



# Annales de l'Université de Parakou

Parakou, Bénin

**Série « Sciences Naturelles et Agronomie »**

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

**Juin 2021, Volume 11, Numéro 1**



Buttes attendant la plantation de la patate douce dans le village Dipoko, Boukoubé (Bénin).  
Photo Adjovi I. S. M. (juin 2020)

La patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam., 1793) constitue la septième production agricole au niveau mondial. Ses caractéristiques agronomiques, telles qu'une large adaptabilité, une forte productivité, un cycle court et une forte valeur nutritionnelle en font une culture particulièrement importante pour la sécurité alimentaire des pays exposés aux aléas du changement climatique.

# Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par l'Université de Parakou  
BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

## Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

Dépôt légal No 13889 du 10/02/21, 1er trimestre, Bibliothèque  
Nationale du Bénin

Email : [revue.sna.annaes-up@fa-up.bj](mailto:revue.sna.annaes-up@fa-up.bj)

---

### Comité d'édition

Président : Dr Prosper GANDAHO, Professeur titulaire

Vice-Président : Dr O. Holden FATIGBA, Maître de Conférences Agrégé

Membres :

Dr Ibrahim ALKOIRET TRAORE,  
Professeur titulaire

Dr C. Ansèque GOMEZ, Maître de  
Conférences

Dr Diane GANDONOU, Assistante

Comité d'impression :

Dr Erick Virgile AZANDO, Maître  
de Conférences

Dr Sosthène AHOTONDJI, Assitant

Mr B. Ahmed KIMBA

Mr Kayodé Roland CHABI

Mr Wilfried ETEKA

---

### Comité de Publication Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

Directeur de Publication :

Dr Samadori S. Honoré BIAOU,  
Maître de Conférences

Secrétaire de publication :

Dr Youssouf TOUKOUROU, Maître  
de Conférences

Membres :

Dr Rodrigue V. Cao DIOGO, Maître  
de Conférences

Dr Gilles NAGO, Maître Assistant

Dr Franck HONGBETE, Maître de  
Conférences

---

## Comité de lecture

Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

---

## Comité scientifique

Prof A. AHANCHEDE (Malherbologie, Bénin)	Prof J.C.T. CODJIA (Zoologie, Bénin)
Prof A. AKOEGNINO (Botanique, Bénin)	Prof K. AKPAGANA (Ecologie Végétale, Togo)
Prof A. FANTODJI (Biologie de la reproduction, Côte d'Ivoire)	Prof L. J. G. VAN der MAESEN (Botanique, Pays-Bas)
Prof A. SANNI (Biochimie et de Biologie Moléculaire, Bénin)	Prof M. BOKO (Climatologie, Bénin)
Prof B. BIAO (Economie, Bénin)	Prof M. C. NAGO (Biochimie Alimentaire, Bénin)
Prof B. SINSIN (Ecologie Végétale et Animale, Bénin)	Prof M. OUMOROU (Ecologie Végétale, Bénin)
Prof D. KOSSOU (Phytotechnie, Bénin)	Prof N. FONTON (Biométrie, Bénin)
Prof E. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin)	Prof P. ATACHI (Entomologie, Bénin)
Prof F. A. ABIOLA (Ecotoxicologie, Bénin)	Prof Ph. LALEYE (Hydrobiologie, Bénin)
Prof G. A. MENSAH (Zootechnie, Bénin)	Prof R. GLELE KAKAI (Biométrie et Statistiques, Bénin)
Prof G. BIAOU (Economie Rurale, Bénin)	Prof R. MONGBO (Sociologie Rurale, Bénin)
Prof J. HOUNHOUNGAN (Technologie Alimentaire, Bénin)	Prof S. A. AKPONA (Biochimie, Bénin)
Prof J. LEJOLY (Ecologie Tropicale, Belgique)	Prof S. ADOTE-HOUNZANGBE (Parasitologie, Bénin)
Prof J. ZOUNDJIEKPON (Génétique, Bénin)	Prof S. ALIDOU (Sciences de la Terre, Bénin)
Prof J.C. GANGLO (Foresterie, Bénin)	Prof V. AGBO (Sociologie, Bénin)

---

# Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par le Vice Rectorat chargé de la Recherche Universitaire (RU/UP)  
Université de Parakou, BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

## Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

ISSN 1840-8494 / eISSN : 1840-8508

Dépôt légal N° 13889 du 10/02/21, 1er trimestre, Bibliothèque  
Nationale du Bénin

Email : [revue.sna.annaes-up@fa-up.bj](mailto:revue.sna.annaes-up@fa-up.bj)

## Sommaire - Volume 11, Numéro 1 (Juin 2021)

Contenu et auteurs	Pages
<b>Regards croisés pratiques paysannes et introduction d'innovations : Cas des nématodes comme méthode de lutte biologique contre les charançons de la patate douce au Nord-Ouest du Bénin</b>	1-12
Jesrose Ahouefa Anen GUIDI, Ingrid Sonya Mawussi ADJOVI, Guy Sourou NOUATIN, Jean N'TCHA SEMA, Tshimangadzo RAMAKUWELA, David SHAPIRO-ILAN, Hugues BAIMEY	
<b>Evaluation de la durabilité des exploitations agricoles : une synthèse bibliographique</b>	13-24
Koudima BOKOUMBO, Afouda Jacob YABI, Kuawo Assan JOHNSON, Rosaine Nerice YEGBEMEY, Simon BERGE	
<b>Performances agronomiques de la variété QPM/FAABA du maïs (<i>Zea mays L.</i>) suivant les périodes de semis en condition de perturbations climatiques</b>	25-32
Michel BATAMOSSI HERMANN, Sabi Bira Joseph TOKORE OROU MERE, Moutakilou YAYA, Jean de Dieu Fabrice AKOUNNOU	
<b>Research trends and perspectives on African orchids: a bibliometric overview</b>	33-44
Yasmine ABDOULAYE, Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE, Samadori S. Honoré BIAOU, Nangnon Samirath Cléopâtre NANSOUNON, Coert Johannes GELDENHUYS	
<b>Instructions aux auteurs (applicable à partir de 2021)</b>	45-53



## Regards croisés pratiques paysannes et introduction d'innovations : Cas des nématodes comme méthode de lutte biologique contre les charançons de la patate douce au Nord-Ouest du Bénin

Jesrose Ahouefa Anen GUIDI<sup>1</sup>, Ingrid Sonya Mawussi ADJOVI<sup>1</sup> , Guy Sourou NOUATIN<sup>1</sup> ,  
Jean N'TCHA SEMA<sup>1</sup>, Tshimangadzo RAMAKUWELA<sup>2</sup> , David SHAPIRO-ILAN<sup>3</sup> ,  
Hugues BAIMEY<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Département d'Economie et de Sociologie Rurales,  
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

<sup>2</sup> Agricultural Research Council-SG, Bethlehem, South Africa

<sup>3</sup> USDA-ARS, SAA, SE Fruit and Three Nut Research, USA

<sup>4</sup> Département de Sciences et Techniques de Production Végétale,  
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

Emails : [roseguidi6@gmail.com](mailto:roseguidi6@gmail.com) ; [samysonya@yahoo.fr](mailto:samysonya@yahoo.fr) ; [gnouatin@gmail.com](mailto:gnouatin@gmail.com) ; [jamessema1@gmail.com](mailto:jamessema1@gmail.com) ; [ramakuwelat@arc.agric.za](mailto:ramakuwelat@arc.agric.za) ; [david.shapiro@usda.gov](mailto:david.shapiro@usda.gov) ; [baimeyhugues@gmail.com](mailto:baimeyhugues@gmail.com)

Reçu le 2 Avril 2021 - Accepté le 14 Juin 2021 - Publié le 30 Juin 2021

### Cross-views of farming practices and introduction of innovations : case of nematodes as a biological control method against sweet potato weevils in northwest Benin

**Abstract:** Sweet potato weevils (*Cylas spp.*) hinder the intensification of this crop. As a means for controlling these pests, a technological innovation consisting of the use of entomopathogenic nematodes has been developed. This study aims to describe the geographical characteristics of the study area, the practices of sweet potato producers and their willingness to pay for access to the innovation. The research was conducted in the Atacora department, especially in the municipalities of Toucountouna, Natitingou and Boukoubé. A total of 80 producers selected using snowball technique were surveyed for an interview. A questionnaire and direct observation sheets were used. For data analysis, discourse analysis and descriptive statistics were used. For producers in Atacora, sweet potato prefers light, loose and deep soils. Plots are often acquired by inheritance (79%) and the crop is planted on small plots of less than one hectare with yields less than 10 t/ha (fresh matter). This low production is due to several constraints, among which the weevil attack being the most important. After harvest, storage is often done in granaries (42.5%). About the use of entomopathogenic nematodes, all the producers think that it is a simple and easy to use practice. Moreover, they are willing to pay for this technology provided that the purchase price of the treatment does not exceed 1,000 francs. A project to support the progressive adoption of the nematode innovation would be useful and would bear no risks to the consumer.

**Keywords:** Innovation, nematode, sweet potato weevil, *Cylas spp.*, Benin.

**Résumé :** Les charançons de la patate douce (*Cylas spp.*), constituent un frein à l'intensification de cette culture. Comme moyen de lutte contre ces ravageurs, une innovation technologique consistant à utiliser des nématodes entomopathogènes a été développée. Cette étude vise à décrire les caractéristiques géographiques du milieu d'étude, les pratiques des producteurs de patate douce et leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation. La recherche a été conduite dans le département de l'Atacora, précisément dans les communes de Toucountouna, Natitingou et Boukoubé. Au total, 80 producteurs choisis par la technique boule de neige ont été enquêtés en utilisant un guide d'entretien, un questionnaire et des fiches d'observations directes. L'analyse de discours et les statistiques descriptives ont été utilisées pour analyser les données collectées. Pour les

producteurs de l'Atacora, la patate douce préfère des sols pas très lourds, meubles et profonds. Les parcelles sont souvent acquises par héritage (79%) et la patate douce est plantée sur de petites parcelles de moins d'un hectare avec des rendements de l'ordre de moins de 10 t/ha (matière fraîche). Cette faible production est due à plusieurs contraintes dont la principale est l'attaque par les charançons. Après la récolte, le stockage se fait souvent dans les greniers (42,5%). En ce qui concerne l'utilisation des nématodes entomopathogènes, l'ensemble des producteurs pense que c'est une pratique simple et facile à utiliser. De plus, ils sont disposés à payer pour acquérir cette technologie mais à condition que le prix d'achat du traitement n'excède pas 1.000 F CFA. La mise sur pieds d'un projet d'appui à l'adoption progressive de l'innovation nématode entomopathogène serait utile et sans risque aux consommateurs.

**Mots clés :** Innovation, nématode, Charançon de la patate douce, *Cylas* spp., Bénin.

## 1. Introduction

Au Bénin, les racines et tubercules constituent la deuxième source de calories dans l'alimentation des habitants (Mitchikpè *et al.*, 2003 ; Gandonou *et al.*, 2010). Ils participent à la lutte contre la pauvreté à travers l'amélioration de la sécurité alimentaire et la création de revenus (Bell *et al.*, 2000). En tant qu'aliment de substitution en période de soudure, les tubercules et les racines tubéreuses jouent un rôle majeur dans plusieurs ménages tant urbains que ruraux et leurs consommations par habitant sont d'environ 84 kg/an (Harouna *et al.*, 2015). La patate douce est l'une de ces racines qui sont fortement consommées par les Béninois. Elle a un rendement plus différent selon la région du monde où elle est cultivée avec une moyenne de 4,7 t/ha en Afrique (Stathers *et al.*, 2013a). Sous des conditions défavorables et en milieu humide, la culture de la patate douce ne présente pas réellement de difficultés (Stathers *et al.*, 2013a). Elle demande peu de travail de la part du producteur. De même, elle offre plusieurs avantages : elle est une culture simple, peu exigeante et arrive à survivre là où les autres cultures comme le maïs meurent. Elle demande aussi moins de main d'œuvre que la plupart des cultures vivrières (Stathers *et al.*, 2013b). Les caractéristiques agronomiques telles qu'une large adaptabilité, une forte productivité, un cycle court et une forte valeur nutritionnelle font de la patate douce une culture particulièrement importante pour la sécurité alimentaire des pays soumis au changement climatique (Bovell, 2007). La patate douce entre dans de multiples préparations culinaires (bouillies, frites, purées, gâteaux). Ces racines tubérisées sont aussi utilisées en alimentation animale. Les feuilles sont consommées sous forme de condiment ou légumes feuilles ou encore comme fourrage pour le bétail (Vernier et Varin, 1994).

Cependant, malgré cette importance notée, la production de la patate douce est sujette aux maladies causées par plusieurs ravageurs notamment les insectes qui influencent son rendement. Les attaques de la patate

douce par les ravageurs peuvent entraîner des pertes de rendement allant de 20 à 80% (Theberge *et* Gauthier., 1985). Ainsi, pour lutter contre ces insectes ravageurs, plusieurs méthodes sont promues par le projet NAS/USAID-2000011107 dont l'utilisation des Nématodes Entomopathogènes. Les nématodes, parasites d'insectes sont connus depuis longtemps mais leur utilisation pour la lutte biologique des cultures est assez récente (Masclat, 2016). Deux familles sont exploitables en lutte ; ce sont les *Steinernematidae* et les *Heterorhabditidae*. Pour Masclat (2016), ces nématodes possèdent une bactérie symbiotique et ont un potentiel d'utilisation remarquable. Ils infestent une très large gamme d'insectes et quelques arthropodes mais ont l'avantage de ne pas s'attaquer ni aux mammifères ni aux végétaux. La mort de l'hôte survient rapidement, un à deux jours après l'infestation (Masclat, 2016). En tant qu'une innovation dans les méthodes de lutte biologique, il serait important de mesurer son niveau d'acceptabilité par les producteurs.

Ce travail vise à décrire les caractéristiques géographiques du milieu d'étude, les pratiques des producteurs de patate douce et documenter leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation et l'utilisation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce (*Cylas* spp.) dans le département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin.

## 2. Cadre théorique

L'innovation peut être définie comme le « résultat de la mise en application d'idées nouvelles et de recherches » (Lehu, 2004). De grands économistes se sont penchés sur la particularité de l'innovation et ont tenté de la définir de la manière suivante : l'innovation est perçue comme « la recherche déterminée et organisée de changements, et dans l'analyse systématique des opportunités que de tels changements peuvent offrir en termes de progrès économique ou social ». Pour Wood and Wood (2005), l'innovation résulte d'un processus interactif se déroulant au sein de réseaux hétérogènes de chercheurs, agriculteurs, entrepreneurs privés,

organisations non gouvernementales (ONG), acteurs gouvernementaux et autres partenaires, et dans un environnement qui peut favoriser ou au contraire restreindre l'innovation (Hall et Clark, 2010).

Dans un résumé des travaux de Schumpeter sur l'innovation et l'entreprise, Śledzik (2013) pense que ce dernier définit l'innovation comme toute nouvelle combinaison des moyens de production. Schumpeter précise sa définition en énumérant cinq formes possibles de l'innovation : un nouveau produit, une nouvelle méthode de production, un nouveau marché, un nouvel approvisionnement et une nouvelle organisation de la production.

Bien que ces différentes approches de définitions se complètent, c'est celle retenue par Wood and Wood (2005) qui semble la plus pertinente pour la présente recherche, car elle priorise l'influence du contexte sur l'adoption de l'innovation issue des découvertes scientifiques.

Les nématodes entomopathogènes sont des parasites obligatoires et létaux d'insectes (San-Blas, 2013). Ils se rencontrent sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique (Ferreira et Malan, 2014). Ils sont utilisés contre de nombreux ravageurs des cultures dans de nombreuses régions du monde y compris de nombreux pays tropicaux (Kaya *et al.*, 2006 ; Lacey et Shapiro-Ilan, 2008 ; Zadji *et al.*, 2014). Les familles *Steinernematidae* et *Heterorhabditidae* sont les plus utilisées en lutte biologique. Elles possèdent un potentiel de reproduction élevé et sont sans danger pour les organismes non ciblés, deux caractéristiques qui font d'elles de potentiels agents de lutte biologique contre des organismes nuisibles tels que les charançons de la patate douce (Kaya et Gaugler, 1993). Ces nématodes présentent plusieurs autres avantages : ils sont sans danger pour l'environnement. Les LI ou troisième stade larvaire (L3) (Kaya, 2000 ; Hyrsl, 2011) de ces organismes sont spécifiques à l'hôte (Campbell *et al.*, 2003) et ils peuvent être utilisés avec la plupart des pesticides (Forschler *et al.* 1990 ; Rovesti et Deseö, 1991).

Des isolats de nématodes entomopathogènes se sont particulièrement révélés efficaces sur *C. formicarius* en Guadeloupe (Mauléon et Denon, 2008). Jansson *et al.* (1991) ont testé l'effet de nématodes entomopathogènes sur le même insecte et les résultats ont montré que l'application de *H. bacteriophora* réduit significativement les dégâts causés aux racines tubéreuses de la patate douce. La démarche méthodologique adoptée est présentée dans les lignes suivantes.

### 3. Matériel et méthodes

Pour aboutir aux différents résultats, une approche méthodologique adéquate a été adoptée en fonction des

données disponibles. En général, l'analyse de discours et la statistique descriptive sont les méthodes d'analyse les plus utilisées dans le cadre de cette étude.

#### 3.1. Cadre physique de la recherche

La présente étude s'est déroulée dans le département de l'Atacora, précisément dans les communes de Toucountouna, Natitingou et Boukoubé. Le département de l'Atacora est situé au Nord-Ouest du Bénin. Il est limité au Nord par le Burkina-Faso et le département de l'Alibori, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par les départements du Borgou et de l'Alibori, et au Sud par le département de la Donga. Avec une superficie totale de 20 499 km<sup>2</sup>, l'Atacora est le troisième département le plus étendu après l'Alibori et le Borgou (INSAE-Bénin, 2016). Il est subdivisé en neuf (9) communes avec Natitingou comme Chef-lieu du département, ces autres communes sont Kérou, Kouandé, Péhunco, Coby, Boukoubé, Matéri, Toucountouna, et Tanguéta. Les différents types de sols de ce département (Figure 1) permettent, de l'Est vers l'Ouest, la culture des plantes à racines et tubercules telles que manioc, patate douce et igname, des céréales (mil, maïs, fonio, sorgho) et des légumineuses (haricot et voandzou). Dans toutes les communes, la branche d'activité "agriculture, pêche et chasse" est pratiquée à plus de 70% selon le RGPH4 (INSAE-Bénin, 2016).

De l'observation de la figure 1, plusieurs types de sols sont rencontrés dans les communes d'étude. Les sols les plus dominants sont les sols ferrugineux suivis des sols minéraux et peu évolués. Les sols ferrugineux couvrent près de 90 % de la superficie du secteur d'étude. Or la culture de la patate douce est favorable sur les sols légers comme ceux argilo-sableux et ferrugineux (Vernier, 1994, 55) typique à ceux du secteur d'étude.

#### 3.2. Echantillonnage

La recherche a été réalisée dans les communes de Toucountouna, Natitingou et Boukoubé sélectionnées de façon raisonnée sur la base du volume de production de la patate douce dans le département de l'Atacora. Dans l'ensemble de ces trois communes, huit (08) villages ont été sélectionnés par choix raisonné. Le choix de ces villages tient compte de leur expérience en production de patate douce et aussi du fort taux de production de la culture.

L'unité d'enquête de cette étude est constituée essentiellement des producteurs de patate douce identifiés grâce à la technique d'échantillonnage boule de neige. Au total, quatre-vingts (80) producteurs ont été enquêtés dans les trois communes par l'administration d'un questionnaire. Le tableau 1 présente la répartition des enquêtés par site.

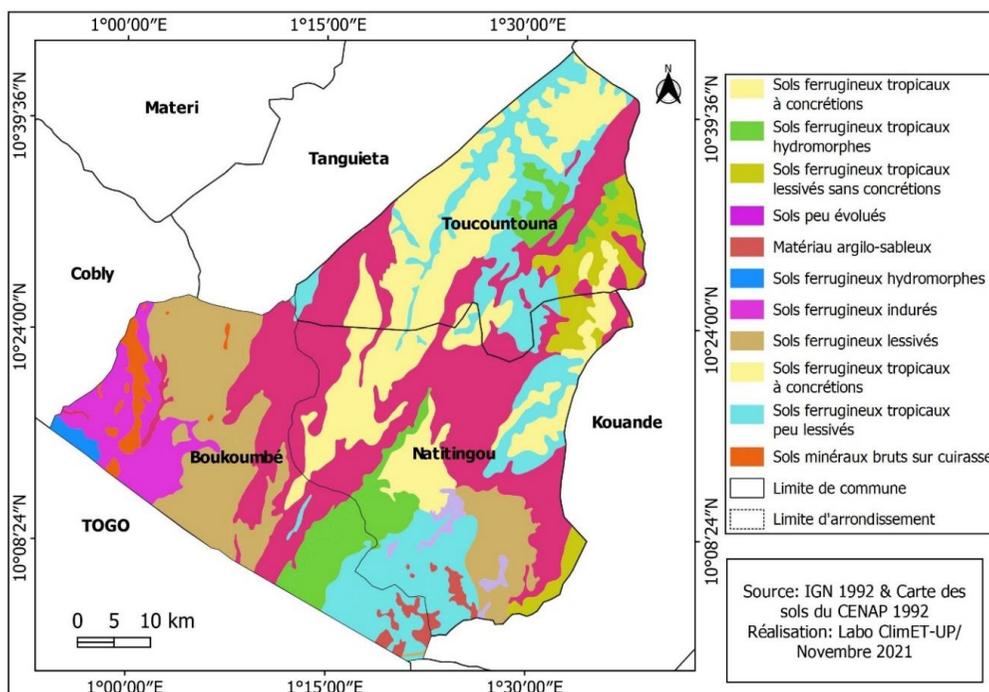


Figure 1 : Carte pédologique des communes de la zone d'étude

Figure 1: Soil map of the municipalities in the study area

Tableau 1 : Localités prospectées et effectif de producteurs interviewés par localité

Table 1: Localities surveyed and number of producers interviewed by locality

Communes	Arrondissements	Villages	Effectif
Boukoubé	Nata	Koutangou	21
	Manta	Dipoko	
Toucountouna	Tampré	Wansokou Yimpotingou	19
Natitingou	Natitingou 3 Kouandata	Bérécingou	40
		Tigninti	
		Kounadorgou Kouandata	
Total			80

### 3.3. Techniques et outils de collecte et d'analyse des données

Pour la collecte des données, la démarche adoptée a priorisé des entretiens semi structurés et l'observation directe. Pour mettre en œuvre ces différentes techniques, les outils utilisés sont respectivement le guide d'entretien, le questionnaire et la grille d'observation.

L'analyse des données a notamment mobilisé les techniques telles que la statistique descriptive en particulier la réalisation d'histogrammes de fréquences,

l'analyse des discours et la prise de photographies commentées. La triangulation de ces techniques a permis de faire ressortir les tendances majeures dégagées à l'issue du traitement des données.

### 3.4. Contexte d'expérimentation du consentement à payer des producteurs

Dans le cadre du projet, des champs expérimentaux ont été mis en place dans les différentes communes identifiées par cette recherche. Ainsi, sur ces différents sites, des essais ont été conduits par les agents du projet en collaboration avec les producteurs de patate douce. Il a été présenté l'itinéraire technique de l'application des nématodes afin de faire connaître aux producteurs le produit et leur montrer également son efficacité. Les producteurs se sont basés plus sur les résultats des expérimentations effectuées au sud qui leur ont été projetés et expliqués pour donner leur perception sur l'utilisation des nématodes entomopathogènes pour lutter contre les insectes ravageurs de patate douce.

Pour pouvoir analyser la perception des producteurs par rapport à l'utilisation des nématodes entomopathogènes, trois sites ont été choisis dans les trois communes pour appliquer l'utilisation des nématodes entomopathogènes du début jusqu'à la fin du cycle de production de la patate douce.

Cependant, la survenue de la pandémie du COVID 19 en 2020 a constitué une difficulté majeure dans l'obtention à temps du gel nécessaire à l'application des nématodes. Le déroulement du projet a dû accuser un certain retard et l'application des nématodes n'a pas pu être faite durant la première campagne de culture de la patate douce. Cette difficulté a pu être surmontée durant la campagne 2021 où le site de Natitingou a été retenu. Les producteurs identifiés dans les trois communes ont été déplacés pour suivre la plantation, l'application du gel et la récolte de la patate douce (entre juillet et novembre 2021). A cet effet, un champ école d'une superficie de 0,078 ha a été utilisé à Natitingou. Sur cette superficie, 300 buttes de terre ont été réalisées pour la culture de la patate douce. La technologie des nématodes a été inoculée sur des plants situés sur un total de 240 buttes de terres.

## 4. Résultats

### 4.1. Système de culture de la patate douce dans la zone de l'étude

La production de la patate douce dans l'Atacora se fait en plusieurs étapes telles que : le choix de la parcelle, la préparation du sol, la multiplication des racines de patate douce, la plantation, l'entretien, la fertilisation, la récolte et la conservation.

#### 4.1.1. Choix de la parcelle

Pour les producteurs de l'Atacora, la patate douce préfère des sols pas très lourds, meubles et profonds, humides et bien drainés. Les sols de l'Atacora sont généralement très pauvres en matière organique, ce qui rend difficile la culture de cette spéculature. Les terres dont disposent les producteurs de ces localités pour la production de la patate douce sont obtenues majoritairement par héritage (79%) (Figure 2). Les autres modes de faire valoir de la terre sont respectivement l'achat (14%) et la location (8%).

La superficie totale emblavée en moyenne par producteur est de 3 ha ( $\pm 1,27$ ) et l'espace réservé pour la production de la patate douce représente en moyenne environ 0,75. ( $\pm 1,27$ ).

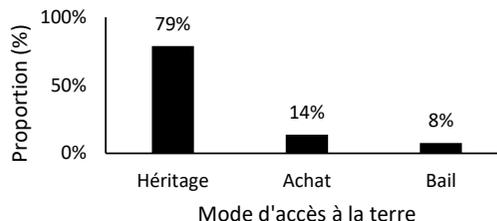


Figure 2 : Mode d'accès à la terre par les producteurs de patate douce des communes identifiées

Figure 2: Mode of access to land by sweet potato producers in the identified municipalities

#### 4.1.2. Préparation du terrain

Après défrichage, un léger labour suffit sur un sol léger et un labour profond lorsque le sol est un peu lourd. Après, s'en suit la confection des buttes de 50 - 60 cm de diamètre à la base et 30 - 40 cm de hauteur avec un écartement de 1m entre elles. Les matières organiques utilisées pour la préparation des sols par les producteurs sont notamment la fiente de volaille.

#### 4.1.3. Modes de multiplication de la patate douce

Pour la multiplication, tous les producteurs utilisent des racines, des lianes de patate douce stockées lors des campagnes antérieures. Elles se reproduisent par germination pour donner de nouvelles plantes. Ces dernières sont transplantées sur les buttes lors de la nouvelle campagne. Les producteurs qui n'ont pas assez de stock achètent chez ceux qui en disposent assez.

La figure 3 décrit l'itinéraire de multiplication des plants de patate douce dans l'Atacora.

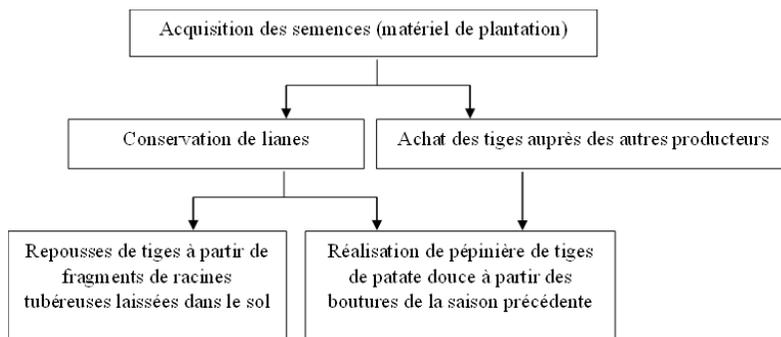


Figure 3 : Mode d'obtention des boutures de patate douce destinées à la production

Figure 3: Method of obtaining sweet potato cuttings intended for production

#### 4.1.4. *Plantation et période de plantation et entretien*

Les lianes (30 à 40 cm de long) sont généralement plantées inclinées ou placées horizontalement sur des buttes avec deux ou trois nœuds enterrés et de manière à laisser libres leurs deux extrémités. La photo 1 présente les buttes préparées pour la plantation de la patate douce.

