer, P., 2004 : Bois de feu et déboisement au Sahel: mise au point. *Science et changements planétaires/Sécheresse*. 15(3): 243–251.
- Pickett, S.T.A., M.L. Cadenasso, J.M. Grove, C.H. Nilon, R.V. Pouyat, W.C. Zipperer, R. Costanza, 2008: Urban Ecological Systems : Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. In Marzluff J.M., E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon, C. ZumBrunnen (Ed.), *Urban Ecology*, New-York, Springer US, p. 99-122.
- Polasky, S., E. Nelson, D. Pennington, K. A. Johnson, 2011: The Impact of Land-Use Change on Ecosystem Services, Biodiversity and Returns to Landowners : A Case Study in the State of Minnesota. 219–242. <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9407-0>
- Regnier P., Friedlingstein P., Ciais P., Mackenzie F.T., Gruber N., Janssens I.A., Laruelle G.G., Lauerwald R., Luysaert S., Andersson A.J., 2013. Anthropogenic perturbation of the carbon fluxes from land to ocean. *Nature geoscience*. 6(8): 597–607.
- Regnier, P., P. Friedlingstein, P. Ciais, F.T. Mackenzie, N. Gruber, I.A. Janssens, G.G. Laruelle, R. Lauerwald, S. Luysaert, A.J. Andersson, 2013: Anthropogenic perturbation of the carbon fluxes from land to ocean. *Nature geoscience*. 6(8): 597–607.
- Ricketts, T.H., J., Regetz, I. Steffan-Dewenter, S.A. Cunningham, C. Kremen, A. Bogdanski, B. Gemmill-Herren, S.S. Greenleaf, A.M. Klein, M.M. Mayfield, 2008: Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology letters*. 11(5): 499–515.

- Rodríguez-echeverry, J., C. Echeverría, C. Oyarzún, L. Morales, 2018: Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forests. *Landsc. Ecol.* 33(3), 439–453.
- Sala, O.E., F.S. Chapin, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, 2000: Global biodiversity scenarios for the year 2100. *science.* 287(5459): 1770–1774.
- Simonneaux, V., A. Cheggour, C. Deschamps, F. Mouillot, O. Cerdan, Y. Le Bissonnais, 2015: Land use and climate change effects on soil erosion in a semi-arid mountainous watershed (High Atlas, Morocco). *Journal of Arid Environments.* 122: 64–75.
- Song, W., Deng, X., 2017: Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China. *Science of the Total Environment.* 576: 705–719.
- Song, W., Deng, X., 2015: Effects of urbanization-induced cultivated land loss on ecosystem services in the North China Plain. *Energies.* 8(6): 5678–5693.
- Steffan-Dewenter, I., Westphal, C., 2008: The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology.* 45(3): 737–741.
- Steffen, W., P.J. Crutzen, J.R., McNeill, 2007: The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment.* 36(8): 614–621.
- Steffen, W., J. Grinevald, P. Crutzen, J. McNeill, 2011: The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences.* 369: 842–867.
- Stott, A. P., Haines-Young, R., 1998: Linking land cover, intensity of use and botanical diversity in an accounting framework in the United Kingdom. *Environmental Accounting in Theory and Practice.* K. Uno et P. Bartelmus. Netherlands, Springer Verlag, pp. 245-262.
- Styers, D.M., A.H. Chappelka, L.J. Marzen, G.L. Somers, 2010: Developing a land-cover classification to select indicators of forest ecosystem health in a rapidly urbanizing landscape. *Landscape and Urban Planning.* 94(3-4): 158–165.
- Tolessa, T., F., Senbeta, M., Kidane, 2017: The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. *Ecosystem services.* 23: 47–54
- Turner, B.L., 1994: Local faces, global flows: the role of land use and land cover in global environmental change. *Land Degradation & Development.* 5(2): 71–78.
- Turner, I.I., Bill, L., 2001: Land-use and land-cover change: Advances in 1.5 decades of sustained international research. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society.* 10(4): 269–272.
- Vodouhè, F.G., O. Coulibaly, A. Adégbidi, B. Sinsin, 2010: Community perception of biodiversity conservation within protected areas in Benin. *Forest Policy and Economics.* 12(7): 505–512.
- Wang, X., X. Dong, H. Liu, H. Wei, W. Fan, N. Lu, Z. Xu, J. Ren, K. Xing, 2017: Linking land use change, ecosystem services and human well-being: A case study of the Manas River Basin of Xinjiang, China. *Ecosystem services.* 27: 113–123.
- Webb, A.A., Erskine, W.D., 2003: A practical scientific approach to riparian vegetation rehabilitation in Australia. *Journal of Environmental Management.* 68(4): 329–341.
- Wibowo, D.H., Byron, R.N., 1999: Deforestation mechanisms: A survey. *International Journal of Social Economics.* 43 p.
- Wilson, M. C., X. Y. Chen, R. T. Corlett, R. K. Didham, P. Ding, R. D. Holt, M. Holyoak, G. Hu, A. C. Hughes, L. Jiang, W. F. Laurance, J. Liu, S. L. Pimm, S. K. Robinson, S. E. Russo, X. Si, D. S. Wilcove, J. Wu, M. Yu, 2016: Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape Ecology,* 31(2), 219-227. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0312-3>.
- Young, R.F., 2010: Managing municipal green space for ecosystem services. *Urban Forestry and urban greening,* vol. 9, no 4, pp. 313–321.