La durée du cycle végétatif de la patate douce varie selon les variétés et peut se situer entre trois et six mois. Elle est souvent plantée en saison humide dans

l'Atacora à partir de juin dès que la saison des pluies commence. Les photos 2 et 3 présentent, respectivement, les jeunes plants de patate douce sains (Photo 2) et attaqués par des insectes (Photo 3).

Le sarclage et le binage constituent les principales activités d'entretien. Le sarclage peut être réalisé 1 à 1,5 mois après la plantation suivant le développement des lianes tant que le feuillage ne couvre pas le sol. En cas de concurrence des adventices, des arrachages ponctuels se font.



Photo 1 : Buttes attendant la plantation de la patate douce dans le village Dipoko, Boukoubmé  
Photo 1: Mounds awaiting the planting of the sweet potato in the village of Dipoko, Boukoubmé

Source : Cliché Adjovi, juin 2020 / Photo Adjovi, June 2020



Photo 2 : Jeunes plants de patate douce d'un mois dans le village de Koutangou, Boukoubmé  
Photo 2: Young sweet potato plants one month old in the village of Koutangou, Boukoubmé

Source : Cliché N'Tcha Sema, Août 2020 / Photo N'Tcha Sema, August 2020



Photo 3 : Jeunes plants de patate douce attaqués par des insectes dans le village de Koutangou, Boukoubmé  
Photo 3: Young sweet potato plants attacked by insects in the village of Koutangou, Boukoubmé

Source : Cliché N'Tcha Sema, Août 2020 / Photo N'Tcha Sema, August 2020

#### 4.1.5. Fertilisation des sols et récolte de la production

A cause de sa faible exigence, en matière de suivi la patate douce peut être cultivée sans apports d'éléments fertilisants. Néanmoins, la production peut être améliorée en cas de fertilisation. Pour cela, les producteurs utilisent le fumier de ferme et les composts ménagers.

Les plants sont à maturité quand les feuilles commencent à jaunir et les buttes se fendent pour laisser parfois apparaître les racines tubéreuses. Ce n'est qu'à ce moment que la récolte est prévue et il est important de la réaliser en temps sec et surtout d'éviter de blesser les racines tubéreuses. La maturité se manifeste parfois par un jaunissement des feuilles et des tiges qui fanent par la suite. Les racines tubéreuses sont mûres quand le latex (liquide) qui en sort lorsqu'on les coupe ne prend

pas rapidement une couleur foncée, mais reste au contraire plutôt clair. Pour récolter, on coupe d'abord la biomasse aérienne puis on casse les buttes à la houe pour récupérer l'ensemble des racines tubéreuses. Ensuite on procède à l'arrachage à la main.

Lorsqu'il s'agit juste de sélectionner les grosses racines tubéreuses déjà mûres on agit tout doucement avec la houe de manière à ne pas casser toute la butte afin de laisser le reste des racines tubéreuses poursuivre leur développement. Les buttes sont alors refermées aussitôt.

La photo 4 présente les patates douces récoltées et la photo 5 montre une patate douce récoltée et attaquée par les ravageurs.



Photo 4 : Racines tubéreuses de patate douce récoltées dans le village de Yimpotingou, Toucountouna

Photo 4: Sweet potato tuberous roots harvested in the village of Yimpotingou, Toucountouna

Source : Cliché N'Tcha Sema, Novembre 2020 / Photo N'Tcha Sema, November 2020



Photo 5 : Racines tubéreuses de patate douce récoltées attaquées par des ravageurs dans le village de Yimpotingou, Toucountouna

Photo 5: Harvested sweet potato tuberous roots attacked by pests in the village of Yimpotingou, Toucountouna

Source : Cliché Adjovi, Décembre 2020 / Photo Adjovi, December 2020

#### 4.1.6. Conservation de la récolte

D'après les producteurs, la patate douce produite est conservée dans les magasins de stockage, grenier, chambre et dans les trous. La figure 4 présente les pourcentages de producteurs utilisant les différents lieux de conservation de la patate douce dans l'Atacora.

D'après la figure 4, les greniers sont plus utilisés pour le stockage par 42,5% des producteurs. Il s'agit de greniers en paille permettant une bonne aération. Cette technique permet de conserver les patates douces pendant au moins deux mois.



Figure 4 : Différents lieux de conservation de patate douce dans les communes concernées

Figure 4: Different places where sweet potatoes are stored in the municipalities concerned

## 4.2. Expérience des producteurs dans les activités de production

Les résultats obtenus par rapport à l'expérience de production de la patate douce des producteurs révèlent que l'expérience moyenne du travail agricole par ceux-ci est de 15,46 ans soit environ 16 ans. Alors que leurs âges varient entre 18 et 80 ans avec une moyenne d'âge égale à 38 ans. On peut alors dire que les producteurs commencent alors les activités champêtres dès leur plus jeune âge.

## 4.3. Contraintes liées à la production de la patate

Sur 3 hectares de terre disponibles en moyenne, les producteurs n'utilisent qu'environ 0,75 hectare pour la production de la patate douce.

D'après ces producteurs ce fait serait dû à la perte importante qu'ils enregistrent à cause des dégâts des insectes (91,25%), le manque de moyens adéquat de stockage du produit après récolte (60% de producteurs) et l'inexistence du marché d'écoulement des patates douces produites (53,75% de producteurs) (Figure 5). Ces paramètres sont entre autres ce qui a démotivé les producteurs à cultiver de grandes superficies pour la production de patate douce. Les patates douces

produites sont majoritairement destinées à la consommation (92% de producteurs). Une petite quantité est destinée à la vente (8% de producteurs) et cette vente se fait par tas de 1kg à 100F CFA et par bassine (environ 20kg par bassine) à 1500 FCFA au plus dans les marchés locaux ces montants correspondent respectivement environ à 0,17 dollar US et 2,5 dollars US la patate douce fraîche.

En plus de ces contraintes liées à la production de la patate douce, des contraintes d'ordre plus général ressortent des entretiens menés. Il s'agit notamment de la pénibilité du travail, les moyens rudimentaires utilisés pour la plantation et la récolte, la difficulté de l'écoulement d'une grande production sur les marchés locaux et la forte variabilité climatique liée aux changements.

Aussi, les importantes pertes subies après l'attaque des patates douces récoltées par les ravageurs sont récurrentes dans ces localités où aucune solution endogène n'est proposée pour lutter contre ces ravageurs (des insectes et quelques arthropodes dans la majorité des cas).

Pour aider les producteurs, la méthode exogène qui consiste à l'utilisation des nématodes leur a été présentée.

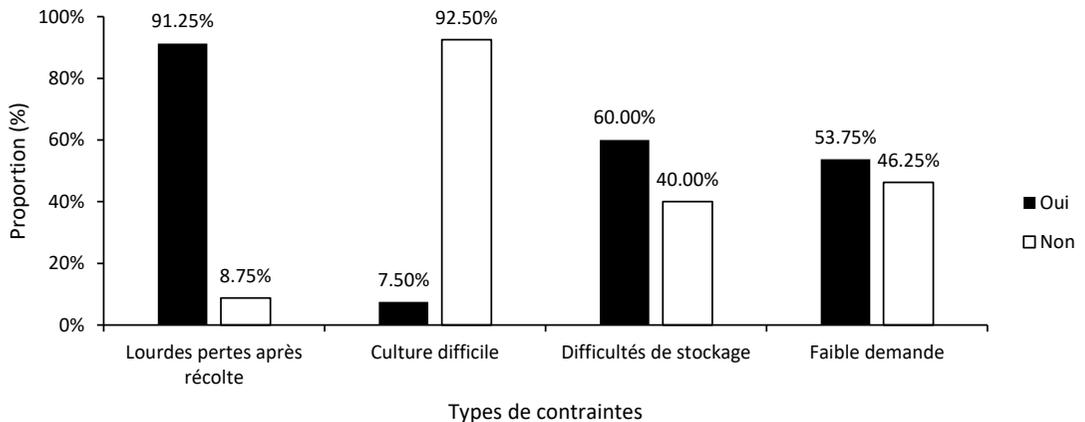


Figure 5 : Types de contraintes liées à la culture selon les producteurs

Figure 5: Types of constraints linked to cultivation according to producers

## 4.4. Perception des producteurs sur l'utilisation des nématodes entomopathogènes

Le tableau 2 présente la perception des producteurs sur les résultats de l'utilisation des nématodes entomopathogènes qui leur ont été présentés.

Sur 80 producteurs enquêtés, 58 (soit 72,5%) ont trouvé l'utilisation des nématodes entomopathogènes

comme une pratique simple et facile à utiliser et ont accepté tous de l'appliquer.

Il a été évalué également dans le cadre de cette étude, le degré de satisfaction des producteurs pour donner suite à la phase d'expérimentation. Le tableau 3 qui suit présente le degré de satisfaction des productions.

Tableau 2 : Perception des producteurs sur l'utilisation des nématodes entomopathogènes

Table 2: Perception of producers on the use of entomopathogenic nematodes

Question	Commune	Modalité de réponse	Proportion
Comment percevez-vous l'utilisation des nématodes ?	Boukoubé	Simple et facile à utiliser	20,00%
		Pas facile	6,25%
	Natitingou	Simple et facile à utiliser	37,50%
		Pas facile	12,50%
	Toucountouna	Simple et facile à utiliser	15,00%
		Pas facile	8,75%
Ensemble	Simple et facile à utiliser	72,50%	
		Pas facile	27,50%

Tableau 3 : Degré de satisfaction des producteurs par rapport à l'utilisation des nématodes

Table 3: Degree of satisfaction of producers with regard to the use of nematodes

Question	Commune	Modalité de réponse	Proportion
Quelle est votre degré de satisfaction face aux résultats de l'utilisation des nématodes entomopathogènes?	Boukoubé	Satisfaisant	20,00%
		Moins Satisfaisant	6,25%
	Natitingou	Satisfaisant	37,50%
		Moins Satisfaisant	12,50%
	Toucountouna	Satisfaisant	15,00%
		Moins Satisfaisant	8,75%
Ensemble	Satisfaisant	72,50%	
		Moins Satisfaisant	27,50%

Tableau 4 : Consentement des producteurs à payer les nématodes entomopathogènes

Table 4: Consent of producers to pay for entomopathogenic nematodes

Question	Commune	Modalité de réponse	Proportion
A combien seriez-vous prêt à acheter les nématodes ?	Boukoubé	Moindre coût (1000F)	12,50%
		0 F	13,75%
	Natitingou	Moindre coût (1000F)	13,75%
		0 F	36,25%
	Toucountouna	Moindre coût (1000F)	8,75%
		0 F	15,00%
Ensemble	Moindre coût (1000F)	35,00%	
		0 F	65,00%

Face à la question de connaître le niveau de satisfaction des producteurs des résultats issus de l'utilisation des nématodes entomopathogènes, tous les producteurs des différentes communes n'affirment pas une satisfaction totale. Une proportion de 72,5% est satisfaite des résultats présentés et souhaiterait que la technologie des nématodes entomopathogènes soit mise à leur disposition pour bénéficier du même effet que celui observé dans les résultats présentés. La réaction d'un producteur par rapport à ses attentes est la suivante :

« Je suis content qu'on puisse trouver un moyen de lutte contre les charançons de la patate douce. En effet, que le produit soit disponible, moins cher et à proximité, vu la distance qui nous sépare de la ville et vu que c'est juste quelques-uns qui disposent du téléphone portable ici à cause de l'instabilité des réseaux téléphoniques. » Extrait d'entretien réalisé avec monsieur M. F., à Dipoko (Boukoubé), le 10/10/2020).

Les propos de ce producteur sont liés au fait que la phase d'expérimentation n'a pas été effective pour qu'ils puissent s'assurer à 100% de l'efficacité de l'utilisation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce patate douce, *Cylas* spp.

#### 4.5. Consentement des producteurs à payer les nématodes entomopathogènes

Sur le plan social, cette étude s'est intéressée à voir combien les producteurs sont prêts à payer pour avoir les nématodes entomopathogènes pour ne pas avoir des problèmes sociaux. Le tableau 4 ci-dessous présente le montant que les producteurs sont prêts à payer.

Pour que le coût de l'accès à la technologie des nématodes entomopathogènes ne déstabilise pas le mode de vie social des producteurs, ces derniers souhaiteraient que la technologie des nématodes leur soient livrés à moindre coût. Il faut souligner qu'aucun des producteurs n'a souhaité que les nématodes entomopathogènes leur soient livrés à plus de 1 000 F CFA soit environ 2 dollars US. Environ 65% des producteurs voudrait que le produit soit gratuitement mis à leur disposition. Il en ressort que l'utilisation des Nématodes Entomopathogènes favoriserait les producteurs de patate douce mais ces derniers n'ont pas assez de moyens financiers pour s'en procurer. Il faut alors penser à une solution durable à adopter pour aider ces derniers à accéder à moindre coût à cette technologie.

## 5. Discussion

De façon générale, cette étude vise à décrire les pratiques des producteurs de patate douce et leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce (*Cylas* spp.) dans le département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin.

Toutefois, il faut rappeler que la sécurité alimentaire est une préoccupation centrale des Etats dans le monde car entre 2005 et 2018, le nombre de personnes sous-alimentées est passé de 947,2 millions à 821,6 millions (FAO, 2019 : 9). La légère amélioration observée sur cette période de 13 ans au niveau mondial n'a pas empêché l'aggravation de la situation en Afrique. En effet, ce continent a connu une augmentation du nombre de personnes sous-alimentées sur la même période. En 2005, le nombre de personnes sous-alimentées en Afrique était de 196,0 millions, ce nombre s'est accru et avoisinait 256,1 millions de personnes en 2018 (FAO, 2019 : 9).

La pauvreté aussi bien humaine que monétaire semble aggraver les difficultés liées à l'insécurité alimentaire. Les résultats de l'Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages (EMICoV) ont établi qu'environ 2 béninois sur 5 vivent en dessous du seuil de pauvreté avec une incidence de 43,6% en milieu rural (INSAE-Bénin, 2016 :18). Selon l'EHCVM 2019, le seuil global annuel de pauvreté au Bénin est estimé à 246 542 F CFA soit environ un revenu annuel de 425 dollars US. Ce seuil est composé d'une composante alimentaire qui en représente 60% et d'une composante non alimentaire qui correspond à 40% de ce revenu annuel (INSAE-Bénin, 2020 : 2).

Aussi, la garantie d'une sécurité alimentaire est une nécessité pour les pays pauvres dont les populations font face à plusieurs menaces dont les mesures des politiques internationales (Bozonnet & Clavreul, 2009), la dégradation des sols (Biofutur, 2015), les crises sanitaires et épidémiologiques (ICTSD, 2014) sans oublier les changements climatiques (Edame, et al., 2011). En dehors de ces freins, l'agriculture africaine est caractérisée par les importants dommages causés par divers ravageurs dont les nématodes (Abebe, et al., 2015).

La réussite de l'introduction d'une innovation peut être liée à plusieurs facteurs tels que la réduction de la charge de travail (Clavel et al., 2008), la conviction de la réduction des charges financières liées à l'innovation (Nobre et Zawadzki, 2015). Ainsi, concernant l'utilisation des nématodes entomopathogènes, La majorité des producteurs (72,5%) a affirmé que c'est une pratique simple et facile à utiliser. De plus, ils ont déclaré avoir eu une satisfaction totale de l'effet des nématodes entomopathogènes sur les insectes ravageurs de la patate douce. Ces résultats montrent que les producteurs ont perçu l'utilité pratique et sociale de l'utilisation de nématodes entomopathogènes. Or, selon Nielsen (1994), une innovation est acceptée lorsque les producteurs

perçoivent son utilité pratique et sociale. De plus, ces résultats confirment la spécificité et la simplicité du modèle de l'acceptation des technologies (TAM) qui relève de l'hypothèse selon laquelle l'utilité perçue et la facilité d'usage perçue sont deux croyances clés dans la prédiction de l'intention d'utilisation. Ces deux croyances sont supposées et démontrées indépendantes (Davis et al, 1989). Il ressort des résultats obtenus que l'utilisation des nématodes entomopathogènes contre les insectes ravageurs de la patate douce est acceptée par les producteurs de patate douce des différentes communes d'intervention du projet. Ainsi, seront-ils prêts à payer pour avoir accès à cette technologie mais à condition que la valeur d'achat soit peu élevée. L'étude a montré que l'utilisation des nématodes entomopathogènes favoriserait les producteurs de patate douce lorsque leur prix d'achat ne dépasserait pas 1000 F CFA. Ces résultats renforcent l'idée selon laquelle les contraintes financières et les niveaux de pauvreté élevés réduisent les possibilités d'investissement dans l'agriculture (Dufлот et al. 2011). Les résultats vont également dans le même sens que ceux de Kebede et al (1990) ; O'Gorman (2006) ; Hailu et al. (2014); Lambrecht et al. (2014) qui grâce à plusieurs études ont montré qu'il existe une corrélation positive entre le niveau de richesse du ménage agricole et le choix d'adoption d'une nouvelle technologie.

## 6. Conclusion

L'objectif de ce travail était de décrire les pratiques des producteurs de patate douce et leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce (*Cylas* spp.) dans le département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin.

Tous les producteurs ayant participé à la phase expérimentale ont perçu l'utilisation des nématodes entomopathogènes comme une pratique simple et facile à utiliser et ont accepté tous de l'utiliser. Ils ont aussi perçu l'utilité de ces nématodes dans la lutte contre les charançons de patate douce. En ce qui concerne leur consentement à payer pour accéder à cette innovation, les producteurs, tous satisfaits de l'application des nématodes souhaitent l'acquérir à moins de 1000 F CFA.

Il est donc nécessaire d'envisager la mise en place d'un projet complémentaire pour l'accompagnement et la facilitation de l'accès à cette méthode biologique de lutte contre les ravageurs de la patate douce. De plus, dans la mesure où ce projet n'a pas procédé à l'estimation du coût de production des nématodes et de leur aliment, il serait souhaitable qu'un tel calcul soit effectué afin de déterminer le coût d'application des nématodes et donc le coût de revient pour proposer des prix d'accès ou rechercher des financements pour la subvention de l'accès des producteurs à cette technologie.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement l'USAID qui a financé le projet NAS/USAID-2000011107 dont le but est d'utiliser les Nématodes Entomopathogènes comme une nouvelle méthode de lutte contre les ravageurs de la patate douce au Bénin et en Afrique du Sud.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	H. Baimey
Collecte des données	J.A.A. Guidi, J. N'tcha Sema, I.S.M. Adjovi
Analyse des données	J.A.A. Guidi, I.S.M. Adjovi
Acquisition de financement	H. Baimey, T. Ramakuwela, D. Shapiro-Ilan
Méthodologie	J.A.A. Guidi, I.S.M. Adjovi
Gestion du projet	H. Baimey, T. Ramakuwela, D. Shapiro-Ilan
Supervision	G.S. Nouatin
Rédaction manuscrit initial	J.A.A. Guidi
Révision et édition manuscrit	I.S.M. Adjovi

## CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

## REFERENCES

- Abebe, E. et al., (2015), Research on plant-parasitic and entomopathogenic nematodes in Ethiopia: a review of current state and future direction. *Nematology*, 17(7), pp.741-759.
- Bell, F. W., Ter-Mikaelian, M. T., & Wagner, R. G. (2000). Relative competitiveness of nine early-successional boreal forest species associated with planted jack pine and black spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(5), pp.790-800.
- BIOFUTUR, (2015), La dégradation des sols menace la sécurité alimentaire. *Biotech News*, Juillet-Août, Issue 367, pp.24-25.
- Bovell-Benjamin, A. C. (2007). Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. *Advances in food and nutrition research*, 52, pp.1-59
- Bozonnet, J.-J. et Clavreul, L., (2009), Nouvelles menaces sur la sécurité alimentaire: Face aux promesses non tenues des pays riches et au risque de flambée des prix des denrées, la FAO s'inquiète.. *Le Monde*, 29 (1). Disponible à l'URL: <https://www.fao.org/3/ca9692fr/ca9692fr.pdf>. (consulté le 12/5/2021)
- Campbell, J. F., Lewis, E. E., Stock, S. P., Nadler, S., & Kaya, H. K. (2003). Evolution of host search strategies in entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 35(2), pp.142-145.
- Clavel, D., Barro, A., Belay, T., Lahmar, R. et Maraux, F. (2008). Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique Sahélienne : le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie. [*VertigO*] La revue électronique en sciences de l'environnement, 8(3). Disponible à l'URI: <https://id.erudit.org/iderudit/039595ar> (consulté le 10/5/2021).
- Davis, F., D., Bagozzi, R., P. & Warshaw, P., R. (1989), "User Acceptance of Computer-Technology - a Comparison of Two Theoretical-Models", *Management Science*, 35(8), pp.982-1003.
- Wood, J. C., & Wood, M. C. (Eds.). (2005). *Peter F. Drucker: critical evaluations in business and management* (Vol. 1). Taylor & Francis.
- Duflot, V., Royer, P., Chazette, P., Baray, J. L., Courcoux, Y., & Delmas, R. (2011). Marine and biomass burning aerosols in the southern Indian Ocean: Retrieval of aerosol optical properties from shipborne lidar and Sun photometer measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D18).
- Edame, G. E., Ekpenyong, A. B., Fonta, W. M. and EJC, D., (2011), Climate Change, Food Security and Agricultural Productivity in Africa: Issues and policy directions. *International Journal of Humanities and Social Science*, Décembre, 1(21), pp.205-223.
- FAO (2019), *L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2019 : Se prémunir contre les ralentissements et les fléchissements économiques*, Rome: FAO.
- Ferreira, T., & Malan, A. P. (2014). Xenorhabdus and Photorhabdus, bacterial symbionts of the entomopathogenic nematodes Steinernema and Heterorhabditis and their in vitro liquid mass culture: a review. *African Entomology*, 22(1), pp.1-14.
- Forschler, B. T., All, J. N., & Gardner, W. A. (1990). Steinernema feltiae activity and infectivity in response to herbicide exposure in aqueous and soil environments. *Journal of Invertebrate Pathology*, 55(3), pp.375-379.
- Gandonou, E., Gounou, E., Mitchikpè, E., Biaou, A., Kpènavoun, S. (2010). Etude sur les normes de consommation des principaux produits vivriers et l'amélioration des conditions de vie au Bénin. Centre de Partenariat et d'Expertise pour le Développement Durable (CePED), Cotonou, 5-86.
- Hailu, B. K., Abhra, B. K., & Weldegiorgis, K. A. (2014). Adoption and impact of agricultural technologies on farm income: Evidence from Southern Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Food and Agricultural Economics (IJFAEC)*, 2(1128-2016-92058), pp.91-106.
- Harouna, Issa, A., Doumma, A., & Toufique, Bello, M. (2015). Inventaire des variétés, des méthodes locales de stockage et de protection contre les ravageurs de la patate douce (Ipomea batatas L.) dans la bande Ouest du Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(4): pp.1962-1971.
- ICTSD, (2014). L'épidémie d'Ebola menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. *Passerelles*, Octobre, 4(15), pp.23-24.

- INSAE-Bénin, (2020), *Note sur la pauvreté en 2019*, Cotonou. Disponible à l'URL: <https://insae.bj/images/docs/insae-publications/autres/Note-sur-la-pauvrete/Note%20synth%C3%A8se%20sur%20la%20pauvrete%20en%202019.pdf>. (consulté le 13/5/2021)
- INSAE-Bénin. (2016). Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du benin (RGPH-4, 2013). Banque Mondiale, Confédération Suisse, UNICEF, UNFPA. Cotonou.
- Jansson, R. K., Lecrone, S. H., & Gaugler, R. (1991). Comparison of single and multiple releases of Heterorhabditis bacteriophora Poinar (Nematoda: Heterorhabditidae) for control of Cylas formicarius (Fabricius) (Coleoptera: Apionidae). *Biological Control*, 1(4), pp.320-328.
- Kaya, H. K. (2000). Entomopathogenic nematodes and their prospects for biological control in California. In *California Conference on Biological Control II, The Historic Mission Inn Riverside, California, USA, 11-12 July, 2000* (pp. 38-46). Center for Biological Control, College of Natural Resources, University of California.
- Kaya, H. K., Aguilera, M. M., Alumai, A., Choo, H. Y., De la Torre, M., Fodor, A., ... & Ehlers, R. U. (2006). Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. *Biological control*, 38(1), pp.134-155.
- Kaya, H.K. and Gaugler, R. (1993). Entomopathogenic nematodes. *Annual Reviews in Entomology*, 38 (1), 181-206.
- Kebede, Y., Gunjal, K., & Coffin, G. (1990). Adoption of new technologies in Ethiopian agriculture: the case of Tegulet-Bulga District, Shoa Province. *Agricultural economics*, 4(1), pp.27-43.
- Lambrecht, I., Vanlauwe, B., Merck, R. et Maertens, M. (2014). 'Understanding the Process of Agricultural Technology Adoption: Mineral Fertilizer in Eastern DR Congo'. *World Development*, Elsevier, 59, pp.132-146.
- Lehu, J. M. (2004). Back to life! Why brands grow old and sometimes die and what managers then do: An exploratory qualitative research put into the French context. *Journal of Marketing Communications*, 10(2), pp.133-152.
- Masclat, J.-P. (2016). Les nématodes utiles. Communication sur l'émission Monsieur Jardinier, RTS. [Online] Url : <https://www.rts.ch/la-1ere/programmes/monsieur-jardinier/themes/plantes-question-de-developpement/7496477.html/BINARY/Les%20n%C3%A9matodes%20utiles%2028suite%29.pdf>
- Mauléon, H., & Denon, D. (2008). Étude de la répartition en Guadeloupe de Cylas formicarius, charançon de la patate douce, et essai d'une méthode de lutte biologique. *Rapport final INRA*. Disponible à l'URL: [http://transfaire.antilles.inrae.fr/IMG/pdf/RPR-2008-Mauleon\\_CPER\\_Cylas.pdf](http://transfaire.antilles.inrae.fr/IMG/pdf/RPR-2008-Mauleon_CPER_Cylas.pdf). (consulté le 15/5/2021).
- Mitchikpe, E. C., Ategbob, E. A., Fanou, J. A., & Nago, M. C. (2003). Consommation alimentaire des ménages urbains au Bénin. In : Muchnik, J. Alimentation, savoir-faire et innovations agroalimentaires en Afrique de l'Ouest (ALISA): rapport de synthèse.
- Nielsen, J. (1994). Estimating the number of subjects needed for a thinking aloud test. *International journal of human-computer studies*, 41(3), pp.385-397.
- Nobre T. et Zawadzki C., (2015), Analyse par la théorie de la traduction de l'abandon et du détournement d'outils lors de l'introduction d'un contrôle de gestion en PME. *Finance Contrôle Stratégie*, no 18-1. Disponible à l'URI: <https://journals.openedition.org/fcs/1574> (consulté le 25/5/2021).
- O'Gorman, E. (2006). *Irony and Misreading in the Annals of Tacitus*. Cambridge university press.
- Rovesti, L., & Deseö, K. V. (1991). Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode, Heterorhabditis heliothidis. *Nematologica*, 37(1-4), pp.113-116.
- San-Blas, E. (2013). Progress on entomopathogenic nematology research: A bibliometric study of the last three decades: 1980–2010. *Biological Control*, 66(2), pp.102-124.
- Lacey, L. A., & Shapiro-Ilan, D. I. (2008). Microbial control of insect pests in temperate orchard systems: potential for incorporation into IPM. *Annual review of entomology*, 53, pp.121–144.
- Śledzik K., (2013), Schumpeter's view on innovation and entrepreneurship. *Management Trends in Theory and Practice*, (ed.) Stefan Hitmar, Faculty of Management Science and Informatics, University of Zilina & Institute of Management, pp.89-95.
- Stathers, T., Low, J., Mwanga, R., Carey, T., David, S., Gibson, R., Namanda, S., McEwan, M., Bechoff, A., Malinga, J., Benjamin, M., Katcher, H., Blakenship, J., Andrade, M., Agili, S., Njoku, J., Sindi, K., Mulongo, G., Tumwegamire, S., Njoku, A., Abidin, E., Mbabu, A. (2013a). *Everything You Ever Wanted to Know about Sweetpotato: Reaching Agents of Change ToT Manual. Volume 1*. International Potato Center, Nairobi, Kenya. Disponible à l'URL: <http://www.sweetpotatoknowledge.org/wp-content/uploads/2015/11/Everything-You-Ever-Wanted-to-Know-about-Sweetpotato-ToT-Manual-Volume-1.pdf>. (consulté le 16/5/2021)
- Stathers, T., Carey, E., Mwanga, R., Njoku, J., Malinga, J., Njoku, A., Gibson, R., Namanda, S. (2013b). *Everything You Ever Wanted to Know about Sweetpotato: Reaching Agents of Change ToT Manual. Volume 4: Sweetpotato production and management; Sweetpotato pest and disease management*. International Potato Center, Nairobi, Kenya. Disponible à l'URL: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/11/006194.pdf>. (consulté le 16/5/2021).
- Theberge, J. B., & Gauthier, D. A. (1985). Models of wolf-ungulate relationships: when is wolf control justified? *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 13(4), pp.449-458.
- Vernier P. et Varin D. (1994), La culture de la patate douce. *Agriculture et développement*, n° 3 – Août 1994, pp.54-63.
- Zadji, L., Baimey, H., Afouda, L., Moens, M., & Decraemer, W. (2014). Effectiveness of different Heterorhabditis isolates from Southern Benin for biocontrol of the subterranean termite, Macrotermes bellicosus (Isoptera: Macrotermitinae), in laboratory trials. *Nematology*, 16(1), pp.109-120.



## SYNTHESE

# Evaluation de la durabilité des exploitations agricoles : une synthèse bibliographique

Koudima BOKOUMBO<sup>1</sup> , Afouda Jacob YABI<sup>1</sup> , Kuawo Assan JOHNSON<sup>2</sup> , Rosaine Nerice YEGBEMEY<sup>1</sup> , Simon BERGE<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Université de Parakou (UP), Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Département d'Economie des Ressources Naturelles (ERN), Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES), BP 123 Parakou, Bénin

<sup>2</sup> Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest (UCAO), BP 43 Kara, Togo

<sup>3</sup> Research Center on Cooperative Enterprises, Department of Business and Economics, University of Winnipeg, Winnipeg, MB, Canada

Emails : [raphbok@gmail.com](mailto:raphbok@gmail.com) ; [ja\\_yabi@yahoo.com](mailto:ja_yabi@yahoo.com) ; [dan\\_kjohns.d@gmail.com](mailto:dan_kjohns.d@gmail.com) ; [ynerice@gmail.com](mailto:ynerice@gmail.com) ; [s.berge@uwinnipeg.ca](mailto:s.berge@uwinnipeg.ca)

Reçu le 28 Mars 2021 - Accepté le 14 Juin 2021 - Publié le 30 Juin 2021

### Assessing Farm Sustainability: a literature review

**Abstract:** Environmental degradation is increasing, and many studies have already revealed that human activities such as agriculture are the main causes. This is an emergency that requires actions by all actors at all levels, and even more so by researchers. It is the reason why target 7 of Sustainable Development Goal 17 calls for the transfer and dissemination of environmentally friendly technologies. However, the journal and research articles that are emerging around the issue of assessing farm sustainability seem to leave aside the capitalization of results in the field and no evaluation approach includes this most important step. This literature review invites researchers to contribute to the implementation of recommendations following any study of farm sustainability assessments. It begins with a critical analysis of recent research on the issue between 2017 and 2020 and leads to an action research approach called Deep Participatory Indicator-Based (DPIB). The scientific search engine Google Scholar was used to identify thirty-four (34) relevant articles of which thirty (30) were selected for the analysis.

**Keywords:** agricultural sustainability, sustainability assessment, Sustainable Development Goals, literature review.

**Résumé :** La dégradation de l'environnement s'accroît et des études ont déjà révélé que les activités humaines telles que l'agriculture en sont les principales causes. Il s'agit d'une urgence qui exige une action de la part de tous les acteurs à tous les niveaux, et plus encore de la part des chercheurs. C'est d'ailleurs pour cette cause que la cible 7 de l'Objectif de Développement Durable 17 exhorte au transfert et à la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement. Cependant, les articles de revue et de recherche qui émergent autour de la question de l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles semblent laisser de côté la capitalisation des résultats sur le terrain et aucune approche d'évaluation n'inclut une telle étape qui demeure très importante. La présente revue de la littérature invite les chercheurs à contribuer à la mise en œuvre des recommandations après toute étude d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles. Elle part d'une analyse critique des recherches récentes sur la question entre 2017 et 2020 et débouche sur une approche de recherche-action nommée *Deep Participatory Indicator-Based* (DPIB). Le moteur de recherche scientifique « Google Scholar » a été utilisé pour identifier trente-quatre (34) articles pertinents dont trente (30) analysés à cet effet.

**Mots clés :** durabilité agricole, évaluation de la durabilité, Objectifs de Développement Durable, revue de la littérature.

## 1. Introduction

De grandes études d'évaluation de l'environnement à l'instar de celle réalisée en 1951 par l'Union Internationale pour la Protection de la Nature (UIPN) et du Club de Rome en 1972, montrent que la dégradation de l'environnement est essentiellement due aux activités humaines (Egle et al., 2017a). Parmi ces activités, les activités agricoles qui, pour faire face aux défis alimentaires de plus en plus grandissants (Viola & Marinelli, 2016), se focalisent sur l'utilisation abusive d'engrais et de pesticides. (Bockstaller et al., 2009). C'est la raison pour laquelle les travaux scientifiques sont féconds sur les questions de protection de l'environnement en lien avec l'agriculture, la gestion rationnelle des ressources naturelles et l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles.

La littérature récente offre environ soixante méthodes d'évaluation de la durabilité qui sont basées sur l'usage de plusieurs indicateurs (De Olde et al., 2016; Lairez et al., 2015; Schader et al., 2014; Zahm et al., 2019). Parmi celles-ci, les unes évaluent la durabilité de manière globale, les autres le font de manière partielle avec une ou deux des trois qui sont dimensions l'économique, le sociale et l'environnementale. Qu'elles soient à évaluation partielle ou globale, ces méthodes montrent assez de discordance sur la démarche méthodologique et le choix des indicateurs alors que la problématique qu'ils abordent reste universelle. L'universalité de la question est fondée sur le fait que les productions agricoles d'un pays ou d'un continent servent d'une manière ou d'une autre, les autres pays ou continents. Et lorsque la durabilité agricole est compromise en une partie quoique petite du monde, des effets sont attendus partout ailleurs. Le monde entier se trouve donc concerné.

Le monde a une vision universelle déclinée dans les Objectifs de Développement Durable (ODD). Cette vision devrait gouverner les actions des acteurs à tous les niveaux. A travers la cible 7 de son 17ème objectif, les ODD visent à promouvoir la mise au point, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement (Bali Swain & Yang-Wallentin, 2020). L'opérationnalisation de cette cible dans les activités agricoles amène à questionner particulièrement les chercheurs sur la valorisation des résultats des études d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles. En effet, le fait que la plupart des études d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles ne soient pas associées à des actions concrètes post-évaluations, crée de l'inquiétude et met en doute la valeur ajoutée de ces études sur le terrain.

Il est certes difficile d'envisager une approche unique du fait que les contextes diffèrent d'une zone à une autre, d'un pays à un autre et d'un continent à un autre (Bélanger et al., 2012). Cela signifie que les indicateurs qui doivent orienter les évaluations n'ont aucune raison d'être universels. Néanmoins, l'universalité de la question fait appel au moins à une logique d'intervention commune.

La présente synthèse bibliographique est donc principalement gouvernée par la finalité de susciter au niveau de la communauté scientifique, la prise en compte des actions post-évaluations dans leurs logiques d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles. Ainsi, ce papier se base sur une synthèse de trente (30) articles entre 2017 et 2020. Il porte d'abord un regard critique sur les travaux d'évaluation des exploitations agricoles ne prenant pas en compte les trois dimensions de la durabilité, ensuite, analyse les travaux prenant en compte les trois dimensions et enfin, les évalue par rapport à la cible 7 de l'Objectif du Développement Durable 17. Les analyses ont abouti à une nouvelle approche nommée Deep Participatory Indicator-Based (DPIB).

## 2. Matériel et méthodes

La présente synthèse bibliographique fonde sa méthodologie tout comme d'autres travaux (Lampridi et al., 2019; Markard et al., 2012), sur le choix minutieux des mots clés à insérer dans les moteurs de recherche en utilisant des opérateurs booléens (ET/OU) pour des combinaisons. Seul le catalogue de bibliographie de Google Scholar a été utilisé à cause de son accessibilité assez libre par rapport aux autres catalogues ou sites.

La sélection d'articles s'est focalisée sur les papiers publiés dans la période 2017 - 2020. En effet, la période 2017 - 2020 a été définie dans une logique d'actualisation triennale des analyses effectuées dans le présent papier. Ce qui veut dire que les mêmes investigations sont planifiées pour les périodes 2020-2023, 2023-2026 etc. Les articles ont été identifiés en faisant essentiellement usage des expressions et mots suivants : "évaluation", "durabilité", "exploitation agricole", "évaluation économique", "évaluation sociale" et "évaluation environnementale" pour exclure les résultats qui ne sont pas pertinents pour le domaine examiné.

La cible 7 du 17ème objectif de développement durable a servi de gouvernail pour les analyses critiques effectuées sur les articles pertinents. La 7ème cible du 17ème objectif de développement durable se libelle comme suit : « promouvoir la mise au point, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement en faveur des pays en développement, à des conditions favorables, y compris privilégiées et préférentielles, arrêtées d'un commun accord ». Des groupes et sous-groupes ont été utilisés pour comparer le niveau d'implication des chercheurs suivant leurs positions

---

\* Auteur Correspondant : [raphbok@gmail.com](mailto:raphbok@gmail.com)  
Copyright © 2021 Université de Parakou, Bénin

géographiques. Un premier groupe "zone hors Afrique" regroupe tous les articles réalisés dans un contexte non africain et un deuxième groupe "zone Afrique" regroupant les articles réalisés dans un contexte africain. Ce deuxième groupe est formé de deux sous-groupes "zone Afrique subsaharienne" et "zone autre Afrique" qui désigne la zone africaine exclue de l'Afrique subsaharienne. L'ensemble des groupes constitue la "zone

monde". Afin de mettre en relief les statistiques liées à la situation géographique et au type d'approche utilisée dans les travaux consultés, le tableur Excel a été utilisé. La prise en compte des articles dans les analyses a suivi le processus décrit dans le tableau 1.

Pour étendre les analyses dans la zone Afrique, les papiers publiés en anglais et en français ont été ciblés.

Tableau 1 : Processus de sélection des articles pertinents.

Table 1: Selection process of relevant articles.

Etapas		Résultats
<b>Etape 1 : Insertion de mots clés et leurs combinaisons dans le moteur de recherche</b>		
↓	"évaluation", "durabilité", "exploitation agricole", "évaluation économique", "évaluation sociale" et "évaluation environnementale"	34 articles identifiés à partir des titres et résumés.
<b>Etape 2 : Premier niveau de sélection</b>		
↓	Articles écartés	Articles consultés
	Articles écartés	4 articles écartés et 30 articles pertinents consultés
↓	Ecartés pour des raisons de non pertinence par rapport à l'objet de la synthèse	Consultés pour des raisons de pertinence par rapport à l'objet de la synthèse (répartition géographique et analyses critiques)
		4 articles de synthèses consultés non analysés et 26 articles de recherches consultés et analysés
<b>Etape 3 : Analyses critiques</b>		
↓	Analyse critique par rapport au nombre de dimensions pris en compte parmi les trois dimensions de la durabilité	Analyse critique par rapport à la cible 7 de l'ODD 17
		Manques à gagner identifiés et nouveauté proposée

Source : élaboré dans le cadre du présent papier, septembre 2020.

Source: Prepared in the framework of this paper, September 2020.

### 3. Résultats

#### 3.1. Statistiques globales des articles consultés

Au total, comme l'indique la figure 1, trente et quatre (34) papiers ont été identifiés sur base de pertinence de leurs titres. Quatre (04) sur les trente-quatre (34) soit 12% (Coteur et al., 2018; Fontaine et al., 2019; Khanh et al., 2017; Maréchal et al., 2019) ont été écartés compte tenue de leurs orientations éloignées de la logique d'une évaluation. Le reste, donc un équivalent de 88% (30 papiers) ont servis pour les principales analyses dans cet article. Notons qu'un groupe de papiers (Duteurtre et al., 2017; Eichler Inwood et al., 2018; Lampridi et al., 2019; Slätmo et al., 2017) s'est focalisé tout comme le présent papier, sur des synthèses bibliographiques. Ces derniers ont donc orienté l'approche méthodologique adoptée dans le présent papier. Ils ont tout de même été pris en compte dans les statistiques de zones car ayant été consultés au même titre que les 26 restants.

Traitement global des articles

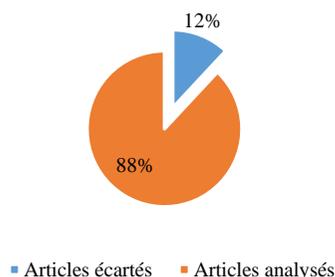


Figure 1 : Statistiques globales des 34 articles sélectionnés. Source : Résultats d'analyse de données, septembre 2020.

Figure 1: Overall statistics of the 34 selected articles. Source: Data analysis results, September 2020.

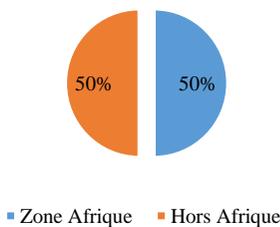
### 3.2. Répartition des travaux analysés en fonction de la zone et des approches

De l'analyse statistique globale des trente (30) articles consultés et utilisés, il ressort que les articles analysés sont équitablement répartis dans les zones Afrique et hors Afrique (figure 2, partie a). Les études identifiées dans la zone Afrique entre 2017 et 2020 proviennent à 91% de l'Afrique subsaharienne comme le présente la partie "b" de la figure 2.

Les parties "c" et "d" de la figure 3 montrent que l'approche IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) est beaucoup utilisée en Afrique et beaucoup plus au sud du Sahara. En effet, dans la zone Monde, 47% des papiers consultés ont fait usage de cette approche en Afrique alors que seulement 20% en font usage dans le reste du monde.

Les 30 articles pris en compte pour les analyses sont équitablement répartis entre la zone Afrique et la zone Hors Afrique. Plus de 90% des articles dans la zone Afrique touchent le contexte de l'Afrique Subsaharienne. Il est noté globalement un extrême usage de l'approche IDEA qui est pourtant non seulement moins participative mais aussi loin de refléter les réalités africaines. En effet l'approche IDEA est conçue principalement pour les exploitations françaises (Zucchini et al., 2016). Certains indicateurs de cette approche, sont fondés sur des normes européennes (Briquel et al., 2001). Les discussions apportées aux résultats de cette recherche suivent une logique exploratoire globalisant les tendances des articles publiés entre 2017 et 2020 en faisant appel à la 7<sup>ème</sup> cible de l'ODD 17.

a: % de papiers dans le monde



b: % de papiers dans la zone Afrique

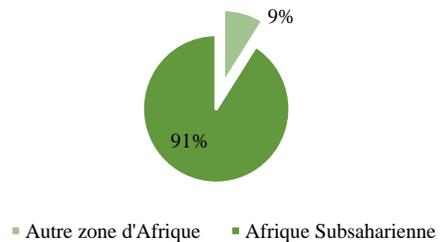


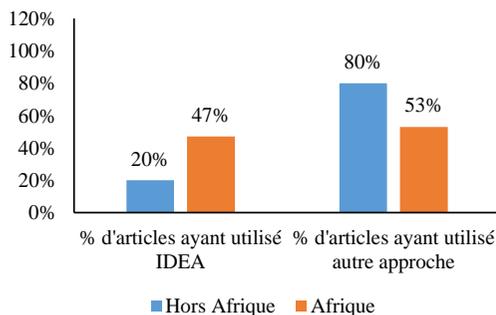
Figure 2 : Statistiques de 30 travaux consultés suivant les zones Afrique, hors Afrique et Afrique subsaharienne.

Source: Résultats d'analyse de données, septembre 2020.

Figure 2: Statistics of 30 consulted works according to Africa, non-Africa and Sub-Saharan Africa zones.

Source: Data analysis results, September 2020.

c: Statistiques dans le monde



d: Statistiques dans la zone Afrique

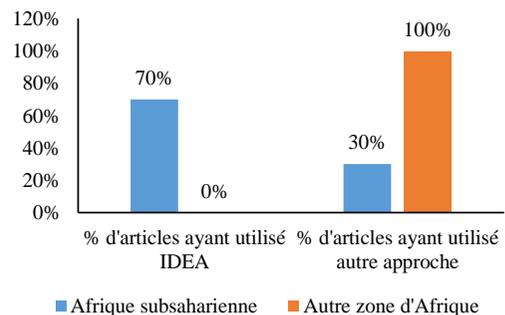


Figure 3 : Statistiques de 26 travaux analysés suivant la zone et l'approche entre 2017 et 2020

Source : Résultats d'analyse de données, septembre 2020.

Figure 3: Statistics of 26 analyzed works by area and approach between 2017 and 2020.

Source: Data analysis results, September 2020.

## 4. Discussion

### 4.1. Regard critique sur les articles consultés

Cette partie prend en compte les articles consultés qui ne sont pas des synthèses bibliographiques donc au total 26 articles.

#### 4.1.1. Travaux d'évaluation des exploitations agricoles prenant en compte l'un des trois dimensions de la durabilité

Parmi les travaux récents d'évaluation partielle (Abou et al., 2018; Ayedegue & Degla, 2020; Guibert et al., 2019; Janker et al., 2019; Keita et al., 2019; Rodrigues et al., 2018; Servièrè et al., 2019) consultés, l'on retient le cadre Sociel qui permet d'analyser la durabilité sociale spécifiquement (Servièrè et al., 2019). Il est construit à partir des propos des parties prenantes concernées. Comparativement aux dimensions économique et environnementale, très peu de travaux portent sur la dimension sociale des exploitations d'élevage. C'est l'une des raisons pour lesquelles Sociel a été proposée par Servièrè et al. (2019). L'article intitulé « l'évaluation de la durabilité agro-écologique des aménagements hydro-agricoles de la plaine inondable dans le tandem dangbo-adjohoun au sud-est du Bénin » (Abou et al., 2018) s'est plutôt penchée sur l'aspect environnemental de la durabilité. Les travaux récents s'intéressent de moins en moins à la durabilité économique des exploitations agricoles ; aspect autrefois prisé et désigné sous les expressions « performance économique », « viabilité économique » etc. Ce constat peut être expliqué par l'arrimage des travaux de recherche à l'actualité. Le glas a sonné après le rapport Bruntland de 1987 et les recherches ne cessent de s'accumuler multiplier face à la dégradation de croissante de l'environnement.

Lorsque l'on s'en tient à la définition d'une agriculture durable, on note qu'il s'agit d'une agriculture écologiquement saine, économiquement viable, socialement juste et humaine (Zahm et al., 2015). Il est donc clair que les trois dimensions sans distinction aucune doivent être prises en compte afin de satisfaire complètement l'idéale de la durabilité tel qu'évoqué par le rapport Bruntland. C'est en voulant atteindre des objectifs économiques et sociaux que l'on finit par causer des dommages au capital naturel.

Ainsi, une évaluation globale de la durabilité offre plus d'informations enrichissant les analyses du chercheur et par ricochet, ses recommandations. C'est dans cette même logique que l'approche *Elimination method* (Talukder et al., 2017) du *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) (MacCrimmon, 1973; Radford, 1989) a été conçue.

Néanmoins, des contextes spécifiques peuvent motiver le choix d'investigations sur un aspect donné de la durabilité. Dans ce cas, il est souhaitable que les raisons

soient précisées pour éclairer et mieux situer la communauté scientifique.

#### 4.1.2. Travaux d'évaluation des exploitations agricoles prenant en compte les trois dimensions de la durabilité

Les travaux consultés prenant en compte les trois dimensions de la durabilité (Acosta-Alba et al., 2019; Agossou et al., 2017; Baccar et al., 2019; Bachev, 2019; Bamogo et al., 2017; Biret et al., 2019; Dos Santos et al., 2019; Egle et al., 2017b; Jacquot, 2020; Kelly et al., 2018; Lobietti et al., 2018; Mili & Martínez-Vega, 2019; Mohammed et al., 2019; Nyore et al., 2017; Ouedraogo, 2019; Plateau et al., 2017; Schader et al., 2019; Talukder et al., 2017; Zahm et al., 2019) sont plus représentés dans ce papier.

De plus en plus, les chercheurs Africains mettent la question de la durabilité des exploitations agricoles au cœur de leurs investigations ; en témoignent les données de la figure 2. En effet, il s'agit d'une avancée qui est appelée à croître davantage pour faire face à la problématique de la durabilité des exploitations agricoles qui ne cesse de prendre de l'ampleur en Afrique. Car il est signalé dans les travaux de Desanker (2006) que le continent africain est menacé par des répercussions extrêmement diverses qui risquent d'obérer son développement, à commencer par son agriculture. Ces risques restent méconnus alors que l'adaptation aux conséquences prévisibles devrait être placée au centre d'une planification à long terme du développement de la région (Desanker, 2006). Cette situation doit attirer l'attention non seulement des gouvernants par rapport à leurs planifications, mais aussi des chercheurs par rapport à leurs contributions concrètes. La figure 3 montre que les chercheurs en Afrique s'inspirent presque tous de l'approche IDEA alors que tel n'est pas le cas dans le reste du monde.

Presque toutes les fois où les études hors Afriques ont rejeté l'approche IDEA, il est évoqué le fait qu'elle soit calquée uniquement sur le contexte européen notamment français. Il s'en suit dans bien des cas, l'usage d'une approche participative et originale ; en témoigne la plupart des articles anglophones consultés. L'on s'interroge donc sur ce qui empêcherait les chercheurs africains surtout au sud du Sahara de bâtir leurs travaux d'évaluation sur des approches originales, participatives et orientées vers des actions concrètes.

Il faut souligner également que l'approche IDEA pénalise les exploitations spécialisées, c'est-à-dire ne combinant pas la production végétale à la production animale. En effet, les auteurs de l'approche IDEA considèrent que le système d'exploitation idéal pour répondre aux objectifs de durabilité est un système associant des cultures végétales à des ateliers de production animale. Sans vouloir imposer un retour généralisé à la polyculture élevage d'antan, la méthode IDEA génère donc des indicateurs de durabilité agro-écologique qui

pénalisent les exploitations dont les systèmes de production sont relativement spécialisés (Cadilhon et al., 2006). L'on peut donc se questionner sur l'efficacité des études qui n'optent pas pour des approches originales surtout lorsque l'on s'intéresse à des actions post-interventions.

#### 4.1.3. Analyse des approches d'évaluation de la durabilité à l'aune de la cible 7 de l'ODD 17

L'étude des cadres conceptuels pour l'évaluation de la durabilité réfléchit sur ce que doit contenir essentiellement toute tentative d'évaluation de la durabilité (Bélangier et al., 2012) :

- contenu systémique : qui convient de prendre en compte les trois dimensions du développement durable dans l'étude d'un système en particulier ;
- contenu spatio-temporel : qui permet de définir la durée durant laquelle on veut être en mesure d'évaluer les effets susceptibles de se manifester et l'échelle à laquelle se tient l'évaluation. Cela permet de voir les limites du système à évaluer ;
- contenu participatif : qui permet la participation de tous les acteurs ;
- contenu méthodologique : qui admet une méthodologie propre à l'utilisation que nous voulons faire de l'évaluation de la durabilité (auto-diagnostic et aide à la décision) et avec quel outil (indicateur) ;
- contenu socioculturel : qui octroie le maintien d'un système de valeur à l'intérieur de l'évaluation, et un sens au contenu local de l'endroit où est faite l'évaluation.

Le temps sollicité aux parties prenantes ne devrait pas être exagéré. L'approche PIB (*Participatory Indicator-Based*) (Yegbemey et al., 2014) par exemple répond largement à ces critères. Elle montre une similarité avec l'approche EVAS (Empirical Evaluation of Agricultural Sustainability) (Gómez-Limón & Sanchez-Fernandez, 2010) du point de vu du nombre total d'indicateurs très réduit, respectivement 17 et 16. Le nombre d'indicateur est un paramètre très important surtout que l'on sollicite l'implication des exploitants agricoles qui deviennent souvent moins collaboratifs à mesure que le temps sollicité augmente.

Toutes les approches d'évaluation de la durabilité doivent en principe se clôturer avec la mise en place d'un plan de suivi de la mise en œuvre des recommandations. Car, elles doivent non seulement montrer le niveau (score) de durabilité des unités évaluées mais aussi contribuer activement à leur évolution vers une meilleure durabilité. Cette logique effleurée par l'approche IDEA-Run (Lobiatti et al., 2018), va au-delà d'une simple approche transposable dans la pratique comme le suggèrent certains travaux (Roesch et al., 2016), et s'inscrit dans l'opérationnalisation de la cible

7 du 17<sup>ème</sup> objectif de développement durable. Elle est formulée comme suit : « Promouvoir la mise au point, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement en faveur des pays en développement, à des conditions favorables, y compris privilégiées et préférentielles, arrêtees d'un commun accord ».

L'objectif de susciter la recherche-action sur la question de la durabilité des exploitations agricoles soutenu par cet objectif du développement durable a motivé la proposition d'une nouvelle logique dénommée *Deep Participatory Indicator-Based* (DPIB).

## 4.2. Cadre conceptuel DPIB

La participation des acteurs dans la démarche d'évaluation est une question à trancher. Elle consiste à s'interroger de la manière suivante : sont-ils co-concepteurs de la méthode, validateurs, enquêtés ou seulement destinataires des résultats (Lairez et al., 2017) ? L'approche DPIB a été orientée par ces questions et met l'accent sur trois parties prenantes à savoir le chercheur, les producteurs agricoles et les services publics et privés concernés. En effet, la question de la durabilité occupe une place de plus en plus importante au sein des entreprises, des ONG, et les programmes gouvernementaux dans le monde entier. De plus en plus, les organisations se rendent compte de l'importance d'initiatives environnementales dans la réalisation de leurs objectifs économiques et sociaux.

Tous ces acteurs sont à impliquer dans la définition des indicateurs et dans la mise en œuvre des plans de redressement. L'on s'attend donc à une intervention sur-mesure coordonnée par le chercheur qui est appelé à mettre les autres acteurs au cœur du processus. Le chercheur est ainsi considéré dans cette logique comme étant un médecin de la durabilité des exploitations agricoles et donc ne se sentira utile que lorsque son patient met en œuvre ses recommandations. Il est à cet effet nécessaire au chercheur d'effectuer un suivi de son patient.

Loin d'être une approche spécifique à l'Afrique Sub-saharienne, DPIB est un moule capable de phagocytter toutes les autres approches. Il s'agit d'une logique d'intervention à facteur d'impact. Cet aboutissement qui favorise le brassage de plusieurs approches est similaire à celui d'autres synthèses bibliographiques comme par exemple, celle concernant les approches d'évaluation d'impact environnemental (Perminova et al., 2016). Le chercheur qui choisit d'utiliser l'approche DPIB (Tableau 2 et figure 4), s'aligne derrière la cible 7 de l'ODD 17 et s'annonce comme un partenaire œuvrant pour l'atteinte des ODD.

L'approche DPIB est organisée en dix étapes successives. Après la caractérisation des exploitations concernées, il faut identifier les indicateurs à utiliser ainsi que le mode de notation correspondants à travers des focus groups. A ce niveau, la flexibilité de l'approche DPIB s'exprime à travers son ouverture aux indicateurs de

toutes autres approches en cas de besoin. Il est juste indispensable de les faire actualiser avec les autres parties prenantes. Le chercheur conçoit ensuite un questionnaire d'enquête qui sera utilisé pour collecter les données requises. Les données sont ensuite saisies dans un logiciel, traitées et analysées afin d'identifier les points de redressements des exploitations vis-à-vis de la durabilité. Identification et implication ensuite, des autorités ou services concernés dans la formulation participative des actions de redressements qui feront objet de planification participative. Le processus de l'approche DPIB

(Tableau 2) s'achève avec la mise en œuvre des actions de redressement accompagnée du suivi et de l'évaluation.

Ce cadre conceptuel nommé DPIB est schématisé comme le montre la figure 4. En évoluant du haut vers le bas, le chercheur est impliqué dans tout le processus mais avec une intensité dégressive. Contrairement, l'implication des autres parties prenantes évolue de manière croissante du haut vers le bas.

Tableau 2: Explication du cadre conceptuel DPIB. Le DPIB conduit le processus du chercheur jusqu'à la mise en place d'un plan de suivi permettant de recadrer les points faibles des unités évaluées.

Table 2: Explanation of the DPIB conceptual framework. DPIB leads the researcher's process to the implementation of a follow-up plan to address the weaknesses of the units being evaluated

Titre	Base du cadre d'évaluation	Groupes d'utilisateurs	Échelles d'analyse	Étapes successives	Caractéristiques
DPIB : Deep Participatory Indicator-Based	Basé sur les 3 dimensions du DD  Fait usage des indicateurs de toutes approches  Fondé sur un engagement pour la réalisation des objectifs du développement durable	Producteurs, conseillers, chercheurs, décideurs	parcelle, ferme	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Caractériser le système ;</li> <li>2) Organiser des discussions de groupe avec les agriculteurs et les agents de vulgarisation pour identifier les données nécessaires pour mesurer la durabilité agricole. <ul style="list-style-type: none"> <li>- La détermination des composants associés à chaque dimension de la durabilité ainsi que les indicateurs associés,</li> <li>- Mise en place d'un système de scoring et de valeurs seuils pour chaque Indicateur.</li> </ul> </li> <li>3) Conception d'un questionnaire d'enquête qui sera utilisé pour collecter les données requises ;</li> <li>4) Organiser une enquête auprès des ménages afin de collecter les données primaires requises, conformément aux indicateurs choisis ;</li> <li>5) Estimation des valeurs de chaque indicateur, composant et dimension de la durabilité ;</li> <li>6) Identifier les points de redressements des exploitations vis-à-vis de la durabilité ;</li> <li>7) Identification et implication des autorités ou services concernés ;</li> <li>8) Formulation participative des actions de redressements ;</li> <li>9) Planification participative de la mise en œuvre des actions de redressements ;</li> <li>10) Mise en œuvre.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Approche participative</li> <li>- Indicateurs doivent répondre aux spécificités du milieu, aux attributs de durabilité et couvrir les 3 dimensions du DD</li> <li>- Champs d'application très large</li> <li>- Réutilisable par les producteurs</li> <li>- Prend en compte la cible 7 de l'ODD 17</li> <li>- Possibilité d'impliquer une autorité locale dans le suivi de la mise en œuvre des recommandations sans empêcher l'autonomie de la cible.</li> </ul>

Source: Résultats d'analyse de données, septembre 2020.

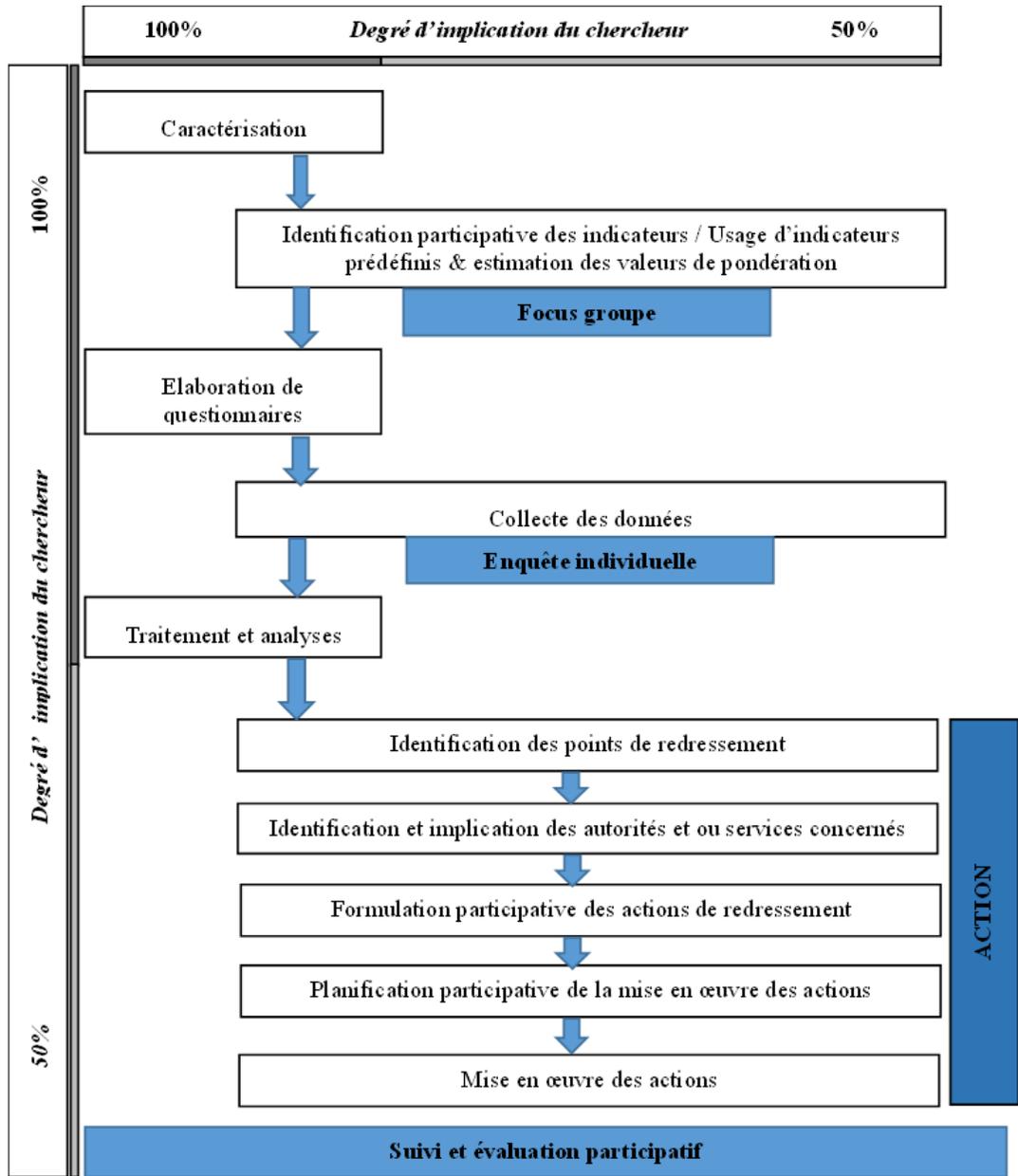


Figure 4: Approche Deep Participatory Indicator-Based (DPIB). Plus on évolue vers la droite et vers le bas, le degré d'implication du chercheur diminue.

Source: Résultats d'analyse de données, septembre 2020.

Figure 4: Deep Participatory Indicator-Based (DPIB) approach. As one moves to the right and downward, the degree of researcher involvement decreases.

Source: Data analysis results, September 2020.

## 5. Conclusion

Cet article a consulté trente-quatre (34) travaux théoriques et empiriques récents portant sur l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles entre 2017 et 2020. Trente (30) d'entre les 34 consultés ont été réellement analysés.

Les analyses effectuées ont mis en relief les avantages d'une étude prenant en compte les trois dimensions de la durabilité par rapport à celle prenant en compte une seule dimension. En effet, en abordant la durabilité de manière holistique, l'on dispose d'un éventail plus large d'informations pour expliquer les tendances des résultats. Les travaux ont été également analysés à l'aune de la cible 7 de l'ODD 17.

Ces investigations ont suscité l'éclosion de l'approche Deep Participatory Indicator-Based (DPIB) ; une approche universelle, participative, non rigide sur le choix des indicateurs et fondée sur la mise en œuvre d'actions post-évaluations concrètes. Une logique gouvernée par la cible 7 de l'ODD 17. En effet, l'approche DPIB est inspirée par l'approche PIB (*Participatory Indicator-Based*) de Yegbemey et al. (2014).

La principale limite de l'approche DPIB se situe au niveau du temps global que le chercheur est appelé à investir pour achever toutes ses étapes. Surtout à la phase « action » où il faut élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour corriger les défauts de durabilité identifiés. Le problème ne se pose pas pendant la phase de collecte si la liste des indicateurs mobilisés n'est pas longue. Aussi faut-il signaler la nécessité d'avoir assez de partenaires financiers aux côtés des chercheurs engagés dans la logique DPIB.

L'hypothèse « les autorités et les services concernés par les points de redressements sont favorables » doit toujours être validée pour que le processus d'évaluation selon l'approche DPIB puisse connaître un achèvement complet.

Les analyses effectuées dans ce papier ne font qu'annoncer le début d'une série d'analyses triennales des approches d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles avec un accent particulier sur la zone Afrique. La prochaine couvrira donc la période 2020 – 2023.

Il serait intéressant d'effectuer une étude proposant un modèle fonctionnel que les scientifiques, les gouvernants et les bailleurs pourront utiliser pour rendre effective la recherche-action en matière de la durabilité des exploitations agricoles. Ceci montrera une phase intéressante de la recherche et marquera le début d'une franche collaboration entre chercheurs, gouvernants et bailleurs autour de la durabilité des exploitations agricoles et de la réalisation des ODD.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	K. Bokoumbo
Collecte des données	K. Bokoumbo
Analyse des données	K. Bokoumbo, A. J. Yabi, K. A. Johnson
Acquisition de financement	K. Bokoumbo
Méthodologie	K. Bokoumbo, A. J. Yabi, K. A. Johnson
Gestion du projet	K. Bokoumbo
Supervision	A. J. Yabi, K. A. Johnson
Rédaction manuscrit initial	K. Bokoumbo, A. J. Yabi, K. A. Johnson, R. N. Yegbemey, S. Berge
Révision et édition manuscrit	K. Bokoumbo, A. J. Yabi, K. A. Johnson, R. N. Yegbemey, S. Berge

## CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

## REFERENCES

- Abou M., Yabi I. and Ogouwale E. 2018. Evaluation De La Durabilité Agro-Ecologique Des Aménagements Hydro-Agricoles De La Plaine Inondable Dans Le Tandem Dangbo-Adjohoun Au Sud-Est Du Bénin, *European Scientific Journal, ESJ*, 14 (9), pp. 226.
- Acosta-Alba I., Chia E. and Andrieu N. 2019. The LCA4CSA framework: Using life cycle assessment to strengthen environmental sustainability analysis of climate smart agriculture options at farm and crop system levels, *Agricultural Systems*, 171, pp. 155–170.
- Agossou G., Gbehounou G., Zahm F. and Agbossou E. K. 2017. Adaptation of the "Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA)" method for assessing sustainability of farms in the lower valley of Ouémé River in the Republic of Benin, *Outlook on Agriculture*, 46 (3), pp. 185–194.
- Ayedegue D. P. and Degla P. K. 2020. Durabilité socio territoriale des exploitations maraichères productrices de tomate au nord Bénin, *Agronomie Africaine*, 32 (2), pp. 221–237.
- Baccar M., Bouaziz A., Dugué P., Gafsi M. and Le Gal P.-Y. 2019. The determining factors of farm sustainability in a context of growing agricultural intensification, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43 (4), pp. 386–408.
- Bachev H. 2019. *Sustainability of Farming Enterprises in Bulgaria*. Cambridge Scholars Publishing.

- Bali Swain R. and Yang-Wallentin F. 2020. Achieving sustainable development goals: predicaments and strategies, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27 (2), pp. 96–106. DOI:10.1080/13504509.2019.1692316.
- Bamogo A., Lankoande F. Y., Kabore C. Y. Z. and Somda S. W. 2017. Contribution de la technologie du biodigesteur à la durabilité des exploitations agricoles familiales au Burkina Faso, *JUNCO/ Journal of UNiversities and International Development COoperation*, (1).
- Bélanger V., Vanasse A., Parent D., Allard G. and Pellerin D. 2012. Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada, *Ecological Indicators*, 23, pp. 421–430.
- Biret C., Buttard C., Farny M., Lisbona D., Janekarnkij P., Barbier J.-M. and Chambon B. 2019. Assessing sustainability of different forms of farm organization: Adaptation of IDEA method to rubber family farms in Thailand, *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. Available from: <http://agritrop.cirad.fr/590564/> [Accessed 22 August 2019].
- Bockstaller C., Guichard L., Keichinger O., Girardin P., Galan M.-B. and Gaillard G. 2009. Comparison of methods to assess the sustainability of agricultural systems. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 29 (1), pp. 223–235. DOI:10.1051/agro:2008058.
- Briquet V., Vilain L., Bourdais J.-L., Girardin P., Mouchet C. and Viaux P. 2001. La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles): une démarche pédagogique, *Ingénieries-ÉAT*, (25), pp. 29–39.
- Cadilhon J.-J., Bossard P., Viaux P., Girardin P., Mouchet C. and Vilain L. 2006. Caractérisation et suivi de la durabilité des exploitations agricoles françaises : les indicateurs de la méthode IDERICA (No. hal-02296161).
- Coteur I., Marchand F., Debruyne L., Dalemans F. and Lauwers L. 2018. Participatory tuning agricultural sustainability assessment tools to Flemish farmer and sector needs, *Environmental Impact Assessment Review*, 69, pp. 70–81.
- De Olde E. M., Oudshoorn F. W., Sørensen C. A., Bokkers E. A. and De Boer I. J. 2016. Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice, *Ecological Indicators*, 66, pp. 391–404.
- Desanker P. V. 2006. Chapitre 11. Vulnérabilité de l’Afrique subsaharienne, in: *Regards sur la Terre 2007. L’annuel du développement durable*. Presses de Sciences Po (PFNSP), pp. 175–186.
- Dos Santos M. J. P. L., Ferreira M. de F., Ahmad N., Ahmed R. R., Mota M. G., Silva E. L. D. G. S. and Machado-Santos C. 2019. Analyse de la durabilité des entreprises agricoles Européennes, in: *33rd IBIMA Conference (International Business Information Management Association)*. IBIMA-International Business Information Management Association.
- Duteurtre G., Lasseur J. and Corniaux C. 2017. Approches et méthodes pour évaluer la durabilité des activités d’élevage dans les pays du Sud.
- Egle K. H., Barage M. and Apedoh K. A. 2017a. Contribution du système de riziculture intensif (SRI) à la durabilité des exploitations agricoles au sud du Togo, *JUNCO/ Journal of UNiversities and International Development COoperation*, (1).
- Egle K. H., Barage M. and Apedoh K. A. 2017b. Contribution du système de riziculture intensif (sri) à la durabilité des exploitations agricoles au sud du Togo, *JUNCO | Journal of UNiversities and international development COoperation*, 0 (1). Available from: <http://www.ojs.unito.it/index.php/junco/article/view/2166> [Accessed 12 April 2019].
- Eichler Inwood S. E., López-Ridaura S., Kline K. L., Gérard B., Monsalve A. G., Govaerts B. and Dale V. H. 2018. Assessing sustainability in agricultural landscapes: a review of approaches 1, 2, *Environmental Reviews*, 26 (3), pp. 299–315.
- Fontaine L., Celette F., Cordeau S., Metais P., Vacher C., Cohan J.-P., et al. 2019. InnovAB-Améliorer les systèmes de grande culture en agriculture biologique : enseignements d’un réseau d’expérimentations de longue durée, *Innovations Agronomiques*, 71, pp. 295–309.
- Gómez-Limón J. A. and Sanchez-Fernandez G. 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators, *Ecological Economics*, 69 (5), pp. 1062–1075.
- Guibert H., Brévault T., Naudin K., Goebel F.-R., Balabaré O., Boulakia S. and Bachelier B. 2019. Une approche agro-écologique pour la durabilité de la culture cotonnière en Afrique sub-saharienne, in: *World Vision*.
- Jacquot A.-L. 2020. Co-construction d’une grille d’évaluation de la durabilité des exploitations laitières adhérant à l’AOP Cantal.
- Janker J., Mann S. and Rist S. 2019. Social sustainability in agriculture—A system-based framework, *Journal of Rural Studies*, 65, pp. 32–42.
- Keita A., Le Bars M., Havard M. and Diarra M. 2019. Impacts de l’évolution des facteurs de production sur l’économie des exploitations agricoles en zone cotonnière au mali : cas des villages de Béguéné et de Karo. In: *Edis*.

- Kelly E., Latruffe L., Desjeux Y., Ryan M., Uthes S., Diazabakana A., Dillon E. and Finn J. 2018. Sustainability indicators for improved assessment of the effects of agricultural policy across the EU: Is FADN the answer? *Ecological Indicators*, 89, pp. 903–911.
- Khanh K. P. D., Duteurtre G., Cournut S., Messad S., Dedieu B. and Hostiou N. 2017. Caractérisation de la diversité et de la durabilité des exploitations laitières familiales au Vietnam : étude de cas en zone périurbaine de Hanoï, *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 69 (4), pp. 131–141.
- Lairez J., Feschet P., Aubin J., Bockstaller C. and Bouvarel I. 2015. Evaluer la durabilité en agriculture, *Agriculture et Développement Durable. Guide Pour l'évaluation Multicritère. Quae/Educagri, Versailles*. Available from: [http://publications.cirad.fr/en/une\\_notice.php?dk=579185](http://publications.cirad.fr/en/une_notice.php?dk=579185)
- Lairez J., Feschet P., Botreau R., Bockstaller C., Fortun-Lamothe L., Bouvarel I. and Aubin J. 2017. L'évaluation multicritère des systèmes d'élevage pour accompagner leurs évolutions : démarches, enjeux et questions soulevées, *INRA Productions Animales*, 30 (3), pp. 255–268.
- Lampridi M., Sørensen C. and Bochtis D. 2019. Agricultural Sustainability: A Review of Concepts and Methods, *Sustainability*, 11 (18), pp. 5120. DOI:10.3390/su11185120.
- Lobiatti M., Michels T., Poletti S., Cabot V., Danflous J.-P., Le Bellec F., Lesage S., Thomas P. and Zahm F. 2018. La méthode IDEA Réunion-IDEA RUN-Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles.
- MacCrimmon K. R. 1973. An overview of multiple objective decision making, *Multiple Criteria Decision Making*, 3, pp. 18–44.
- Maréchal K., Plateau L. and Holzemer L. 2019. La durabilité des circuits courts, une question d'échelle? *Economie Rurale*, 367, pp. 45.
- Markard J., Raven R. and Truffer B. 2012. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects, *Research Policy*, 41 (6), pp. 955–967.
- Mili S. and Martínez-Vega J. 2019. Accounting for regional heterogeneity of agricultural sustainability in Spain, *Sustainability*, 11 (2), pp. 299.
- Mohammed H., Boutkhil M. and Mohamed H. 2019. Impact de la dynamique agricole sur la durabilité des périmètres agricoles traditionnels : cas des oasis des monts du Ksour-Algérie, *DigitAR-Revista Digital de Arqueologia, Arquitectura e Artes*, (5), pp. 331–347.
- Nyore N., Gafsi M. and Madi A. 2017. Durabilité des exploitations agricoles familiales de la zone cotonnière du Cameroun.
- Ouedraogo F. 2019. *Analyse de la durabilité des exploitations maraîchères du Burkina Faso : essai d'une approche socio-écossystémique (cas de la Province du Houet)* (PhD Thesis). UCL-Université Catholique de Louvain.
- Perminova T., Sirina N., Laratte B., Baranovskaya N. and Rikhvanov L. 2016. Methods for land use impact assessment: A review, *Environmental Impact Assessment Review*, 60, pp. 64–74. DOI:10.1016/j.eiar.2016.02.002.
- Plateau L., Maughan N., Visser M., Maréchal K. and Hermesse J. 2017. Durabilité du maraîchage urbain: entre ancrage territorial et trajectoires de mise en oeuvre.
- Radford K. J. 1989. Complex Decision Situations, in: *Individual and Small Group Decisions*. pp. 147–171. Springer, New York, NY.
- Rodrigues G. S., Martins C. R. and de Barros I. 2018. Sustainability assessment of ecological intensification practices in coconut production, *Agricultural Systems*, 165, pp. 71–84.
- Roesch A., Isenring J., Keil N., Jurt C., Nemecek T., Oberholzer H., et al. 2016. Evaluation exhaustive et pratique de la durabilité des exploitations agricoles, *Recherche agronomique suisse*, 7 (9), pp. 408–411.
- Schader C., Curran M., Heidenreich A., Landert J., Blockeel J., Baumgart L., et al. 2019. Accounting for uncertainty in multi-criteria sustainability assessments at the farm level: Improving the robustness of the SMART-Farm Tool, *Ecological Indicators*, 106, pp. 105503.
- Schader C., Grenz J., Meier M. S. and Stolze M. 2014. Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems, *Ecology & Society*, 19 (3).
- Servière G., Balay C. and Cournut S. 2019. Sociel-La durabilité sociale des exploitations d'élevage dans leurs territoires, *Innovations Agronomiques*, 71, pp. 109–121.
- Slätmo E., Fischer K. and Rööös E. 2017. The framing of sustainability in sustainability assessment frameworks for agriculture, *Sociologia Ruralis*, 57 (3), pp. 378–395.
- Talukder B., Blay-Palmer A., Hipel K. and vanLoon G. 2017. Elimination method of multi-criteria decision analysis (mcda): A simple methodological approach for assessing agricultural sustainability, *Sustainability*, 9 (2), pp. 287.
- Viola I. and Marinelli A. 2016. Life Cycle Assessment and Environmental Sustainability in the Food System, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, pp. 317–323. DOI:10.1016/j.aaspro.2016.02.026.

- Yegbemey R. N., Yabi J. A., Dossa C. S. G. and Bauer S. 2014. Novel participatory indicators of sustainability reveal weaknesses of maize cropping in Benin, *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (4), pp. 909–920.
- Zahm F., Ugaglia A. A., Boureau H., D’Homme B., Barbier J. M., Gasselin P., *et al.* 2015. Agriculture et exploitation agricole durables : état de l’art et proposition de définitions revisitées à l’aune des valeurs, des propriétés et des frontières de la durabilité en agriculture, *Innovations Agronomiques*, 46, pp. 105–125.
- Zahm F., Ugaglia A., Barbier J. M., Boureau H., Del’Homme B., Gafsi M., *et al.* 2019. Évaluer la durabilité des exploitations agricoles : la méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité.
- Zucchini E., Faye A., Ngom Y. and Diémé R. 2016. Analyse de la durabilité des exploitations maraichères dans le Bassin Arachidier à travers la méthode IDEA, *Programme d’Appui Au Programme National d’Investissement Dans l’Agriculture Au Sénégal (PAPSEN)*, (Rapport n° 26).



# Performances agronomiques de la variété QPM/FAABA du maïs (*Zea mays* L.) suivant les périodes de semis en condition de perturbations climatiques

Michel BATAMOSSI HERMANN<sup>1,2</sup>, Sabi Bira Joseph TOKORE OROU MERE<sup>1</sup>,  
Moutakilou YAYA<sup>1</sup>, Jean de Dieu Fabrice AKOUNNOU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Phytotechnie, d'Amélioration et de Protection des Plantes (LaPAPP),  
Université de Parakou, BP 123 - Parakou, République du Bénin

<sup>2</sup> Département des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté d'Agronomie,  
Université de Parakou, BP 123 - Parakou, République du Bénin

<sup>3</sup> Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales. (LARDES),  
Université de Parakou, BP 123 - Parakou, République du Bénin

Emails : [batamoussihermannmichel@yahoo.fr](mailto:batamoussihermannmichel@yahoo.fr) ; [jtokore@gmail.com](mailto:jtokore@gmail.com) ; [moutayaya159@gmail.com](mailto:moutayaya159@gmail.com) ;  
[jeanakounnou@yahoo.fr](mailto:jeanakounnou@yahoo.fr)

Reçu le 11 Mars 2021 - Accepté le 14 Juin 2021 - Publié le 30 Juin 2021

## Agronomic performance of the QPM/FAABA maize (*Zea mays* L.) variety according to sowing periods under climatic disturbance conditions

**Abstract:** Maize is becoming more and more a priority for the Beninese state because of its importance for food security and for the national economy. The study of the effects of sowing periods on the agronomic performance of the QPM/FAABA variety of maize was carried out in the commune of Kérou. For this work, the objective is to identify a new corn planting period in the face of current climatic conditions. To carry out this study, an experimental device consisting of a simple random block with three (03) repetitions and three treatments was installed. The producers sheltering the parcels being the repetitions. The three (03) treatments are: T1: early sowing (May 15-June 15); T2: 'normal' sowing (15 June-10 July) and T3: late sowing (10 July-30 July). The agronomic parameters evaluated are related to vegetative growth, the rate of infestation by armyworms caterpillar (*Spodoptera frugiperda*) and the yield of maize. The results show that early sowing (15 May-15 June) results in the greatest heights of "spike insertion" and total plant heights. This same sowing period was also better in terms of grain corn yield ( $2.23 \pm 2.01$  t/ha). The study found that late sowing plants (July 10-July 30) are more susceptible to armyworms caterpillar with 96% infested plants. The best foliage filling rates were recorded at the "normal" sowing (June 15-July 10) and early sowing (May 15-June 15) with respectively 57.66 % and 46.45 % ears filled.

**Keywords:** Kerou, Maize, sowing period, yield, Benin.

**Résumé :** Le maïs devient une priorité pour l'Etat béninois en raison de son importance pour l'alimentation et pour l'économie nationale. L'étude des effets des périodes de semis sur les performances de la variété de maïs QPM/FAABA a été réalisée dans la commune de Kérou. L'objectif de la présente étude est de déterminer une nouvelle période de semis du maïs face aux actuelles conditions climatiques. Pour réaliser cette étude, un Bloc Aléatoire Complet à trois (03) répétitions et à trois (03) traitements a été installé. Ces traitements sont constitués de : T1 : semis précoce (15 mai-15 juin) ; T2 : semis "normal" (15 juin-10 juillet) et T3 : semis tardif (10 juillet-30 juillet). Les paramètres agronomiques évalués sont relatifs à la croissance végétative, au pourcentage d'infestation des plants par la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*) et au rendement en maïs grain. Il ressort de l'examen des résultats que le semis précoce (15 mai-15 juin) permet d'obtenir de meilleures hauteurs "insertion épis" et hauteurs totales des plants. Cette même période de semis s'est aussi révélée meilleure concernant le rendement en maïs-grain ( $2,23 \pm 2,01$  t/ha). L'étude a révélé que les plants du semis tardif (10 juillet-30 juillet) sont plus vulnérables aux chenilles légionnaires avec 96 % de plants infestés. Les meilleurs taux de remplissage des épis ont

été enregistrés au niveau du semis "normal" (15 juin-10 juillet) et du semis précoce (15 mai-15 juin) avec respectivement 57,66% et 46,45 % d'épis remplis.

**Mots clés :** Maïs, Période de semis, rendement, Kérou, Bénin.

## 1. Introduction

Au Bénin, le maïs occupe une place socio-économique très important. Sa production est évaluée à 1 580 750 tonnes en 2020 au Bénin (MAEP/DSA, 2021) sur une production mondiale estimée à 189 000 000 tonnes (OMC, 2021). Il constitue la première base alimentaire du monde. En effet, 43 mets locaux sont préparés à base du maïs (ONS, 2010). Le maïs entre aussi dans l'alimentation des animaux (volailles, porcs, bovins etc.). Il constitue aussi de matière première pour certaines industries agroalimentaire. Par ailleurs, cette spéculation fait l'objet de transactions commerciales internes et externes et représente de ce fait une source de revenus non négligeable pour les producteurs et les commerçants. Le maïs assure la première place des céréales cultivées au Bénin avec près de 70 % des superficies céréalières emblavées (MAEP, 2010). Cependant, la culture de cette céréale se trouve confronter à un problème de faible productivité agricole. Des rendements encore inférieurs à 0,5 t/ha sont enregistré chez certains producteurs alors que le rendement potentiel du maïs est de 3 à 5 t/ha (Azontondé et al., 2005) dans les conditions normales de culture. Au Bénin, outre les nuisibles, le faible rendement du maïs est dû en grande partie à la répartition disproportionnée des quantités d'eau tombée (Balogoun, 2012). Dans le pays, la maïsiculture est essentiellement pluviale, donc tributaire du climat. Or, le climat subit des variations qui se manifestent par une modification du régime des précipitations et une diminution des quantités d'eau des pluies affectant les niveaux de rendement des cultures (Oga, 2012). Depuis une vingtaine d'années, les perturbations climatiques sont devenues fréquentes (Gerardeaux et Fadégnon, 2010) ; ce qui impacte le choix de la date de semis. Or, un choix inapproprié de la période de semis peut hypothéquer le rendement. En effet, les semis précoces du maïs peuvent exposer les plants au risque de connaître des poches de sécheresse pouvant significativement influencer la gestion harmonieuse tant des réserves hydriques que des éléments nutritifs. Quant aux semis retardés, ils peuvent altérer la durée de végétation et réduire la productivité des cultures (Vilain, 1989). Donc, le choix d'une période de semis optimale apparait comme un paramètre clé qui conditionne une bonne production de cette poacée. C'est ainsi que cette recherche a été conduite dans la commune de Kérou afin

de déterminer les nouvelles périodes appropriées de semis en maïsiculture dans le contexte climatique actuel.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériels

#### 2.1.1. Matériel végétal

La variété de maïs QPM (Quality Protein Maize) ou FAABA utilisée pour cette étude a un cycle de 105 jours et un rendement de l'ordre de 2 à 3t/ha en milieu paysans et de 4 à 5t/ha en station (Yallou et al., 2010).

#### 2.1.2. Matériels chimiques

Le matériel chimique a été constitué de :

- Engrais complexe :  $N_{14}P_{18}K_{18}S_6B_1$ .
- Engrais simple : Urée à 46 % d'azote.

### 2.2. Milieu physique

Les essais ont été conduits à Fêtékou, Kongourou et à Kabongourou de la commune de Kérou (figure 1). Cette commune est située dans le Nord-Ouest du Bénin et appartient au département de l'Atacora. Comprise entre  $10^{\circ}15'$  et  $11^{\circ}09'$  de latitude Nord et  $1^{\circ}43'$  et  $2^{\circ}17'$  de longitude-Est, la commune de Kérou a un climat de type soudano-guinéen constitué par une saison de pluie allant de mi-avril à mi-octobre et une saison sèche allant de mi-octobre à mi-avril. La quantité d'eau tombée en moyenne est de 1000 mm d'eau par an.

La figure 2 présente l'évolution pluviométrique qui a caractérisé l'année d'essai. Par ces données, on constate une répartition irrégulière des pluies durant la phase végétative du maïs. La hauteur maximale (186,8 mm) des précipitations est enregistrée dans le mois de juillet lorsque les plus faibles quantités d'eau sont enregistrées dans le mois d'avril (5,7 mm). En 2018, il n'y a pas eu de poches de sécheresse généralement observées depuis quelques années entre mi-mai et fin juin menaçant sérieusement les semis précoces. Les températures varient entre  $25^{\circ}C$  en août et  $40^{\circ}C$  en avril. L'harmattan qui souffle entre décembre et mi-mars entraîne parfois dans la commune une amplitude thermique de  $10^{\circ}C$ . Les sols ferrugineux tropicaux sont les principaux types de sols rencontrés dans cette Commune. La commune reste une région de savane arborée et son hydrographie se résume aux cours d'eau saisonniers et à deux grandes rivières permanentes : le Mékrou et la Pendjari.

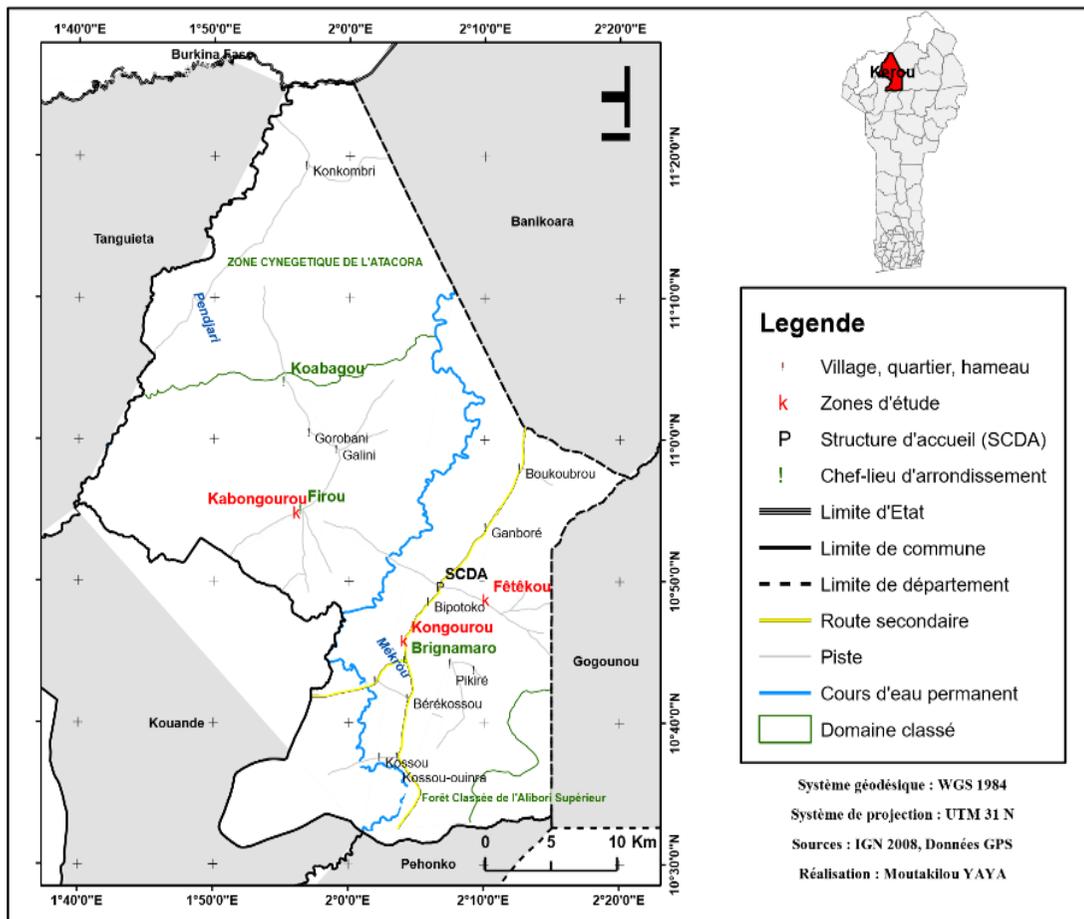


Figure 1 : Carte de la commune de Kérou

Figure 1: Map of the commune of Kérou

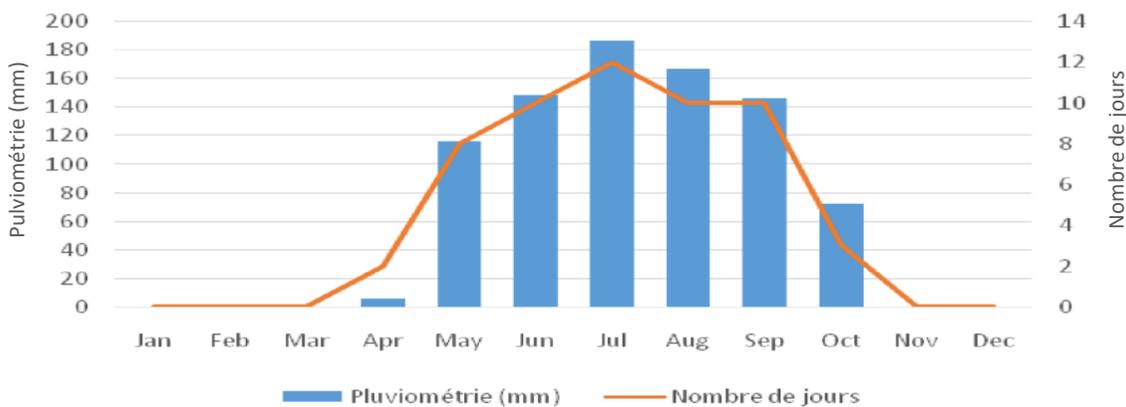


Figure 2 : Evolution de la pluviométrie à Kérou au cours de l'année de l'étude (2018)

Figure 2: Evolution of rainfall in Kérou during the year of the study (2018)

## 2.5. Collecte des données

### 2.5.1. Mesure des paramètres de la croissance végétative des plants de maïs

Les paramètres de la croissance végétative sont mesurés dès l'apparition des inflorescences mâles. Ils se présentent comme suit :

- *Circonférence au collet du plant* : elle a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban.
- *Hauteur "insertion épis"* : elle est prise du collet à la gaine de la feuille à l'aisselle de laquelle le tout premier épi est apparu à l'aide d'un pentamètre.
- *Hauteur totale du plant* : elle est prise du collet au sommet du plant à l'aide d'un pentamètre.
- *Longueur et largeur des limbes des feuilles* : elles sont prises chez la feuille à l'aisselle de laquelle le tout premier épi est apparu. La longueur de la feuille a été mesurée sur la face supérieure du limbe de la feuille tout au long de la nervure centrale, partant de la gaine. La largeur a été mesurée au milieu de la surface supérieure, dans sa plus large partie. Ces mesures ont permis de déterminer les surfaces foliaires des plants de maïs. A cet effet, Balogoun (2009) a assimilé la feuille de maïs à un losange.

Ainsi la formule suivante a été utilisée :

$$SF = \frac{(L \times l)}{2}$$

Avec SF= surface foliaire, L = longueur de la feuille et l = largeur de la feuille.

### 2.5.1. Mesure des paramètres de rendements

Cette opération a connu son début lors de la récolte des parcelles élémentaires. Il s'agit de la collecte des épis de maïs dans les cinq (05) carrés de rendement de chaque parcelle suite à l'assèchement parfait des spaths. Certaines données ont été mesurées au champ. Ces paramètres sont : le nombre total de plants récoltés, le nombre total d'épis récoltés, le nombre d'épis pleins et non pleins et le poids des épis. Ensuite, les épis sont séchés pendant 72 heures jusqu'à l'obtention du poids constant. Les épis sont égrenés et le poids du maïs-grain et celui des raffles sont relevés. En fin, le taux de remplissage des épis et le rendement en maïs-grain ont été estimés à partir des formules préétablies.

Le rendement en maïs-grain a été estimé suivant la méthode développée par Saïdou (1992), qui se résume comme suit :

$$Rg = 10000 \times Pg \times MS \times \frac{n}{SI}$$

Avec : Rg : Rendement en maïs-grain (t MS/ha) ; Pg : Poids total des épis pesés au champ (t) ; MS : Matière sèche des épis ; n : Rapport poids des grains secs après égrenage sur poids total des épis secs ; SI : Surface Inter-rétable (ha).

Le taux de remplissage des épis a été estimé par la formule suivante :

$$Tr = \frac{Nep}{Nte} \times 100$$

Avec Tr : Taux de remplissage des épis ; Nep : Nombre d'épis pleins et Nte : Nombre total d'épis.

### 2.5.3. Mesure du pourcentage d'infestation des champs par la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*).

Cette opération a été faite juste après l'apparition des panicules. Le pourcentage d'infestation a été estimé à travers la formule suivante :

$$PI = \frac{Npi}{Ntp} \times 100$$

Avec PI : Pourcentage d'infestation ; Npi : Nombre de plants infestés et Ntp : Nombre total de plants contrôlés.

## 2.6. Traitement des données et analyses statistiques

Le logiciel Microsoft EXCEL 2013 a été utilisé pour saisir et de traiter les données. Il a servi aussi à tracer les graphes ou figures. Le logiciel SPSS version 20 a été ensuite utilisé pour les analyses statistiques et le test de Duncan a permis de comparer les moyennes. Le seuil de signification était de 5%.

## 3. Résultats

### 3.1. Effets des différentes périodes de semis sur les paramètres de la croissance végétative des plants du maïs

#### 3.1.1. Circonférences aux collets des plants de maïs

Le tableau 1 présente les valeurs moyennes des variables de la croissance végétative des plants de maïs suivant les périodes de semis.

Les résultats de l'analyse de variance ont montré que les périodes de semis testées n'ont pas une influence significative ( $p > 0,05$ ) sur les circonférences aux collets des plants du maïs (tableau 1). Cependant, un léger dépassement en grosseur de la circonférence moyenne aux collets des plants a été noté au niveau du semis "normal" ( $5,98 \pm 0,5$  cm). Derrière, suivent respectivement le semis précoce ( $5,88 \pm 1,41$  cm) et le semis tardif ( $5,17 \pm 1,44$  cm).

#### 3.1.2. Hauteurs "insertion épis"

L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les hauteurs "insertion épis" suivant les différentes périodes de semis (tableau 1). Le semis précoce ( $92,67 \pm 7,48$  cm) s'est révélé meilleur concernant la hauteur moyenne "insertion épis", devant celle du semis "normal" ( $82,92 \pm 10,01$  cm). Par contre, la hauteur moyenne "insertion

épis'' la plus faible avec été obtenu avec les plants du semis tardif ( $63,45 \pm 5,37$  cm).

### 3.1.3. Hauteurs totales des plants de maïs

Du tableau 1, on note que les différentes périodes de semis ont significativement affecté ( $p < 0,05$ ) les hauteurs totales des plants de maïs. La hauteur moyenne la plus élevée est enregistrée chez des plants de maïs semés précocement ( $234,55 \pm 9,42$  cm) suivie par celle des plants semés dans la période normalement recommandée ( $212,16 \pm 7,61$  cm). Par contre, la plus petite hauteur moyenne des plants du maïs a été obtenue avec les plants semés tardivement ( $176 \pm 11,40$  cm).

### 3.1.4. Surfaces foliaires

Le tableau 1 présente l'effet des périodes de semis sur les surfaces foliaires des plants de maïs. De ce tableau, il ressort qu'il n'y a pas une différence significative ( $p > 0,05$ ) de surfaces foliaires entre les trois (03) périodes de semis testées. Toutefois, on note que le semis ''normal'' ( $385,11 \pm 16,22$  cm<sup>2</sup>) a tendance à enregistrer la meilleure moyenne de surfaces foliaires. Il est suivi de très près par le semis précoce ( $384,89 \pm 15,01$  cm<sup>2</sup>). Le semis tardif ayant présenté les faibles valeurs de surfaces foliaires ( $314,16 \pm 12,98$  cm<sup>2</sup>) des plants.

Tableau 1: Effet des périodes de semis sur des paramètres de la croissance végétative des plants du maïs

Table 1: Effect of sowing periods on parameters of vegetative growth of maize plants

Traitements	Circonférence au collet (cm)	Hauteur ''insertion épis'' (cm)	Hauteur totale (cm)	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )
T1	5,88±1,41b	92,67±7,48a	234,55±9,42a	384,89±15,01b
T2	5,98±0,5b	82,92±10,01a	212,16±7,61a	385,11±16,22b
T3	5,17±1,44b	63,45±5,37b	176±11,40b	314,16±12,98b
Probabilité P	0,149	0,005	0,015	0,271

Les moyennes suivies de même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes à 5%.

T1: Semis précoce (15 mai-15 juin) ; T2 : Semis ''normal'' (15 juin-10 juillet) et T3 : Semis tardif (10 juillet-30 juillet).

Means followed by the same alphabetical letter in the columns are not significantly different at the 5% threshold.

T1: Early sowing (15 May-15 June); T2: 'Normal' sowing (15 June-10 July) and T3: Late sowing (10 July-30 July).

## 3.2. Effet des différentes périodes de semis sur le pourcentage d'infestation des champs par la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*)

La figure 3 présente le pourcentage d'infestation des champs par la chenille légionnaire suivant les différentes périodes de semis. Il ressort de cette figure que la période de semis influence le pourcentage d'infestation des champs par la chenille légionnaire. Les plants issus du semis précoce n'ont nullement connu l'attaque de cette chenille. Par contre, les plants infestés du semis ''normal'' dépassent la moitié (62 %). L'infestation est très sévère (96 %) chez les plants du semis tardif.

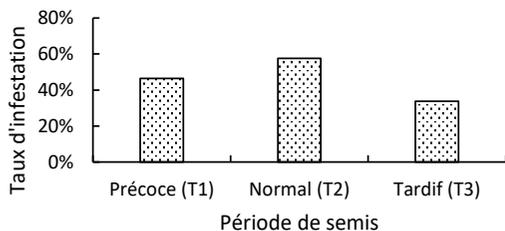


Figure 3 : Taux d'infestation des chenilles légionnaires en fonction des dates de semis

Figure 3: Armyworm infestation rates according to sowing dates

## 3.3. Effet des différentes périodes de semis sur les paramètres de rendement du maïs

### 3.3.1. Taux de remplissage des épis

La figure 4 nous montre le pourcentage de remplissage des épis du maïs en fonction des différentes périodes de semis. L'analyse de cette figure montre que la période de semis a une incidence sur le pourcentage de remplissage des épis du maïs. Les meilleurs taux ont été enregistrés respectivement au niveau du semis ''normal'' (57,66 %) et du semis précoce (46,45 %). Par contre, le semis tardif a présenté le plus faible pourcentage de remplissage des épis (33,79 %).

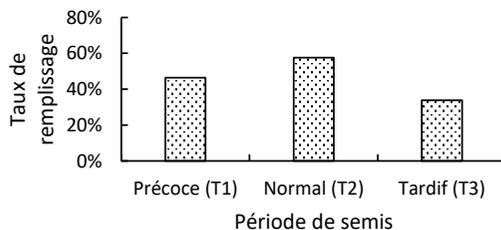


Figure 4 : Taux de remplissage des épis de maïs suivant les périodes de semis

Figure 4: Filling rate of maize cobs according to sowing periods

### 3.3.2. Rendement en maïs-grain

Le tableau 2 présente l'effet des périodes de semis sur le rendement en maïs-grain. L'analyse des données montre que les différentes périodes de semis testées ont affecté significativement ( $p < 0,05$ ) les rendements en maïs-grain. Le semis précoce ( $2,23 \pm 2,01$  t/ha) a permis aux plants de maïs d'exprimer un rendement meilleur en maïs-grain. Toutefois, la différence entre le rendement en maïs-grain du semis précoce et celui du semis "normal" ( $1,9 \pm 1,79$  t/ha) n'est pas significative. Par contre, le semis tardif ( $0,83 \pm 0,55$  t/ha) a donné un rendement médiocre en maïs-grain.

Tableau 2 : Effet des périodes de semis sur le rendement en maïs-grain

Table 2: Effect of sowing periods on grain corn yield

Traitements	Rendement en maïs-grain (t/ha)
T1	$2,23 \pm 2,01a$
T2	$1,9 \pm 1,79a$
T3	$0,83 \pm 0,55b$
Probabilité P	0.0007

Les moyennes suivies de même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

T1 : Semis précoce (15 mai-15 juin) ; T2 : Semis "normal" (15 juin-10 juillet) et T3 : Semis tardif (10 juillet-30 juillet).

Means followed by the same alphabetical letter in the columns are not significantly different at the 5% threshold.

T1: Early sowing (15 May-15 June); T2: 'Normal' sowing (15 June-10 July) and T3: Late sowing (10 July-30 July).

## 4. Discussion

### 4.1. Effet des différentes périodes de semis sur les paramètres de la croissance des plants de maïs

L'examen des résultats a révélé que les périodes de semis testées n'ont pas une influence significative ( $p > 0,05$ ) sur les circonférences aux collets des plants de maïs. Ce résultat peut être justifié par la bonne répartition des précipitations pendant la végétation des plants de maïs des trois périodes de semis.

Par contre, nos résultats révèlent que les périodes de semis du maïs ont une incidence significative ( $p < 0,05$ ) sur les hauteurs "insertion épis" et les hauteurs totales des plants de maïs. Ces résultats corroborent ceux de Batamoussi et al. (2014), soulignant que les périodes de semis affectent la hauteur des plants de maïs. Ensuite, on note aussi que le semis précoce (15 mai-15 juin) a plus amélioré les hauteurs "insertion épis" et les hauteurs totales des plants de maïs à Kérou comparativement aux semis "normal" (15 juin-10 juillet) et tardif (10 juillet- 30 juillet). Ces résultats infirment ceux de Keane (2002), qui stipule qu'un semis à bonne période accompagné d'une bonne fumure minérale entraîne une bonne production en biomasse contrairement à un semis précoce. Cette supériorité des hauteurs des plants

du semis précoce (15 mai-15 juin) peut s'expliquer par le fait que les plants du semis précoce (15 mai-15 juin) peuvent bénéficier du pic de minéralisation de la matière organique du sol, qui se produit au début des pluies. Mieux encore, les plants du semis précoce (15 mai-15 juin) n'ont pas connu la menace émanant de la chenille légionnaire pouvant porter atteinte à leurs croissances. En effet, de graves dommages dus à l'alimentation des larves de ces chenilles sur les jeunes plantes peuvent détruire le méristème (point de croissance) provoquant le symptôme appelé « cœur mort » du maïs (Maïga, 2017). Ces dégâts perpétrés par les larves de ces chenilles peuvent expliquer les hauteurs relativement faibles enregistrées chez les plants des semis "normal" (15 juin-10 juillet) et tardif (10 juillet-30 juillet).

Par ailleurs, les résultats signalent que les surfaces foliaires n'ont pas significativement varié suivant les périodes de semis du maïs. Ce résultat entérine celui de l'étude effectuée par Mundstock (1991) qui stipule que le nombre de feuilles et la surface foliaire du maïs sont trop liés aux spécificités génétiques de la plante et très peu dépendants aux périodes de semis. Il peut aussi s'expliquer par le fait que l'écart de jours entre les périodes de semis n'est pas suffisamment long pour impacter significativement les surfaces foliaires.

### 4.2. Effet des différentes périodes de semis sur le rendement du maïs

Cette recherche a révélé que le semis précoce (15 Mai-15 Juin) a permis aux plants du maïs produire un bon rendement en maïs-grain comparativement aux semis "normal" (15 Juin-10 Juillet) et tardif (10 - 30 Juillet). Ces résultats infirment ceux de Banigui (2016), qui a montré à Banikoara que les rendements étaient faibles pour les semis précoces et maximas lorsque le maïs est semé à la période normale. Cette supériorité de rendement en maïs-grain du semis précoce (15 Mai-15 Juin) sur le semis "normal" (15 Juin-10 Juillet) et le semis tardif (10 - 30 Juillet) peut trouver son explication d'une part, par le fait que les plants du maïs semés précocement peuvent bénéficier du pic de minéralisation de la matière organique du sol, qui se produit au début de l'arrivée des pluies. D'autre part, ces plants du semis précoce (15 Mai-15 Juin) ont passé les phases de développement les plus sensibles au contrainte hydrique (levée et floraison) pendant les mois qui ont connu plus de précipitations. La levée s'est effectuée au mois de mai (116,4 mm d'eau). Quant à la floraison, elle a eu lieu pendant la période de l'année qui a connu la plus grande hauteur de pluies (186,8 mm d'eau) : il s'agit du mois de juillet. De plus, les plants du semis précoce (15 Mai-15 Juin) ont été indemnes de l'attaque de la chenille légionnaire qui est susceptible d'engendrer de perte colossale de rendement. En effet, sur les plants de maïs, les jeunes larves de *Spodoptera frugiperda* ayant attaqué les plants des semis "normal" (62%) et tardif (96%) causent d'énormes dégâts. Elles se nourrissent à

l'intérieur de la cornée des plantes. Les larves plus âgées peuvent couper le collet de la plante. Les plantes matures subissent quant à elles une attaque des organes reproductifs (Maïga, 2017). *Spodoptera frugiperda* est l'un des ravageurs de l'ordre des Lépidoptères qui se nourrit de grand nombre de feuilles et de tiges (CABI, 2017), ce qui met en mal le bon fonctionnement de certains phénomènes physiologiques des plants infestés en occurrences la photosynthèse, l'évapotranspiration et l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par les racines, etc. Tout ceci peut aussi participer à la baisse de rendement observée pendant les deux dernières périodes de semis.

Par ailleurs, cette recherche a montré que le taux de remplissage des épis et le rendement en maïs-grain les plus faibles sont enregistrés pour les semis tardifs. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Balogoun et al. (2013) qui affirment que les semis faites en retard entraînent l'obtention de rendements faibles en maïs-grain. En effet, les plants du semis tardif ont effectué les phases de la floraison et de l'épiaison durant les mois d'octobre et de novembre. Ces deux mois n'ont connu que trois jours de pluies uniquement. Or, toute pénurie d'eau, d'éléments nutritifs ou de rayonnement solaire excessif pendant des premières semaines du développement des grains affectera ceux situés à l'extrémité de l'épi, en les recroquevillant ou les avortant (Maybelline et al., 2012). De plus, environs 96 sur 100 plants ont été attaqués par la redoutable chenille légionnaire. Des pertes de rendement de l'ordre de 15 à 73% lorsque 55 à 100% des plants sont enregistrées pour des infestations par *S. frugiperda* (Hruska & Gould, 1997) durant le stade de développement du maïs allant du milieu à la fin du cycle. Mieux, plus le semis est très tardif, plus les risques de stress en eau sont élevés. Asadi & Clemente (2003) expliquent que les semis en retard engendrent souvent des plants chétifs et rabougris à cause du manque d'humidité dans le sol pour faciliter l'alimentation hydrique et l'assimilation des éléments nutritifs de la plante. Ces plants du semis tardif subissent un stress hydrique pendant de la période critique (20 jours avant la floraison et 10 jours après) ; ce qui peut entraîner des manques à gagner de près de 60% de rendements, lesquelles peuvent se traduire par des épis stériles ou incomplets (CIMMYT, 1991). En présence d'une contrainte hydrique, l'activité photosynthétique est ralentie du fait d'une diminution parallèle de la conductance stomatique au CO<sub>2</sub> et de la fixation de CO<sub>2</sub> par la feuille (Mémento, 2002). De plus, les semis tardifs coïncident avec la période de grande transpiration par la plante avec des effets négatifs pour la production de grains (Soler et al., 2007), car les réserves d'eau du sol ne sont plus suffisantes pour assurer la compensation.

## 5. Conclusion

La présente recherche a contribué à l'étude des effets des périodes de semis sur les performances agronomiques du maïs. Il en résulte que le semis précoce (15 Mai–15 Juin) permet d'avoir les meilleures performances agronomiques de la variété de maïs QPM/FAABA à Kérou. D'une part, cette date de semis permet aux plants de maïs de bénéficier d'une bonne pluviométrie pendant les phases de développement les plus sensibles au contrainte hydrique que sont la levée et la floraison. D'autre part, elle apparaît comme une méthode culturale de lutte contre la *S. frugiperda*. Cependant, un semis à la période normalement indiquée (15 Juin-10 Juillet) peut donner aussi de bonnes performances agronomiques si les plants ne subissent pas l'attaque du nouvel ennemi du maïs qu'est le *S. frugiperda*. Par contre, le semis du maïs allant du 10 au 30 Juillet donne non seulement de piètres croissance végétative et rendement en maïs-grain, mais aussi favorise l'infestation massive des parcelles de maïs par la chenille légionnaire. Cette étude a permis de montrer que les périodes de semis recommandées depuis fort longtemps peuvent être aujourd'hui mises en cause surtout avec les changements climatiques et l'avènement de nouveaux ravageurs de cultures dans le pays.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	M. Batamoussi Hermann
Collecte des données	M. Yaya
Analyse des données	S. B. J. Tokoré Orou Méré
Acquisition de financement	M. Batamoussi Hermann
Méthodologie	S. B. J. Tokoré Orou Méré
Gestion du projet	M. Batamoussi Hermann
Supervision	S. B. J. Tokoré Orou Méré
Rédaction manuscrit initial	S. B. J. Tokoré Orou Méré
Révision et édition manuscrit	S. B. J. Tokoré Orou Méré, J. de D. F. Akounnou

## CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

## REFERENCES

- Asadi, M. E. & Clemente R. S. 2003. Evaluation of CERES-Maize of DSSAT model to simulate nitrate leaching, yield and soil moisture content under tropical conditions. *Food, Agriculture & Environment*, 1 (3 & 4), pp.270-276.

- Azontondé A. Hazoume F. A. G. Gnagassi C. & Kpagbin G. 2005. Impact d'une plante de couverture (*Mucuna pruriens utilis*) sur la productivité du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique du Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 50, pp.47-56.
- Balogoun I. 2009. Influence du karité et du néré sur le microclimat, la fertilité du sol et le rendement du maïs dans les zones soudano-guinéenne au Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, UAC/FSA, Abomey-Calavi, Bénin, 75p.
- Balogoun I. 2012. Essais de validation des formules d'engrais et des périodes de semis recommandées par le modèle DSSAT pour la production de maïs (*Zea mays* L.) au Sud et Centre Bénin. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 78p.
- Balogoun I. Saïdou A. Ahoton L. E. Adjanohoun A. Amadji G. L. Ezui G. Youl S. Mando A. Igué A. M. & Sinsin B. A. 2013 : Détermination des formules d'engrais minéraux et les périodes de semis pour une meilleure production du maïs (*Zea mays* L.) au Sud et au Centre du Bénin. *Bulletin de Recherche Agronomiques du Bénin (BRAB)*, Numéro spécial Fertilité du maïs – Janvier 2013, pp.1-11.
- Banigui K. A. 2016. Effet des dates de semis sur la croissance et le rendement de maïs dans la commune de Banikoara. Mémoire de Master. Faculté d'Agronomie. Université de Parakou, Bénin, 34p.
- Batamoussi H. M. Sekloka E. Oga C. A. Boulga J. & Paraiso A. 2014. Dates of determination of maize Seedling (*Zea mays* l.) on the tropical ferruginous in the central region of Benin: case study of the administrative district of Glazoue and Dassa-Zoume. *European Scientific Journal*, 10(24). DOI: 10.19044/esj.2014.v10n24p%25p
- CABI. 2017. Scientists discover new crop-destroying Armyworm is now "spreading rapidly" in Africa. Wallingford, UK: CABI. <http://www.cabi.org/news-and-media/2017/scientists-discover-new-crop-destroying-armyworm-is-now-spreading-rapidly-in-africa/>
- CIMMYT. 1991. CIMMYT 1989/1990, réalités et tendances : potentiel maïsicole de l'Afrique Subsaharienne, Mexico, Mexico, 71 p.
- Gerardeaux F. & Fadégnon B. 2010. Analyse fréquentielle de la pluviométrie dans le Zou et les collines : le cas de Savalou, Rapport d'étude, PARCOB/INRAB, 2p.
- Hruska A. J. & Gould F. 1997. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae): impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua. *Journal of Economic Entomology*, 90(2), pp.611-622.
- Keane P. 2002. Agronomic factors affecting the yield and quality of forage maize in Ireland: effect of sowing date and plastic film treatment, *Grass and Forage Science*, Volume 57(1), pp.3-10.
- MAEP. 2010. *Annuaire de la statistique : campagne 2009-2010*. Cotonou, Bénin : MAEP.
- MAEP/DSA. 2021. Les chiffres de la campagne agricole 2019-2020 et les perspectives de la campagne agricole 2020-2021. 25p.
- Maïga I. 2017. Note d'informations générales sur la noctuelle du maïs *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. Centre régional AGRHYMET/CILSS, 16p.
- Maybelline E. T. H. & Maïga A. 2012. Production et transformation du maïs. CTA et ISF. Cameroun. 32p.
- Mundstock C. M. 1991. Influence de quatre périodes de semis sur six cultivars de maïs. Porto Alegre : UFRGS, 69p.
- Oga C. A. 2012. Date de semis et formule d'engrais pour une meilleure productivité du maïs (*Zea mays*) sur sol ferrugineux tropicaux au Centre Bénin. Mémoire d'ingénieur agronome, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin, 75 p.
- OMC. 2021. Déclaration du conseil international des céréales quatre-vingt-dix-neuvième réunion du comité de l'agriculture de l'omc 23-24 septembre 2021. "la covid-19 et l'agriculture". 6p. Comité de l'agriculture. G/AG/GEN/191.
- ONS. 2011. Rapport d'étude du prix planché du maïs au titre de la campagne 2010-2011. PUASA-PDAVV/MAEP. Cotonou, Bénin, 79p.
- Saïdou A. 1992. Effets de l'apport de différents matériaux végétaux sur la fertilité d'un sol ferrallitique (terre de barre) du Sud Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'AbomeyCalavi, Bénin, 71p.
- Soler C. M. T. Sentelhas P. C. & Hoogenboom G. 2007. Application of the CSM-CERESMaize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown offseason in a subtropical environment. *European Journal of Agronomy*, 27, pp.165-177.
- Vilain M. 1989. La production végétale, La maîtrise technique de la production. Vol. 12, Technique et Documentation - Lavoisier, 361p.
- Yallou C. G. Badu-Apraku B. & Menkir A. 2010. Création de deux populations précoces de maïs résistantes au *Striga hermonthica* et tolérantes à la sécheresse. Fiche Technique. Dépôt légal N° 4923 du 03/12/2010, 4<sup>ème</sup> trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. ISBN : 978-99919-368-6-0, 22 p.



## REVIEW

# Research trends and perspectives on African orchids: a bibliometric overview

Yasmine ABDOULAYE<sup>1</sup> , Eméline Sèssi Pélagie ASSEDE<sup>1,2\*</sup> , Samadori S. Honoré BIAOU<sup>1,2</sup> ,  
Nangnon Samirath Cléopâtre NANSOUNON<sup>1</sup> , Coert Johannes GELDENHUYS<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Unité de Recherche en Biologie forestière et Modélisation Ecologique (UR-BioME), Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de biologie végétale (LEB), Université de Parakou, 03 BP 125, Parakou, Bénin

<sup>2</sup> Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Bénin

<sup>3</sup> Department of Plant & Soil Sciences, University of Pretoria, Hatfield, Pretoria 0028, South Africa

Emails : [yasmeenne.ya@gmail.com](mailto:yasmeenne.ya@gmail.com) ; [assedeemeline@gmail.com](mailto:assedeemeline@gmail.com) ; [nans.samirath@yahoo.fr](mailto:nans.samirath@yahoo.fr) ; [hbiaou@gmail.com](mailto:hbiaou@gmail.com) ; [cgelden@mweb.co.za](mailto:cgelden@mweb.co.za)

Reçu le 23 Février 2021 - Accepté le 14 Juin 2021 - Publié le 30 Juin 2021

### Tendances et perspectives de la recherche sur les orchidées africaines : Synthèse bibliométrique

**Résumé** : Les publications scientifiques mondiales sur la famille très diversifiée des Orchidaceae sont assez nombreuses, mais l'engouement en Afrique pour ce taxon s'est fait sentir il y a seulement quelques décennies. Cette famille de plantes à fleurs très large et menacée est largement répandue dans les zones tropicales et est reconnue par plusieurs auteurs pour son importance environnementale, ornementale et médicinale. Cette revue de littérature vise à identifier les types de recherches scientifiques conduites sur les orchidées africaines en utilisant l'analyse de co-citations et la visualisation des informations bibliométriques. 386 publications concernant les orchidées africaines répertoriées dans la base de données Scopus de 1968 à Mai 2020 ont été analysées. La description de nouveaux taxons d'orchidées, l'adaptation des orchidées à divers pollinisateurs et la phylogénie ont émergé comme les aspects les plus discutés. Au total, 889 auteurs ont investi dans la recherche sur les orchidées en Afrique. Johnson Steven D. a été l'auteur le plus remarqué dans les discussions scientifiques sur les orchidées d'Afrique avec l'indice h-index (37) le plus élevé. Fait intéressant, plusieurs institutions ont été impliquées dans ces études avec une large prédominance de l'Université du KwaZulu-Natal, une université sud-africaine. Les recherches futures devraient s'appesantir sur l'identification de nouvelles espèces d'orchidées et mettre davantage l'accent sur la distribution, l'écologie et les menaces des orchidées. Elles devraient également se concentrer sur le développement de stratégies efficaces de gestion et de domestication des espèces d'orchidées afin de réduire les menaces pesant sur cette famille. La restauration et la planification de la conservation des habitats dégradés des orchidées sont des pistes supplémentaires à explorer par les recherches futures.

**Mots clés** : Orchidées, tendance de la recherche, thèmes de recherche prioritaires, Afrique.

**Abstract**: Worldwide scientific publications on the remarkably diverse Orchidaceae family are comprehensive, but Africa's craze for the taxon was only felt a few decades ago. This largest and threatened family of flowering plants is widely distributed in tropical areas and recognized by several authors for its environmental, ornamental, and medicinal importance. This review aims to identify research patterns on African orchids using co-citation analysis and bibliometric information visualization. 386 publications concerning African orchids listed in the Scopus database from 1968 to May 2020 were recorded and reviewed. The description of new orchid taxa, the adaptation of orchids to various pollinators and phylogeny emerged as the most discussed aspects. In total, 889 authors have invested in research on orchids in Africa. Johnson Steven D. was the most

impactful author with h-index 37. Interestingly, several institutions were involved in these studies with a large dominance of the University of KwaZulu-Natal, a South African University. Future research efforts should target the identification of new orchid species and emphasize on orchid distribution, ecology, and species' threats. They should also focus on developing efficient management and domestication strategies for orchid species to reduce threats to this family. The restoration and conservation planning of degraded orchid habitats are additional avenues to be explored by future research.

**Keywords:** Orchids, research trend, priority research topics, Africa.

## 1. Introduction

Africa is a continent of diverse vegetation systems, from tropical moist forests to deserts, that have undergone major changes over geological time periods. However, little is known of its orchid flora. Orchidaceae is one of the largest flowering plant families worldwide (Cozzolino & Widmer, 2005). It is an exceptionally diverse plant family comprising 25,000 to 30,000 species (almost 8% of the angiosperm species), distributed in approximately 1,000 genera, and in a large range of ecosystems around the world (Swarts & Dixon, 2009; Willis, 2017). However, the number of recognized orchid species is highly contentious, and taxonomists opinions may differ around the world (Vereecken et al., 2011).

In addition to the beauty of their flowers, orchids are recognized for several ecosystem services they provide. They are famous and used in several regions by local populations for their ornamental, cultural, environmental, nutritional, and medicinal properties (Subedi et al., 2013; Assèdé et al., 2017; Tsering et al., 2017). However, they are part of the most threatened taxonomic groups worldwide (Acharya & Rokaya, 2010; Wraith & Pickering, 2019). Indeed, because of their complex ecology based on interactions with other species (fungi, pollinators...), their disturbed habitats and overexploitation, more than 600 species of orchids are now listed as endangered on the global database of threatened species known as the International Union for the Conservation of Nature Red List (IUCN, 2017; Wraith et al., 2020).

In Africa, the interest in this taxon is recent, especially in the east and west of the continent. Orchids pollination, taxonomy, or ethnobotany have received most attention (Peter & Johnson, 2014; Van der Niet et al., 2015; Assèdé et al., 2017, 2018; Boukehili et al., 2018; Balducci et al., 2019). In South Africa and neighboring countries, botanical exploration, University research, and various orchid and wildflower societies, generated much interest in orchids and contributed to the

development of accounts and illustrated guides to wild orchids of southern Africa, with the first accounts published in 1888 (Bolus, 1888) and 1912-1913 (Stewart et al., 1982). Research on orchids in Africa is therefore at its beginnings and a synthesis on the progress already made, the various aspects tackled and the contribution of African authors and institutions for the evolution of knowledge in this field will help in identifying important gaps and research priorities on the continent. In spite of extensive work on orchids worldwide, African orchids seem always subject to major conservation issues (Assèdé et al., 2018). Appropriate research questions for sustainable orchid conservation requires evaluation of the relevance of the current research on the continent.

Existing literature reviews on the subject specifically relate to the progress made in ethnobotany (Chinsamy et al., 2011; Bhattacharyya & van Staden, 2018), the pollination of orchid species (Jersakova & Johnson, 2006; Micheneau et al., 2009; Van der Niet et al., 2015), and their taxonomy (Sanford & Adanlawo, 1973; Vermeulen, 1987; Linder, 1995; Pillon & Chase, 2007; Droissart et al., 2014; Simo-Droissart et al., 2018; Phillips & Bytebier, 2020). Therefore, it is essential to adopt a more global approach on studies concerning orchids in Africa and to identify future directions for scientific research in this area.

This paper aims to review the available research on orchids in Africa through a bibliometric synthesis and identify research gaps for the sustainable conservation of African orchids. Specifically, it addresses the following questions: (1) What is the current trend in the number of publications over time on African orchid species? (2) What are the key research topics covered? (3) Who are the most influential authors and what are the specific contributions from African institutions? (4) In what direction is orchid research trending and what are the potential priorities for future research?

## 2. Material and methods

### 2.1. Data collection

Bibliometric data and publications on African orchids were collected using the Scopus search engine in

\* Corresponding author : [assedeemeline@gmail.com](mailto:assedeemeline@gmail.com)  
Copyright © 2021 Université de Parakou, Bénin

May 2020. Scopus includes a large range of high-impact and international academic journals (Leydesdorff et al., 2010) covering various field from botany to engineering. Scopus represents also one of the largest databases on scientific literature (Djalante, 2018), with nearly 70 million of the world's leading publications. It provides wide-ranging access to bibliographic and citation information (Wraith et al., 2020) for high-quality articles. The most studied components of a bibliographic record are keywords, authors, authors affiliations (institutions and countries), year of publication, and journal in which a document is published (Noyons, 2001). Thus, the first step consists in the search for relevant articles using a combination of key search terms. We searched for publications having the words "orchidaceae, orchid or orchids" in their titles, abstracts, or keywords, without restriction to the publication period. The search results were subsequently restricted to publications concerning the 55 member's states of the African Union (<http://au.int/fr>), categorized as scientific papers, and written either in English or French. Hence, a total of 386 publications were identified, spanning from 1968 to May 2020. The results were downloaded in BibTeX and CSV formats for further processing and analysis.

## 2.2. Data analysis

Bibliometric data recorded (including references of the 386 identified publications), were analyzed to extract the potential knowledge contained in the scientific literature. The results were visually presented using the Bibliometrix package (Aria and Cuccurullo, 2017) and its web-interface "biblioshiny" (based on R version 3.6.1). Bibliometrix is one of the most suitable R packages for bibliometric analyses of Scopus data (Janik *et al.* 2020) and its use has been considerably simplified in recent years with the development of the biblioshiny app. Bibliometric analysis is a "meta-review"

technique of the literature (Fetscherin et al., 2010) based on linkages between and among articles, and with the capabilities to derive the relative impact of theoretical frameworks, authors, or institutions in the reviewed research field.

Trends in the number of publications over time (1968 to 2020) on African orchids associated with the related global citation dynamics were plotted (Fig. 1), with x-axis representing the year of publication and y-axes 1 and 2 representing the number of publications and global citations respectively. A comprehensive overview coupled with a correspondence analysis of recorded literature were performed to identify the relevant research topics. Cluster view based on the occurrence of the most used keywords in the literature as well as the annual number of publications on major research topics were considered. We used "keywords plus" as units of analysis as they are believed to better represent the knowledge structure of each document and inter-linking of different research topics (Tripathi et al., 2018). In contrast to author keywords, "keywords plus" are automatically generated by an algorithm from the titles of the references cited in the documents and are usually more informative than keywords from authors (Zhang et al., 2016).

The most prominent authors and the contributions from African institutions in the study field were evaluated based on the total number of publications to their credit, as well as the total global and total local citations of these publications (h-index). Global citations are the number of times a scientific paper was cited globally reflecting its overall impact on academic research, while local citations refer to the number of times an article has been cited by other articles within the same database (i.e. the 386 publications retrieved on the topic). Country production (number of publications) was determined using the country of the first author.

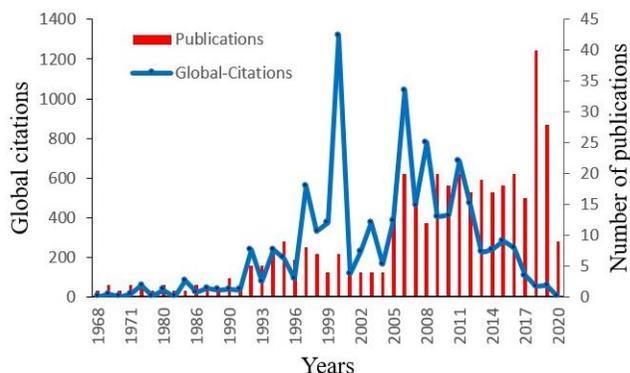


Fig. 1 Evolution of the number of scientific publications and total global citations on African orchids from 1968 to May 2020.

Fig. 1 Evolution du nombre de publications scientifiques et des citations mondiales totales sur les orchidées africaines de 1968 à Mai 2020.

We discussed emerging trends, interesting research directions and perspectives on African orchids from the comprehensive analysis of the information in the publications of the last 5 years (2016-2020).

### 3. Results

#### 3.1. Evolution of the number of publications on African orchids

Dynamic trends of the studies on African orchid species on the continent exhibited a general increasing trend over the years (Fig. 1). It should be noted that data from the year 2020 were incomplete as the publications were retrieved only until May 2020. From a macro-overview, this dynamics in the field over time can be subdivided into three major periods. An initial development stage occurred from 1968 to 1991. The worldwide research on African orchids during this period was extremely limited with less than 5 publications and up to 84 total global citations. The second stage between 1991 and 2005 of slow development of the research on the topic exhibits an overall upward trend of the

influence of articles on African orchids. However, scholars' publications were still low (under 10 publications per year). The last stage, characterized by a rapid development, extends from 2005 to present. There is a substantial increase in the number of publications by the international community on African orchids, as well as an increasing influence yearly. The number of new publications and citations each year reached 40 and 1040 respectively, with an average of 19 publications cited worldwide 391 times. However, in general, small to great fluctuations were observed in some areas over time and new research areas emerged. The most relevant disciplines in which publications on African orchids are developed included agronomy and biological sciences (352 publications), biochemistry, genetics, and molecular biology (64 publications) and environmental sciences (44 publications).

The most cited authors on African orchids and their citation network are presented on Figure 2. Three groups of frequently co-cited authors were demarcated and the most cited authors were Johnson S.D., Linder H.P. and Dressler R.L.

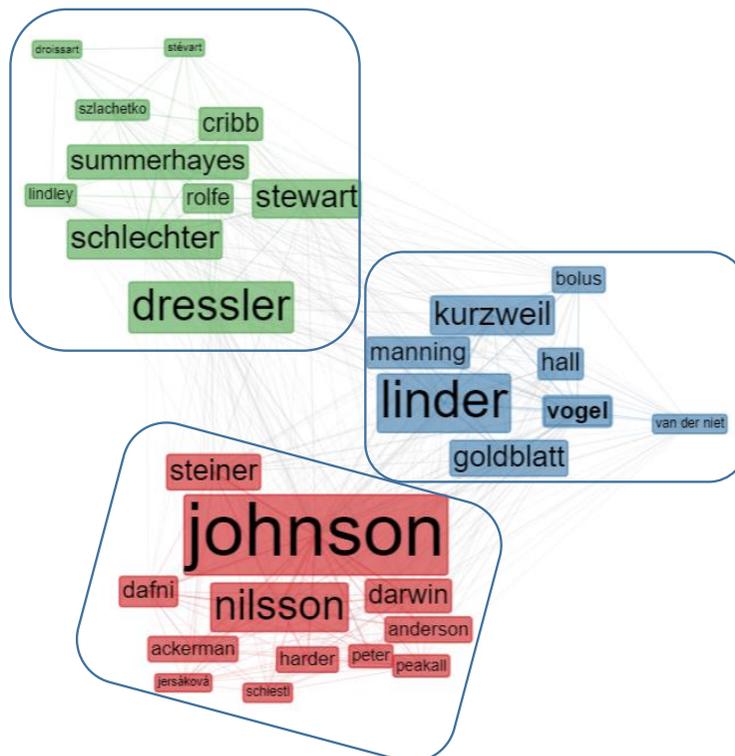


Fig. 2 Co-citation network of the 30 most cited authors on African orchids. The size of each rectangle is proportional to the number of citations of an author. The lines establish citation relations between the rectangles. The colors surrounded by a box indicate the three groups of authors frequently cited together.

Fig. 2 Réseau de co-citations des 30 auteurs les plus cités sur les orchidées africaines. La taille de chaque rectangle est proportionnelle au nombre de citations d'un auteur. Les lignes établissent les relations de citation entre les auteurs. Les couleurs entourées d'un cadre indiquent les trois groupes d'auteurs fréquemment cités ensemble.

### 3.2. Analysis of key research topics

Key research terms related to the annual occurrence of the most frequent keywords in the publications about African orchids, included phylogeny and pollination (Fig. 3). Most of the advanced research on the topics were carried out in South Africa hence the presence of these research terms (phylogeny and pollination) as one of the most frequent keywords. Research around these different terms, in line with the research priorities in the field, increased between 1999 and 2010 (Fig. 3). Noteworthy is that research on taxonomy and species diversity of orchids are included in the term "Orchidaceae" which presented the highest occurrence (326) and have attracted the most scientific attention. The research also includes the taxonomic description of several orchid species mostly endemic to South Africa.

In general, the research interest on African orchids can be divided into two major groups (Fig. 4). The first and largest group is centered on taxonomy, biodiversity,

and phylogeny of orchid species. Research on these themes provided the baseline for understanding orchid taxa. Efforts in this field were mostly focused on gathering knowledge on orchid diversity through systematic inventory and classification, phylogeny and genetics. This was an advanced research step on the conservation of African orchids through the study of their evolutionary history. The second group deals with the pollination processes of orchids, notably the diversity of pollinators and the mechanisms of orchid pollination. Research in this group aimed at understanding the reproduction processes of African orchids and the interconnections (or linkages) between the pollinators and their corresponding orchid plants. This category demonstrated that the complexity in orchid reproduction process has always been a concern, even on the African continent. It highlighted the different mechanisms of deception in orchids.

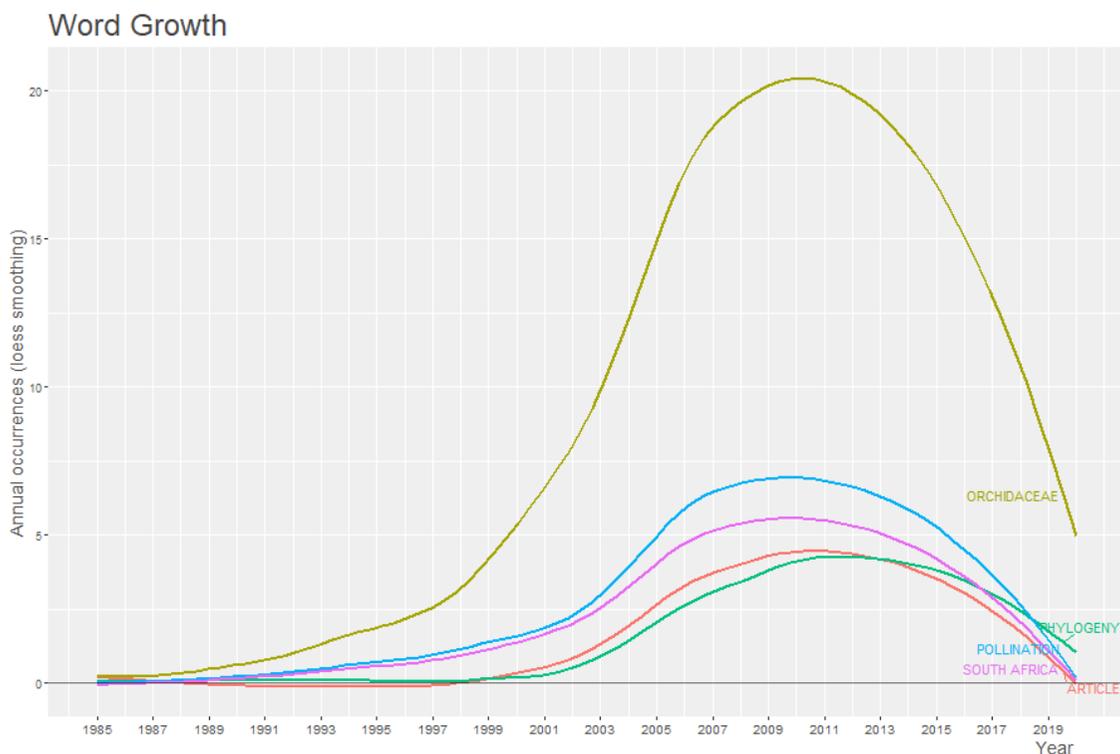


Fig. 3 Annual occurrence of the top 5 key terms (Scopus keywords plus) in the publications about African orchids.

Fig. 3 Occurrence annuelle des 5 principaux mots clés (mots clés autogénérés par Scopus) dans les publications sur les orchidées africaines.

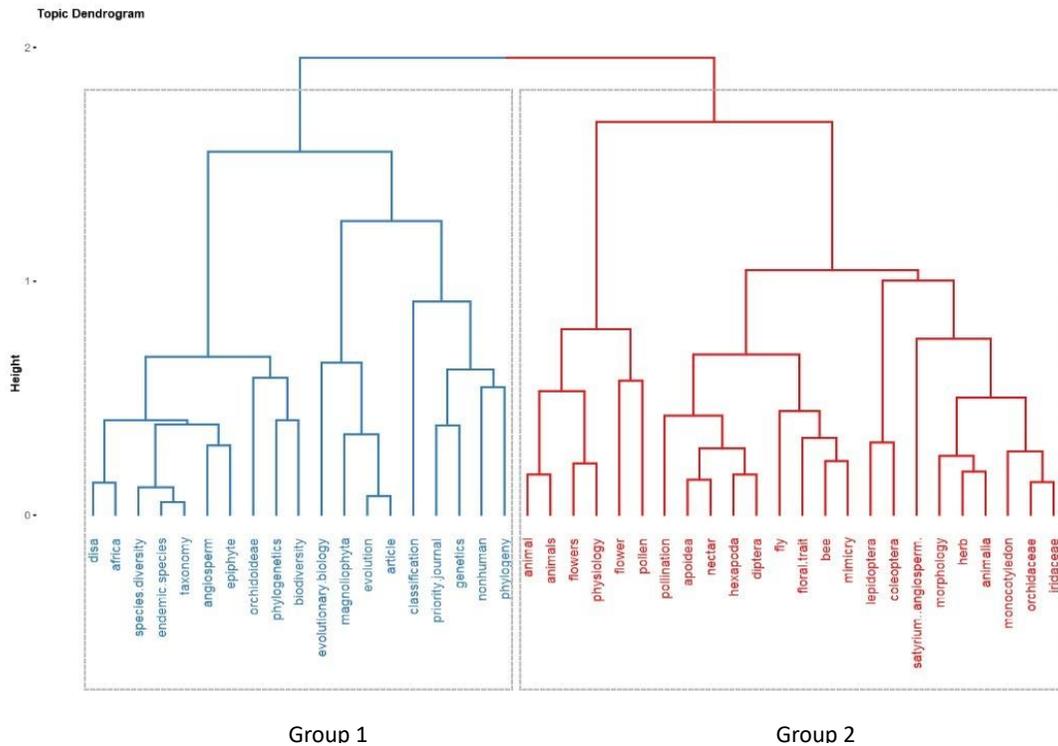


Fig. 4 Topic clustering dendrogram of publications on African orchids: Group 1= Taxonomy and phylogeny; Group 2= Reproduction processes of orchids.

Fig. 4 Dendrogramme montrant les groupes thématiques des publications sur les orchidées d'Afrique : Groupe 1 = Taxonomie et phylogénie ; Groupe 2= Processus de reproduction des orchidées.

### 3.3. Most influential authors and specific contributions from African countries and institutions

There is a great diversity of authors who collaborated to advance research on African orchids. In total, 889 authors and co-authors were invested in around 1400 research publications (including references from the downloaded publications) on African orchids in the last 50 years. Sixty-one (61) countries were represented, with the top ten (10) publishing 84% of the recorded documents (Tab. 1). South Africa produced most of the research output with 34.7% of the publications in the last 50 years, followed by France (9.8%), and Belgium (7.8%) (Tab. 1).

Table 1. Numbers of publications on African orchids from the top ten countries

Tableau 1. Nombres de publications sur les orchidées africaines des dix premiers pays

Countries	Number of Publications	Percentage (%)
South Africa	482	34.7
France	137	9.8
Belgium	109	7.8
Cameroon	102	7.3
USA	86	6.2
China	77	5.5
UK	64	4.6
Germany	43	3.1
Madagascar	35	2.5
Sweden	33	2.4
Total (top 10)	1168	84.1

The strongest collaborations were developed between South Africa, the United States (USA) and Switzerland on the one hand, and between Cameroon, Belgium and France (Fig. 5). Clearly, South Africa has more collaborations than any other country on research topics related to orchids.

Regarding the top authors, Johnson Steven D., who started working on African orchids in 1992, was the most impactful author with the highest h-index (37). He produced 6.3% of the total publications, and recorded

9% of the total citations (Tab. 2). He is followed by Stewart T. and Droissart V. However, the publications of the latter two authors received less than 1% of the total citations (Tab. 2). Based on the search on Scopus database, the first paper on African orchids was published in 1968 by Hall A.V. who described the South African species of the genus *Eulophia*.

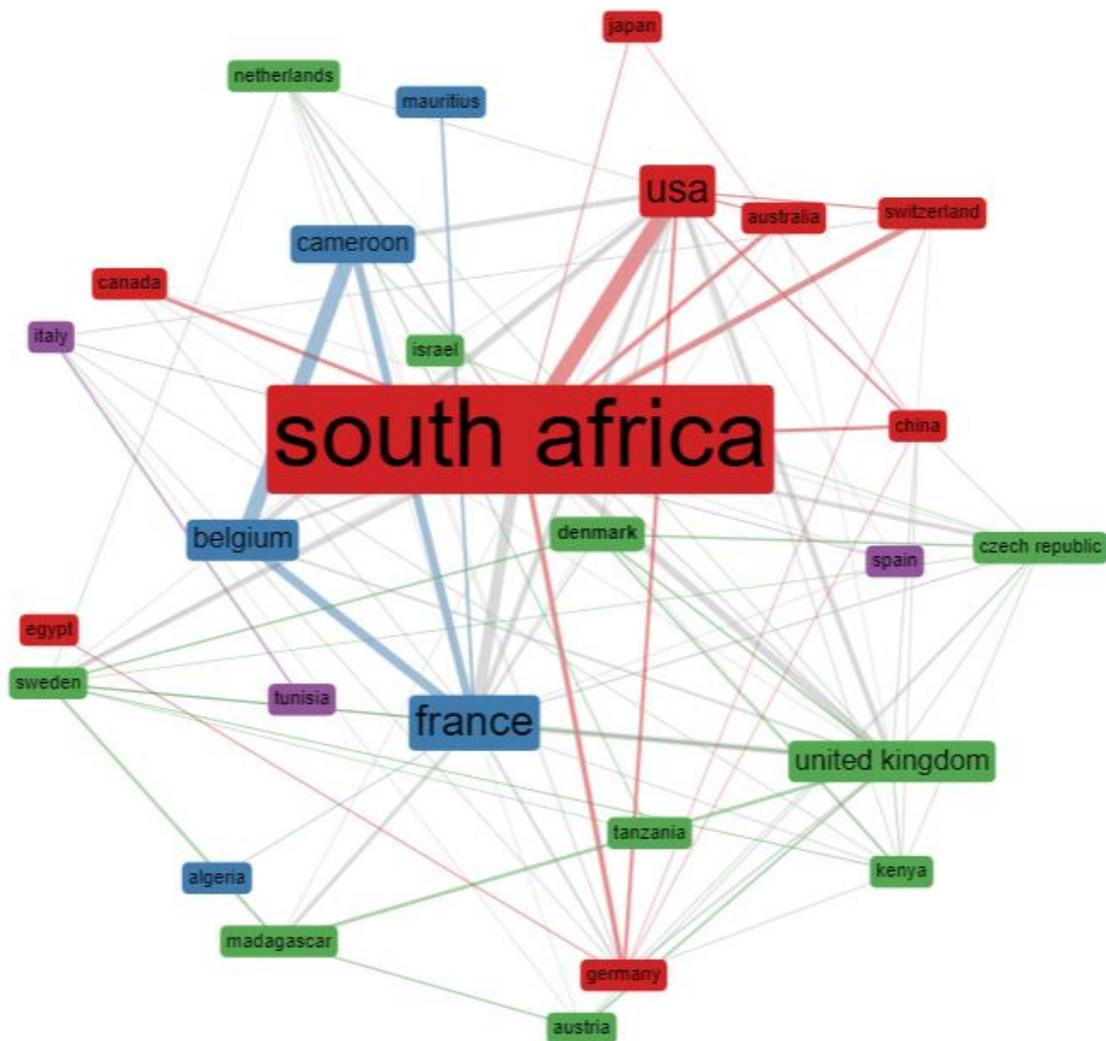


Fig. 5 Country collaboration network on African orchids. The size of each rectangle is proportional to the number of collaborations in which a country is involved. The size of the lines connecting the countries denotes the strength of their collaboration. The colors indicate the groups of countries involved in the same collaboration networks.

Fig. 5 Réseau de collaboration des pays sur les orchidées africaines. La taille de chaque rectangle est proportionnelle au nombre de collaborations dans lesquelles un pays est impliqué. La taille des lignes reliant les pays dénote la force de leur collaboration. Les couleurs indiquent les groupes de pays impliqués dans les mêmes réseaux de collaboration.

Table 2. Total number of publications and total number of citations of the top 10 authors on African orchids

Tableau 2. Nombre total de publications et nombre total de citations des 10 principaux auteurs sur les orchidées africaines

Author	h index	Total Citations	Percent total citations	Number of Publications*	Percent number of publications	Year of the author's first publication
Johnson S.D.	37	4098	9	101	6.3	1992
Stevart T.	8	152	0.3	32	2	2004
Droissart V.	8	140	0.3	30	1.8	2006
Bytebier B.	11	500	1.1	29	1.8	2005
Linder H.P.	14	980	2.2	25	1.5	1990
Sonke B.	8	131	0.3	23	1.4	2001
Simo-Droissart M.	4	45	0.1	18	1.1	2013
Kurzweil H.	9	396	0.9	17	1.1	1990
Peter C.I.	12	678	1.5	16	1	2003
Van Staden J.	10	211	0.4	16	1	1987
Total		7331	16.2	307	19.1	-

\* The table is ordered by decreasing number of publications of the authors / Le tableau est classé par ordre décroissant du nombre de publications des auteurs.

Concerning the institutions, a total of 332 institutions around the world were involved in research on African orchids and developed various aspects. These include orchids pollination, mycorrhization, taxonomy, ethnobotany, and phylogeny. They also addressed conservation measures. Clearly, research on African orchids was dominated by South African institutions (i.e., University of Cape Town, Stellenbosch University, Rhodes University and the University of KwaZulu-Natal, which is part of the University of Natal; Tab. 3). The two most productive institutions in Africa were the South African University of KwaZulu-Natal, and the Cameroon University of Yaoundé I, with 15% and 4.3% of the total publications respectively.

Table 3. Top 10 institutions and their recorded scientific publications on African orchids

Tableau 3. Top 10 des institutions et leurs nombres de publications scientifiques sur les orchidées Africaines

Affiliations	Number of publications	Percentage (%)
University of Kwazulu-Natal, South Africa	199	15.2
University of Yaounde I, Cameroon	56	4.3
University of Cape Town, South Africa	45	3.4
Université Libre de Bruxelles, Belgium	37	2.8
Stellenbosch University, South Africa	33	2.5
Université de la Réunion, France (African island)	31	2.3
National Botanical Institute, South Africa	23	1.7
Rhodes University, South Africa	19	1.4
University of Natal, South Africa	17	1.3
University of Zurich, Switzerland	16	1.2
Total	476	36.5

### 3.4. Research perspectives on African orchids

The selection of most recent publications from 2016 to 2020 resulted in 97 studies, representing more than 30% of the total scientific research on African orchids. These studies discuss many priorities for future orchid research, including three major flagship topics. In the first-place, future research should investigate the diversity and distribution of orchids, with continued efforts on botanical inventories for a better understanding of the diversity of orchid species, and studies on the factors that govern the variation in the frequency of natural hybridization between orchid species.

The second priority research topic concerns the need for research to investigate on the ethno-pharmacology of medicinal orchid species, with a focus on raising awareness about the uses of medicinal orchids and their economical incidence. Indeed, very little information is available on the use of orchid species in traditional medicine in Africa despite the great number of orchid species endemic to Africa (Grobler, 2005; Linder et al., 2005; Droissart et al., 2006), and the dependance of African people on natural resources for their livelihood (Ansoms & Marysse, 2011; Assèdé et al., 2017). Moreover, valuable phenolic compounds and the natural antioxidant potential of some orchid species should be better considered for medical advancements.

The third topic that requires more attention is the conservation of orchids, including advancing research on vegetative propagation, artificial regeneration protocols, and micro-propagation for conservation purposes. The benefit of using the in vitro collection method in integrated action plans for orchid conservation should also be further examined. Also, the redefinition of the protective management strategies for orchids and their inclusion in large numbers on the World Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) will help improving orchid conservation in Africa. Regarding the floral morphology of certain orchid species, an in-depth analysis should be carried out about the pollination of orchids by stony butterflies.

The upsurge scientific interest in orchids these last five years also denotes the existence of numerous priority areas for future research. For instance, the increasing number of publications concerning the description of new orchid species suggests the need to reinforce botanical inventories, especially in unprotected areas, habitats for several African orchids (Assédé et al., 2018). Efforts should also be directed on west and eastern part of Africa as most of the research output analyzed was conducted in the southern part of the continent.

An astonishing aspect of the research conducted so far on African orchids is the scarcity of publications on their ecology. Orchid conservation requires detailed research on their ecology and specific interactions with their environment as local needs cause agricultural land expansion and deforestation, and climatic hazards continue to endanger biological diversity, in and around protected areas. The mitigation of the actual threats to the whole family (CITES, 2020) could be expected only through the development of appropriate conservation plans based on an improved understanding of the relation between orchids and a vast array of environmental factors.

#### 4. Discussion

Studies on orchids in Africa have grown rapidly over the past 10 years with the enthusiasm of many authors from various horizons for this specific group of plant species. This enthusiasm is indeed well justified because research all over the world presents orchids as one of the most evolved flowering plant families now endangered (Fay, 2018; Wraith et al., 2020), and yet possessing multiple ecological, medicinal and economic benefits (Kasulo et al., 2009; Pant, 2013). Thus, several disciplines have been impacted as much on the continent as worldwide. A dozen of scientific papers referred to orchid reproduction process (Castro & Singer, 2019), threat and emergency in conservation (Liu & Gao, 2020; Wraith et al., 2020) and the genetic and molecular traits that justify their medicinal and pharmacological properties (Gutiérrez, 2010). So far, very few studies emphasized the specific ecology of African orchids, domestication processes and management plan for habitat restauration. Recent research pointed out major factors contributing to orchids decline, including wildfire and habitat degradation (IUCN, 2017; Wraith & Pickering, 2018; Wraith et al., 2020). This is partly true but also a moot point because of various perceptions. The main question is: How do we know orchid populations are declining if we do not exactly know what drives orchids occurrence in different African environments? Some orchid species suddenly appear and become known after major disturbances, such as a severe fire after a prolonged dry period. The reality is that disturbance-recovery processes, and sometimes

quite severe disturbance changes, are part of the natural processes of all vegetation systems (Franklin et al., 2007). It would be interesting to assess how different orchid species have become adapted to different parts of the disturbance-recovery gradient that underlies on the dynamics of different vegetation systems in which orchids are present. It would also be interesting to identify what type of orchid species are specific to different vegetation systems, such as epiphytic *versus* terrestrial orchids, and different types of terrestrial orchids, and how such information would guide conservation management efforts taking account of specific adaptations patterns of various species. Maybe different orchid species and growth forms could be indicators of good or poor management strategies in a global vegetation system.

Overall, the research on African orchids is developed in three main areas, namely taxonomy, reproductive processes and medicinal or pharmacological uses of orchids (Zeng et al., 2016; Possobom & Machado, 2017; Fay, 2018). However, the analysis on the orientation of future research on African orchids suggested that more effort is needed to find yet undescribed species and estimate orchids' species richness in different African natural habitats (Jecmenica et al., 2017; Chimi et al., 2020). The ethnopharmacology of African orchids and the use of medicinal orchids is another priority that has not been the subject of major research (Assédé et al., 2017; Bhattacharyya & van Staden, 2018; Fonge et al., 2019). The protocols for artificial regeneration, micro-propagation, a more complete understanding of mycorrhizal relationship with orchids, pollination mechanisms and orchids inscription on the IUCN red list represent other important research topics to be addressed in the field of orchids' conservation (Dearnaley et al., 2012; Kendon et al., 2017).

The results of the bibliometric synthesis showed that South Africa is one of the most productive and prolific country with the most advanced research on pollination, taxonomy, and phylogeny of African orchids. Interestingly, this part of the continent is described as an exceptionally diverse area, a hot spot and part of a major center of endemism in plant species, including orchids because of its habitat diversity (Travers et al., 2014). An overview of the geological history of the southern part of Africa suggested that the presence of great rifts and swells over geological time periods (Assédé et al., 2020) could explain its high diversity in habitats and thereby in plant species and plant endemism. Nevertheless, other parts of the continent have contributed to the discovery and knowledge of African orchids (Assédé et al., 2017; Boukehili et al., 2018). A great collaboration was developed between African institutions, and with those from Europe and Asia. A North-South collaboration is much needed because Africa remains the primary focus for field work for several research topics,

while the technology for advanced research is yet to be developed to address the above mentioned issues.

This review exclusively focused on the literature available from the Scopus search engine. Although Scopus is one of the largest scientific databases, with nearly 70 million of the world's largest publications, the completeness of this database cannot be guaranteed because the indexed literature does not take into account the years before 1968 when significant research has been conducted on the topic. For example, several of the publications from South Africa are older than 1968 and described the first orchids species of Southern Africa (see Stewart et al., 1982). Stewart et al. (1982), in their book preface, indicated the publication of Harry Bolus published in 1888 on the account of the Orchids of the Cape Peninsula with 117 species. Also, the first complete accounts of orchids of South Africa were published in 1912 and 1913, and these two publications formed the bulk of Volume V, section 3, of the *Flora Capensis*, an important set of volumes on the flora of South Africa. Finally, the Scopus database does not cover all available research on African orchids, particularly the grey literature. Despite the difference in the codification of published document databases, efforts to combine multiple databases and library documents will certainly strengthen the results of this study in the future.

## 5. Conclusion

Until now, research on African orchids focused on their taxonomy, species diversity, and the different modes of pollination. Most of the publications were authored by scientists from South Africa and a few countries from the northern hemisphere. This study suggested trending research areas for the advancement of science on African orchids to achieve a better conservation of these threatened species. In particular, future research should continue botanical inventories for the identification of yet to be discovered orchid species, and increasingly focus on the ecology, artificial regeneration and micro-propagation of orchids to guide restoration and conservation planning. Furthermore, efforts should be directed towards the development of domestication processes to reduce threats. It is expected that this study will help to gear scientists towards the important lines of research on African orchids.

## ACKNOWLEDGMENTS

We acknowledge the research unit BioME (Forest Biology and Ecological Modelling) from the Laboratory of Ecology, Botany and Plant Biology of the University of Parakou for providing logistical facilities.

## AUTHORS CONTRIBUTIONS

Roles	Authors names
Conceptualization	E.S.P. Assédé, S.S.H. Biaou
Data collection	Y. Abdoulaye, N.S.C. Nansounon
Data analysis	Y. Abdoulaye, E.S.P. Assédé, S.S.H. Biaou
Acquisition of fundings	E.S.P. Assédé
Methodology	E.S.P. Assédé, S.S.H. Biaou
Project management	E.S.P. Assédé
Supervision	E.S.P. Assédé, S.S.H. Biaou
Initial manuscript writing	Y. Abdoulaye, E.S.P. Assédé
Manuscript review and editing	Y. Abdoulaye, E.S.P. Assédé, N.S.C. Nansounon, S.S.H. Biaou, C.J. Geldenhuys

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

## REFERENCES

- Acharya K. P. and Rokaya M. B. 2010. Medicinal orchids of Nepal: are they well protected?, *Our Nature*, 8 (1), pp. 82–91. doi:10.3126/on.v8i1.4315
- Ansoms A. and Marysse S. 2011. *Natural Resources and Local Livelihoods in the Great Lakes Region of Africa*. Springer. doi:10.1057/9780230304994
- Aria, M. and Cuccurullo, C. (2017) bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis, *Journal of Informetrics*, 11(4), pp 959-975. <https://www.bibliometrix.org>
- Assédé E. S. P., Azihou A. F., Geldenhuys C. J., Chirwa P. W. and Biaou S. S. H. 2020. Sudanian versus Zambezi woodlands of Africa: Composition, ecology, biogeography and use, *Acta Oecologica*, 107, pp. 103599. doi:10.1016/j.actao.2020.103599
- Assédé E. S. P., Djagoun C. A. M. S., Azihou A. F., Kouton M. D., Gogan Y. S. C., Geldenhuys C. J., Chirwa P. W. and Sinsin B. A. 2017. Folk perceptions and patterns of use of orchid species in Benin, West Africa, *Flora et Vegetation Sudano-Sambesica*, 20, pp. 26–36.
- Assédé E. S. P., Djagoun C. A. M. S., Azihou F. A., Gogan Y. S. C., Kouton M. D., Adomou A. C., Geldenhuys C. J., Chirwa P. W. and Sinsin B. 2018. Efficiency of conservation areas to protect orchid species in Benin, West Africa, *South African Journal of Botany*, 116, pp. 230–237. doi:10.1016/j.sajb.2018.02.405
- Balducci M. G., Van der Niet T. and Johnson S. D. 2019. Butterfly pollination of *Bonatea cassidea* (Orchidaceae): Solving a puzzle from the Darwin era, *South African Journal of Botany*, 123, pp. 308–316. doi:10.1016/j.sajb.2019.03.030

- Bhattacharyya P. and van Staden J. 2018. Molecular insights into genetic diversity and population dynamics of five medicinal Eulophia species: a threatened orchid taxa of Africa, *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24 (4), pp. 631–641. doi:10.1007/s12298-018-0523-6
- Bolus H. F. L. S. 1888. *The orchids of the Cape Peninsula. South African Philosophical Society*. V. Cape Town: The Society.
- Boukehili K., Boutabia L., Telailia S., Mena M., Tlidjane A., Maazi M. C., Chefrou A., Saheb M. and Véla E. 2018. Les orchidées de la région de Souk-Ahras (Nord-est algérien): inventaire, écologie, répartition et enjeux de conservation, *Revue d'écologie*.
- Castro J. B. and Singer R. B. 2019. A literature review of the pollination strategies and breeding systems in Oncidiinae orchids, *Acta Botanica Brasílica*, 33 (4), pp. 618–643. doi:10.1590/0102-33062019abb0111
- Chimi D. C., Nfonkah B. N., Kabelong, B. L. P. R., Noudem J. C., Misse A. C., Tabue M. R. B., et al. 2020. Orchids diversity and biomass on a native host tree species in a semi-deciduous rain forest of Cameroon, *Journal of Sustainable Forestry*, pp. 1–12. doi:10.1080/10549811.2020.1746350
- Chinsamy M., Finnie J. F. and Van Staden J. 2011. The ethnobotany of South African medicinal orchids, *South African Journal of Botany*, 77 (1), pp. 2–9. doi:10.1016/j.sajb.2010.09.015
- CITES 2020. *Appendices I, II and III*. Available from: <https://cites.org/sites/default/files/eng/app/2020/E-Appendices-2020-08-28.pdf>
- Cozzolino S. and Widmer A. 2005. Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception?, *Trends in Ecology & Evolution*, 20 (9), pp. 487–494. doi:10.1016/j.tree.2005.06.004
- Dearnaley J. D., Martos F. and Selosse M.-A. 2012. 12 orchid mycorrhizas: molecular ecology, physiology, evolution and conservation aspects, in: *Fungal associations*. Springer, pp. 207–230.
- Djalante R. 2018. A systematic literature review of research trends and authorships on natural hazards, disasters, risk reduction and climate change in Indonesia., *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 18 (6). doi:10.5194/nhess-18-1785-2018
- Droissart V., Cribb P. J., Simo-Droissart M. and Stévant T. 2014. Taxonomy of Atlantic Central African orchids 2. A second species of the rare genus *Distylodon* (Orchidaceae, Angraecinae) collected in Cameroon, *PhytoKeys*, (36), pp. 27. doi:10.3897/phytokeys.36.7225
- Droissart V., Sonké B. and Stévant T. 2006. The Orchidaceae endemic to Atlantic Central Africa occurring in Cameroon, *Systematics and Geography of Plants*, 76 (1), pp. 3–84.
- Fay M. F. 2018. Orchid conservation: how can we meet the challenges in the twenty-first century?, *Botanical Studies*, 59 (1), pp. 16. doi:10.1186/s40529-018-0232-z
- Fetscherin M., Voss H. and Gugler P. 2010. 30 Years of foreign direct investment to China: An interdisciplinary literature review, *International Business Review*, 19 (3), pp. 235–246. doi:10.1016/j.ibusrev.2009.12.002
- Fonge B. A., Essomo S. E., Bechem T. E., Tabot P. T., Arrey B. D., Afanga Y. and Assoua E. M. 2019. Market trends and ethnobotany of orchids of Mount Cameroon, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15 (1), pp. 29. doi:10.1186/s13002-019-0308-1
- Franklin J. F., Mitchell R. J. and Palik B. J. 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry, *Gen. Tech. Rep. NRS-19*. Newtown Square, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 44 p., 19. doi:10.2737/NRS-GTR-19
- Grobler L. 2005. Conservation in South Africa: An Orchidist's Perspective, *Selbyana*, pp. 81–84.
- Gutiérrez R. M. P. 2010. Orchids: A review of uses in traditional medicine, its phytochemistry and pharmacology, *Journal of Medicinal Plants Research*, 4 (8), pp. 592–638. doi:10.5897/JMPR
- IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2019-2.
- Jecmenica V., Droissart V., Akouangou E., Nyangala C., Bakita B., Biteau J. P. and Stévant T. 2017. Taxonomy of Atlantic Central African orchids, 6: Three new species of *Angraecum* sect. *Afrangraecum* (Orchidaceae, Angraecinae) from Gabon and Sao Tomé, *Phytotaxa*, 323 (2), pp. 143–158.
- Jersakova J. and Johnson S. D. 2006. Lack of floral nectar reduces self-pollination in a fly-pollinated orchid, *Oecologia*, 147 (1), pp. 60–68. doi:10.1007/s00442-005-0254-6
- Kasulo V., Mwabumba L. and Cry M. 2009. A review of edible orchids in Malawi, *Journal of Horticulture and Forestry*, 1 (7), pp. 133–139. doi:10.5897/JHF.9000003
- Kendon J. P., Rajaovelona L., Sandford H., Fang R., Bell J. and Sarasan V. 2017. Collecting near mature and immature orchid seeds for ex situ conservation: 'in vitro collecting' as a case study, *Botanical Studies*, 58 (1), pp. 34. doi:10.1186/s40529-017-0187-5
- Leydesdorff L., de Moya-Anegón F. and Guerrero-Bote V. P. 2010. Journal maps on the basis of Scopus data: A comparison with the Journal Citation Reports of the ISI, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61 (2), pp. 352–369. doi:10.1002/asi.21250
- Linder H. P. 1995. Setting conservation priorities: the importance of endemism and phylogeny in the southern African orchid genus *Herschelia*, *Conservation Biology*, 9 (3), pp. 585–595. doi:10.1046/j.1523-1739.1995.09030585.x
- Linder H. P., Kurzweil H. and Johnson S. D. 2005. The Southern African orchid flora: composition, sources and endemism, *Journal of Biogeography*, 32 (1), pp. 29–47. doi:10.1111/j.1365-2699.2004.01202.x

- Liu H. and Gao J. 2020. Orchid Conservation Translocation Efforts in China, in: *Conservation and Re-introduction of Rare and Endangered Plants in China*. Springer, pp. 205–224. [doi:10.1007/978-981-15-5301-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5301-1_19)
- Micheneau C., Johnson S. D. and Fay M. F. 2009. Orchid pollination: from Darwin to the present day, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161 (1), pp. 1–19. [doi:10.1111/j.1095-8339.2009.00995.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00995.x)
- Noyons E. 2001. Bibliometric mapping of science in a policy context, *Scientometrics*, 50 (1), pp. 83–98. [doi:10.1023/a:1005694202977](https://doi.org/10.1023/a:1005694202977)
- Pant B. 2013. Medicinal orchids and their uses: tissue culture a potential alternative for conservation, *African Journal of Plant Science*, 7 (10), pp. 448–467. [doi:10.5897/AJPS2013.1031](https://doi.org/10.5897/AJPS2013.1031)
- Peter C. I. and Johnson S. D. 2014. A pollinator shift explains floral divergence in an orchid species complex in South Africa, *Annals of Botany*, 113 (2), pp. 277–288. [doi:10.1093/aob/mct216](https://doi.org/10.1093/aob/mct216)
- Phillips D. P. and Bytebier B. 2020. A morphometric and molecular phylogenetic analysis of the African orchid genus *Stenoglottis* (Orchidaceae: Orchidoideae), *Botanical Journal of the Linnean Society*, 193 (3), pp. 340–362.
- Pillon Y. and Chase M. W. 2007. Taxonomic exaggeration and its effects on orchid conservation, *Conservation Biology*, 21 (1), pp. 263–265. [doi:10.1111/j.1523-1739.2006.00573.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00573.x)
- Possobom C. C. F. and Machado S. R. 2017. Elaiophores: their taxonomic distribution, morphology and functions, *Acta Botanica Brasiliica*, 31 (3), pp. 503–524. [doi:10.1590/0102-33062017abb0088](https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0088) [ISSN1677-941X](https://www.sciencedirect.com/journal/acta-botanica-brasilica/ISSN/1677-941X)
- Sanford W. W. and Adanlawo I. 1973. Velamen and exodermis characters of West African epiphytic orchids in relation to taxonomic grouping and habitat tolerance, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 66 (4), pp. 307–321. [doi:10.1111/j.1095-8339.1973.tb02178.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1973.tb02178.x)
- Simo-Droissart M., Stévant T., Sonké B., Mayogo S., Kamdem N. and Droissart V. 2018. New taxonomic and conservation status of *Ossiculum* (Vandaeae, Orchidaceae), a highly threatened and narrow-endemic angraecoid orchid from Central Africa, *PhytoKeys*, (98), pp. 85. [doi:10.3897/phytokeys.98.23511](https://doi.org/10.3897/phytokeys.98.23511)
- Stewart J., Linder H. P., Schelpe E. A. and Hall A. V. 1982. *Wild orchids of Southern Africa*. Macmillan. Johannesburg.
- Subedi A., Hunwar B., Choi Y., Dai Y., Tinde van A., Chaudhary R. P., de Boe H. J. r and Gravendeel B. 2013. Collection and trade of wild-harvested orchids in Nepal | Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine | Full Text, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9 (64). [doi:10.1186/1746-4269-9-64](https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-64).
- Swarts N. D. and Dixon K. W. 2009. Terrestrial orchid conservation in the age of extinction, *Annals of Botany*, 104 (3), pp. 543–556. [doi:10.1093/aob/mcp025](https://doi.org/10.1093/aob/mcp025)
- Travers S. L., Jackman T. R. and Bauer A. M. 2014. A molecular phylogeny of Afrotropical dwarf geckos (*Lygodactylus*) reveals a single radiation and increased species diversity in a South African montane center of endemism, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 80, pp. 31–42. [doi:10.1016/j.ympev.2014.07.017](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.07.017)
- Tripathi M., Kumar S., Sonker S. K. and Babbar P. 2018. Occurrence of author keywords and keywords plus in social sciences and humanities research: A preliminary study, *COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management*, 12 (2), pp. 215–232. [doi:10.1080/09737766.2018.1436951](https://doi.org/10.1080/09737766.2018.1436951)
- Tsering J., Tam N., Tag H., Gogoi B. J. and Apang O. 2017. Medicinal orchids of Arunachal Pradesh: A review, *Bulletin of Arunachal Forest Research*, 32 (1 & 2), pp. 1–16.
- Van der Niet T., Cozien R. J. and Johnson S. D. 2015. Experimental evidence for specialized bird pollination in the endangered South African orchid *Satyrium rhodanthum* and analysis of associated floral traits, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177 (1), pp. 141–150. [doi:10.1111/boj.12229](https://doi.org/10.1111/boj.12229)
- Vereecken N. J., Streinzer M., Ayasse M., Spaethe J., Paulus H. F., Stoekl J., Cortis P. and Schiestl F. P. 2011. Integrating past and present studies on *Ophrys* pollination—a comment on Bradshaw et al., *Botanical Journal of the Linnean Society*, 165 (4), pp. 329–335. [doi:10.1111/j.1095-8339.2011.01112.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01112.x)
- Vermeulen J. J. 1987. *Orchid Monographs: A Taxonomic Revision of the Continental African Bulbophyllinae*. Vol. 2. Brill Archive.
- Willis K. J. 2017. *State of the world's plants report-2017*. Royal Botanic Gardens.
- Wraith J., Norman P. and Pickering C. 2020. Orchid conservation and research: An analysis of gaps and priorities for globally Red Listed species, *Ambio*, pp. 1–11. [doi:10.1007/s13280-019-01306-7](https://doi.org/10.1007/s13280-019-01306-7)
- Wraith J. and Pickering C. 2018. Quantifying anthropogenic threats to orchids using the IUCN Red List, *Ambio*, 47 (3), pp. 307–317. [doi:10.1007/s13280-017-0964-0](https://doi.org/10.1007/s13280-017-0964-0)
- Wraith J. and Pickering C. 2019. A continental scale analysis of threats to orchids, *Biological Conservation*, 234, pp. 7–17. [doi:10.1016/j.biocon.2019.03.015](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.03.015)
- Zeng S., Huang W., Wu K., Zhang J., Teixeira da Silva J. A. and Duan J. 2016. In vitro propagation of *Paphiopedilum* orchids, *Critical Reviews in Biotechnology*, 36 (3), pp. 521–534. [doi:10.3109/07388551.2014.993585](https://doi.org/10.3109/07388551.2014.993585)
- Zhang J., Yu Q., Zheng F., Long C., Lu Z. and Duan Z. 2016. Comparing keywords plus of WOS and author keywords: A case study of patient adherence research, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67 (4), pp. 967–972. [doi:10.1002/asi.23437](https://doi.org/10.1002/asi.23437)

## Instructions aux auteurs

Note importante : à partir de Janvier 2021, la revue SNA n'accepte plus de soumissions d'articles par email. La soumission se fait exclusivement en ligne, sur la plateforme prévue à l'adresse : <https://sna.fa-up.bj/>. Des conseils et informations utiles sont fournis sur la plateforme dans la rubrique « Ressources pour les auteurs » : <https://sna.fa-up.bj/ojs/index.php/sna/ressources>. Veuillez les consulter si c'est votre première soumission d'article sur la plateforme.

### 1 Ligne éditoriale

La revue Annales de l'Université de Parakou - Série « Sciences Naturelles et Agronomie », en abrégé AUP-SNA, est une revue scientifique à comité de lecture et en accès libre. Elle est destinée à un public diversifié constitué entre autres de professionnels du développement, chercheurs, enseignants, étudiants et agriculteurs. Les articles, rédigés en français ou en anglais, doivent être originaux, constituer un apport scientifique ou technique important pour ce public et intéresser un lectorat international.

La revue publie des travaux pluridisciplinaires de recherche (expérimentations, enquêtes, modélisations, simulations, méta-analyses et synthèses) sur tous les domaines des sciences naturelles, biologiques, agronomiques, environnementales et connexes. Elle s'intéresse en particulier à la rationalisation de la production agricole, l'amélioration des systèmes de production agricole, ainsi qu'à la valorisation et à l'exploitation durable des productions agricoles et des ressources naturelles.

Plus précisément, la revue est ouverte à des travaux concernant :

- Les **sciences et techniques de production végétale** (phytotechnie, mycologie, horticulture, biotechnologie et protection des végétaux, stockage et conservation des produits de récolte) ;
- Les **sciences et techniques de production animale** (zootechnie, santé animale, pêche, aquaculture, amélioration génétique des animaux, domestication et exploitation des espèces non conventionnelles) ;
- Les **sciences agroalimentaires**, la **nutrition** et la **sécurité alimentaire**, notamment la transformation et l'utilisation des produits animaux et végétaux dans l'alimentation ou l'industrie ;
- L'**aménagement et la gestion des ressources naturelles (forêt, faune, sol, eau) et des territoires ruraux**, y compris la sylviculture, l'écologie, les impacts environnementaux, la conservation et l'évolution de la biodiversité, la gestion des aires protégées, l'écotourisme et les aménagements hydro-agricoles ;
- L'**économie et la sociologie** des systèmes de production agricole et des ressources naturelles ;
- Le **développement agricole en général** et les **innovations** techniques, institutionnelles et politiques dans tous les domaines ci-dessus.

La revue "Annales de l'Université de Parakou - Série Sciences Naturelles et Agronomie" est publiée par l'Université de Parakou (Bénin). Elle a été créée en 2010 et paraissait jusqu'en 2017 sous un numéro unique par an, en format papier.

Depuis 2018, la revue paraît semestriellement (deux fois par an : en Juin et Décembre) et est passée de la publication au format papier à une diffusion électronique uniquement et en accès libre. Les auteurs intéressés par la version papier peuvent toujours en faire la demande au comité de publication et les frais d'impression leurs seront précisés.

Chaque parution est composée d'articles soumis spontanément par leurs auteurs. En outre, des numéros spéciaux peuvent être initiés par le comité de publication autour de thématiques d'actualité et constitués d'articles suscités, ou d'actes de réunions scientifiques (conférences, colloques, ateliers, etc) à l'initiative des organisateurs desdits événements ou sur invitation du comité de publication.

Les articles soumis pour publication, y compris dans le cadre de colloques scientifiques, sont examinés par le Comité de Publication (pré-évaluation) et par des relecteurs anonymes (évaluation en double-aveugle) chargés d'apprécier les manuscrits en fonction de :

- L'adéquation à l'objectif de la revue ;
- L'intérêt du sujet traité pour le public de la revue ;
- L'originalité du manuscrit soumis ;
- La rigueur du raisonnement et la clarté de la rédaction.

La décision finale d'acceptation ou de rejet de l'article est prise par le Comité de Publication.

## 2 Présentation des manuscrits

Tous les manuscrits doivent être conformes aux instructions suivantes avant d'être examinés.

- La longueur souhaitée d'un manuscrit est au plus **8 000 mots**. La revue peut toutefois admettre, à titre exceptionnel, des textes plus longs, notamment pour les articles synthèse comportant de nombreuses références bibliographiques. La longueur de l'article s'entend pour des textes complets incluant titre, résumés en français et en anglais, mots clés, texte, références bibliographiques, tableaux et illustrations avec leurs titres et légendes bilingues ;
- Les types d'article synthèses recevables comprennent : la synthèse narrative, l'analyse bibliométrique, la revue systématique et la méta-analyse. Exception faite de la synthèse narrative, tous les autres types d'article synthèse doivent obligatoirement comporter une section méthodologie ;
- La liste des auteurs et leurs affiliations doit être supprimée du manuscrit, pour préserver l'anonymat des auteurs pendant l'évaluation. Elle sera **saisie directement en ligne dans le formulaire prévu** à cet effet pendant le processus de soumission.
- Les éléments constituant le manuscrit (titre et résumé en français, titre et résumé en anglais, mots clés, texte, références bibliographiques, tableaux et illustrations avec leurs titres et légendes bilingues), **sans les auteurs et leurs affiliations**, devront être regroupés dans un seul fichier rendu anonyme ;
- Le titre, le résumé et l'introduction de l'article doivent comporter tous les éléments permettant de saisir l'intérêt scientifique de l'article, son originalité et sa pertinence, en donnant envie de le lire ;

- Les manuscrits doivent être rédigés dans un logiciel de traitement de texte compatible avec Windows, au format A4, police « Times New Roman 12 » et paginés, avec une marge normale (2,54 cm) sur tous les bords et en interligne simple ;
- Les sous-titres sont limités à trois niveaux au plus et le texte doit être rédigé en caractère normal sans gras, et sans aucun mot souligné (à l'exception des liens URLs);
- Les notes en bas de page ne sont pas acceptées ;
- Les illustrations seront limitées au minimum nécessaire pour la compréhension de l'article (en général 5 à 6 au total : tableaux et figures) et seront fournies avec leurs titres et légendes bilingues (français et anglais). Elles seront **insérées directement dans le texte** aux emplacements appropriés, et non à la fin de l'article ;
- Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible, en français ou en anglais. Les abréviations internationales sont acceptées (FAO, DDT, etc.).
- Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) sont acceptés ;
- Les équations seront insérées avec l'éditeur d'équations disponible dans le logiciel de traitement de texte ;
- Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira un nom scientifique dans le texte (et pas dans le titre de l'article) ;
- Dans le texte, utiliser avec modération les termes techniques très spécialisés, les abréviations et sigles peu connus, et les expliciter systématiquement lors de leur premier emploi dans le résumé et le corps du texte ;
- Le manuscrit sera subdivisé en plusieurs parties sur des pages séparées et dont les contenus sont décrits ci-après.

## **2.1 Manuscrit complet de l'article (sans les auteurs et affiliations)**

### **Page 1 : Titre de l'article, Résumé et abstract**

Cette page doit indiquer clairement :

- Le titre de l'article (20 mots au maximum) en français et en anglais : il comporte l'objet et le taxon s'il y en a avec les noms scientifiques sans auteur (s) ;
- Le titre réduit de l'article dans la langue de rédaction de l'article (10 mots au maximum) ;
- Un bref résumé (300 mots maximum) dans la langue de l'article (français ou anglais selon le cas). Les sections devant être résumées comprennent l'introduction (contexte, problématique et objectifs), la méthodologie, les résultats et la conclusion ;
- Un résumé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas). Les sections devant être résumées comprennent l'introduction (contexte, problématique et objectifs), la méthodologie, les résultats et la conclusion ;
- Cinq (5) mots clés suivront chacun des résumés (français et anglais), décrivant l'article le plus complètement possible, et indexés dans le thésaurus Agrovoc de la FAO

(<http://aims.fao.org/standards/agrovoc/functionalities/search>). Les mots clefs seront séparés par des virgules. Indiquer d'abord l'espèce ou l'objet au centre de l'étude et terminer par le pays où a eu lieu l'étude. Exemple : Iroko, *Milicia excelsa*, variation génétique, structure des populations, Bénin.

## **Page 2 à xx : Texte complet avec les illustrations incluses**

Tous les articles originaux doivent être structurés de la manière suivante : Introduction, Matériel et méthodes, Résultats, Discussion, Conclusion, Conflits d'intérêt, Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques. Si l'auteur le désire, Résultats et Discussion peuvent être combinés.

**Introduction** : L'introduction présente la nature et l'importance du problème et le place dans le contexte de ce qui est déjà connu (revue de la littérature). Elle permet de justifier le choix de l'hypothèse et de la démarche scientifique. Les objectifs, les questions ou les hypothèses de l'étude doivent être clairement énoncés et découler logiquement de la problématique et du point des connaissances présentés.

**Matériel et Méthodes** : Cette section présente les méthodes employées pour arriver aux résultats et permet de juger de la valeur scientifique des travaux. La description du protocole expérimental doit contenir (Dagnélie, 2012) : les conditions de réalisation de l'expérience ou de la recherche ; les individus qui ont été observés (population, échantillonnage...) ; l'organisation de l'expérimentation (durée, traitements, nombre d'observations, d'échantillons, de répétitions...) ; les observations qui ont été réalisées (variables dépendantes et indépendantes) et les méthodes (techniques, instruments...) de collecte de ces observations ; les outils statistiques d'analyse des observations ; l'incertitude relative et la précision des instruments. Pour un protocole déjà bien décrit dans la littérature, une description brève avec un renvoi à une référence sont suffisantes.

**Résultats** : Cette section sert à présenter les principaux résultats de l'étude (sous forme de chiffres, de tableaux et/ou de figures), sans interprétation ou discussion et en relation avec la question ou l'hypothèse centrale de la recherche. Un ordre de présentation logique représentant le raisonnement de l'auteur doit être employé, afin d'aider le lecteur à comprendre ce raisonnement.

**Discussion** : Dans cette partie, la réponse à la question ou l'hypothèse centrale doit être apportée. Il faut faire référence aux résultats, sans les reprendre, et expliquer comment ces nouveaux résultats améliorent la connaissance scientifique. La discussion doit aussi apporter une explication sur les résultats, y compris ceux non attendus, en lien avec les recherches précédentes, et présenter au besoin les limites de la recherche réalisée.

**Conclusion** : Elle précise les implications théoriques et pratiques importantes de l'étude ainsi que les perspectives et/ou recommandations en lien avec les résultats présentés. Elle est différente du résumé et ne doit pas être une reprise de celui-ci.

**Conflits d'intérêt** : Cette section permet de signaler tout conflit d'intérêt existant.

**Remerciements** : Introduire si nécessaire une section « Remerciements » pour les contributeurs techniques, financiers ou institutionnels.

**Références bibliographiques** : Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités dans les références bibliographiques. Dans le texte, les références sont citées en précisant les noms des auteurs (sans les prénoms ou initiales des prénoms) et la date de publication de la manière suivante : Dupont (1995) ou Dupont & Dupont (1990) ou dans le cas de plus de deux (2) auteurs, Dupont et al. (1978). Dans les cas de plusieurs citations d'auteurs-date à l'intérieur d'une parenthèse, les séparer par un point-virgule. Si un auteur donné ou plusieurs mêmes auteurs ont publié la même année, ajouter les lettres a,

b, c, etc. après l'année de publication. Il est déconseillé de citer des documents non publiés (à l'exception des textes officiels) ou difficiles à trouver.

Dans la liste des références bibliographiques, les noms d'auteurs seront rangés par ordre alphabétique des noms des auteurs. Citer tous les auteurs jusqu'à 6 ; au-delà de 6, maintenir les 6 premiers, suivis de et al. Lorsqu'un article ou un document est téléchargeable ou au moins consultable sur Internet, indiquer entre parenthèses, à la fin de la référence, l'URL correspondante. Il est aussi recommandé de préciser le DOI d'une référence bibliographique, lorsqu'il existe. Les noms des revues scientifiques ou des titres de conférences peuvent être abrégés. Le cas échéant, utiliser les standards internationalement reconnus. Voir par exemple :

- [https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/A\\_abrvjt.html](https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/A_abrvjt.html)
- [http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/office/abk\\_EN](http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/office/abk_EN)
- <http://library.stanford.edu/guides/find-journal-abbreviations>

Selon les types de publications, les références bibliographiques seront présentées comme suit :

**\* Pour les revues**

- Adjahoun E. 1962. Etude phytosociologique des savanes de la basse Côte-d'Ivoire (savanes lagunaires). *Vegetatio* 11 : 1-38.
- Grönblad R. Prowse G. A. & Scott A. M. 1958. Sudanese Desmids. *Acta Bot. Fenn.* 58: 1-82.
- Thomasson K. 1965. Notes on algal vegetation of lake 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. *Applied Ecology*, 11: 963-968.
- Poche R. M. 1974b. Ecology of the African elephant (*Loxodonta africana*) in Niger, West Africa. *Mammalia*, 38: 567-580.

**\* Pour les contributions dans les livres**

- Whitton 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 physiologie 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., Adams R. J. & Jenkins M. D. 1990. Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN- The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

### \* Pour les thèses

- Batonon D. I. 2014. Systèmes d'alimentation alternatifs pour le développement des filières volaille en régions chaudes. Thèse de Doctorat, Université François Rabelais, Tours, France, 160 p.

### \* Pour les communications

- Viera da Silva J. B., Naylor A. W. & Kramer P. J. 1974. Some Ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum*) leaves. Proceedings of Nat. Acad. Sci. 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 Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n°199 : 109-119.

### \* Pour les abstracts

- Takaiwa F. & Tanifuji S. 1979. RNA Synthesis in embryo axes of germination pea seeds. Plant Cell Physiol., 20 (5): 875-884. In: Crop Physiology Abstracts, 1980, 4533.

### \* Pour les sites web

- Heuzé V., Tran G., Bastianelli D., Hassoun P. & Renaudeau D. 2015. Sweet potato (*Ipomoea batatas*) tubers. Feedipedia, INRA, CIRAD, AFZ, FAO, [www.feedipedia.org/node/745](http://www.feedipedia.org/node/745) (consulté le jour mois année).

## 2.2 Logiciels de gestion des références bibliographiques et styles applicables

Pour faciliter la préparation de votre manuscrit, nous vous recommandons fortement d'utiliser un logiciel de gestion des références bibliographiques. Il en existe plusieurs gratuits sur Internet dont les plus populaires sont Mendeley ([www.mendeley.com](http://www.mendeley.com)) et Zotero ([www.zotero.org](http://www.zotero.org)). Les fichiers de styles pour ces deux logiciels (et aussi Papers2) s'appuient sur un langage appelé « Citation Style Language (CSL) » et peuvent donc être utilisés indifféremment avec l'un ou l'autre des logiciels. Les paragraphes ci-après expliquent la procédure d'installation du style de la revue Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » dans Mendeley et dans Zotero.

**Installation du style AUP-SNA dans Mendeley :** Le style propre aux Annales de l'Université de Parakou – Série Sciences Naturelles et Agronomie est téléchargeable sur ce [lien](#). Pour l'installer dans Mendeley, aller dans le menu : View >> Citation Styles >> More Styles (aller sur l'onglet Get More Styles). En bas de la boîte de dialogue, ajouter le lien ci-dessus et cliquer sur Download. Le style est automatiquement installé et vous pouvez l'utiliser pour mettre en forme vos références.

**Installation du style AUP-SNA dans Zotero :** Avec l'application Zotero standalone, vous devez d'abord télécharger le style sur votre ordinateur (avec l'extension « .csl ») sur ce [lien](#). Pour l'installer, faites un clic-double sur le fichier téléchargé pendant que l'application Zotero est ouverte ou ouvrez la avec Zotero et confirmez l'installation.

## 2.3 Illustrations : tableaux et figures

Tous les tableaux et figures doivent être numérotés en chiffres arabes (Tableau 1 ; Figure 2) et cités dans le manuscrit avec leur numéro dans un ordre chronologique. Chaque tableau ou figure doit avoir un titre. Leurs titres et légendes doivent être clairs, concis et bien préciser le contenu pour être

compréhensibles sans recours au texte. Ils doivent être aussi traduits dans la seconde langue (français ou anglais) selon la langue de rédaction du manuscrit. Les schémas, cartes et photos sont uniformément désignées comme des figures.

Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau de données, et ceux des figures seront écrits en bas des illustrations. Les figures et les tableaux seront positionnés immédiatement après leur première citation dans le texte ou sur la page suivant immédiatement (et non en fin de l'article). Il faut éviter de répéter les mêmes données contenues dans les tableaux et figures dans le texte.

Pour les tableaux et les figures comprenant du texte, utiliser une police de taille 11 ou 12 ; autrement ils deviendraient illisibles, après réduction. Dans les figures, éviter les trames et préférer des figurés plus grossiers (points, hachures, etc) et utiliser une résolution minimum de 600 dpi environ pour les schémas contenant des lignes et 400 dpi pour les images tramées, photos ou graphiques avec nuances de gris pour que les figures soient lisibles. Les figures (schémas, cartes, photos, etc) en couleur sont acceptées mais les tableaux seront présentés de préférence en noir et blanc.

Pour les tableaux, les bordures des colonnes seront rendues invisibles et seules les bordures de la première ligne et de la dernière ligne seront visibles.

Dans l'hypothèse où certaines des illustrations seraient réalisées par des tiers, qu'elles aient déjà été publiées ou non, l'auteur s'engage à obtenir auprès de ces derniers l'ensemble des autorisations nécessaires à l'intégration de ces illustrations dans son article et à leur exploitation sous cette forme. Il fournira ces autorisations de reproduction avec son manuscrit. Les actes officiels (lois, décrets, décisions, etc) ne sont pas concernés.

## 2.4 Matériels supplémentaires (annexes)

Des éléments non essentiels à la compréhension du travail, mais dont les auteurs pensent qu'ils peuvent avoir un intérêt pour les lecteurs, peuvent être annexés à l'article ; ils sont soumis séparément comme « matériel supplémentaire ». Les matériels supplémentaires sont indiqués dans le texte par des appels : « (Matériel supplémentaire I ou matériel supplémentaire IV) ».

## 3 Soumission et évaluation des manuscrits

### 3.1 Plateforme et documents de soumission

La soumission se fait exclusivement en ligne, sur la plateforme prévue à l'adresse : <https://sna.fau-up.bj/>. L'auteur qui soumet l'article devra se connecter à son compte sur ladite plateforme. Il peut en créer un s'il n'était pas déjà enregistré comme utilisateur. **Aucune attention ne sera accordée à un manuscrit envoyé sous une autre forme.**

Chaque soumission comprend :

1. une **lettre de soumission** de l'article selon le modèle de la revue AUP-SNA (**obligatoire**, cf. modèle sur ce [lien](#)) ;
2. le **manuscrit de l'article** en un seul fichier « .doc », « .docx » ou « .rtf » (**obligatoire**) et sans les noms des auteurs ou leurs affiliations ;
3. les **fichiers des images** en haute résolution (300 dpi) et convenablement numérotées, si applicable ;
4. les **matériels supplémentaires** (annexes), si applicable ;
5. les **autorisations de reproduction d'illustrations** réalisées par des tiers (si applicable).

### 3.2 Préservation de l'anonymat des auteurs et des évaluateurs

Le processus d'évaluation par les pairs se fera en protégeant autant que possible l'anonymat des auteurs vis-à-vis des évaluateurs et vice versa. À ce titre, les auteurs et évaluateurs doivent éliminer leur identité des propriétés du fichier à soumettre (menu Fichier dans Word), en cliquant sur les commandes suivantes dans les versions récentes de Word: Fichier > Info > Inspecter le document > Supprimer les informations personnelles du fichier lors de l'enregistrement > Enregistrer (ou OK). De même, les auteurs sont invités à ne pas laisser apparaître sur les tableaux de données, cartes, photos ou illustrations des labels, notes ou légende pouvant permettre d'identifier un ou plusieurs des co-auteurs du manuscrit soumis. Ces informations pourront être rajoutées dans la version finale de l'article après l'acceptation.

### 3.3 Etapes d'évaluation des manuscrits

Les manuscrits soumis à la revue passent successivement par :

1. une **pré-évaluation** par le comité de publication :
  - l'analyse de recevabilité du manuscrit (complétude de la soumission: fichier des auteurs, fichier du texte complet, lettre d'accompagnement, et anonymisation des fichiers) ;
  - l'analyse de conformité à la ligne éditoriale (instructions aux auteurs) de la revue et d'originalité des résultats ;
  - le contrôle de plagiat et d'auto-plagiat ;
2. une **évaluation anonyme** par des experts internationaux.

À chacune de ces étapes, l'article pourra être rejeté, s'il n'est pas conforme aux instructions et à la ligne éditoriale de la revue ou s'il est jugé de qualité insuffisante.

### 3.4 Contrôle de plagiat et d'auto-plagiat

La revue Annales de l'Université de Parakou - Série Sciences Naturelles et Agronomie est engagée contre le plagiat et l'auto-plagiat. La pré-évaluation inclut le contrôle de plagiat à l'aide de logiciels informatiques sous contrôle du Comité de publication. Pour tous les manuscrits, le rapport de contrôle de plagiat est fourni aux auteurs, mettant en exergue les sources plagiées ainsi que les liens internet vers ces sources. ***Le manuscrit est rejeté lorsque le taux de plagiat est élevé.***

### 3.5 Epreuves et révision des manuscrits

En cas de demande de révisions, la version modifiée doit être soumise par l'auteur correspondant sur la plateforme dédiée, dans un délai d'***une semaine pour des révisions mineures*** et d'***un mois pour des révisions majeures***. Toutes les recommandations des experts et du comité de publication sont à prendre en compte. En cas de désaccord avec certaines remarques, l'auteur argumente clairement les raisons pour lesquelles elles ne sont pas intégrées au nouveau manuscrit. Un document récapitulant toutes les modifications faites en réponse aux commentaires des relecteurs doit être joint à la version révisée.

La version révisée de l'article doit ***clairement mettre en exergue les modifications apportées*** par les auteurs, soit en utilisant la fonction "suivi des modifications" disponible dans MS Word, soit en mettant le texte modifié en couleur ou en le surlignant.

Les épreuves sont adressées à l'auteur correspondant par e-mail. Après corrections et acceptation définitive de l'article, celui-ci sera publié en ligne en version pdf téléchargeable. Dans le même temps, l'auteur recevra par email la version finale au format pdf en guise de tiré à part.

#### **4 Contribution aux frais de publication**

Les auteurs doivent contribuer aux frais de publication à hauteur de **40 000 FCFA** (soit 62 Euros) par article accepté, dans un délai de 7 jours suivant l'acceptation de l'article. Les références du compte bancaire de l'Université de Parakou à utiliser pour le paiement seront fournis à l'auteur par email après l'acceptation de son manuscrit.

En aucun cas, le paiement des frais de publication ne doit être envoyé à un membre du comité de publication, par quelque moyen que ce soit. La revue décline toute responsabilité des désagréments qui pourraient en découler.

#### **5 Politique de droits d'auteurs**

Les droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » demeurent à leurs auteurs. Ceux-ci garantissent que le contenu de ces articles est original, qu'ils sont bien titulaires des droits et que l'article n'a pas déjà été publié dans une autre revue ou sur tout autre type de support. Les auteurs garantissent également que l'article ne contient aucun emprunt à une œuvre de quelque nature que ce soit. Dans le cas contraire, les auteurs fournissent les autorisations signées des titulaires des droits de ces œuvres pour cette nouvelle exploitation.

Les auteurs autorisent la revue à publier leurs articles en ligne. Ils sont libres d'en distribuer des exemplaires, de présenter ou communiquer les articles au public par tout procédé technique.

#### **6 Conseils généraux**

- Ressources pour les auteurs de la revue AUP-SNA (accessible sur la plateforme de soumission): <https://sna.fa-up.bj/ojs/index.php/sna/ressources>
- Conseils méthodologiques : Pochet B. (2015). Comprendre et maîtriser la littérature scientifique : <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/186181> ou <http://infolit.be/CoMLiS>
- Logiciels gratuits pour l'édition des images : <http://www.archimag.com/vie-numerique/2016/03/02/3-outils-gratuits-retoucher-photos-pro>
- Logiciels gratuits de gestion des citations et références bibliographiques : [https://www.mpl.ird.fr/documentation/download/ENW\\_Zotero\\_Mendeley\\_AperoDoc.pdf](https://www.mpl.ird.fr/documentation/download/ENW_Zotero_Mendeley_AperoDoc.pdf) et <http://espacechercheurs.enpc.fr/fr/lgrb>
- Logiciels anti-plagiat gratuits :
  - <http://www.archimag.com/bibliotheque-edition/2017/03/01/plagiat-3-outils-reperer-copies-colles>
  - <https://www.redacteur.com/blog/logiciel-anti-plagiat-gratuit/>
  - <http://www.precisement.org/blog/Logiciels-anti-plagiat-gratuits-et-payants-une-selection.html>

La rédaction remercie les auteurs de l'attention qu'ils porteront à suivre ces instructions. Leur strict respect facilitera grandement la publication de leur article et réduira les délais de parution.