



# Annales de l'Université de Parakou

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

Dépôt légal N° 11902 du 23/12/2019, 4ème trimestre,  
Bibliothèque Nationale du Bénin

**Série « Sciences Naturelles et Agronomie »**

**Hors-série n°3, Septembre 2019**

**Spécial Projet Micro-Veg**



*Mise à échelle de la microdose dans la production de légumes traditionnels pour améliorer la sécurité alimentaire et économique des agriculteurs ouest Africains*

## **Editeurs Associés :**

Dr. Pierre B. Irénikatché AKPONIKPE, Maître de Conférences

Dr. Mohamed Nasser BACO, Maître de Conférences

### **Légende photo première de couverture :**

**A gauche :** Femme productrice montrant sa récolte d'amarante (*Amaranthus cruentus*), issue de l'application de la technique de microdose dans le village de Sokounon, Commune de Parakou 29 Avril 2017 (Crédit Photo : PBI Akponikpè)

**En haut à droite :** Application de la technique de microdose d'urée en bande sur l'amarante (*Amaranthus cruentus*), Club de jeunes scientifiques sur les légumes feuilles traditionnels, Lycée Technique Agricole d'Ina, Bénin (Crédit Photo : PBI Akponikpè)

**En bas à droite :** amuse-gueules enrichis en extrait de feuille de basilic africain (*Ocimum gratissimum*) 22 Avril 2016, (Crédit Photo : PBI Akponikpè).

### **Légende photo quatrième de couverture :**

Planches de démonstration de la technique microdose sur l'amarante (*Amaranthus cruentus*), Club de jeunes Scientifiques, Ecole Primaire Publique de Tourou, Parakou, Bénin, 24 Avril 2017, (Crédit Photo : PBI Akponikpè).

# **Annales de l'Université de Parakou**

Revue publiée par le Vice Rectorat chargé de la Recherche Universitaire,  
Université de Parakou (RU/UP)

BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

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

Dépôt légal N° 11902, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale du Bénin

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

## **Série « Sciences Naturelles et Agronomie »**

### **Hors-série n°3, Septembre 2019**

#### ***Spécial Projet Micro-Veg***

#### **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. AKOEGNINOU (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)

---

©2019 Université de Parakou - Bénin

***Annales de l'Université de Parakou - Série Sciences Naturelles et Agronomie,  
Hors-série n°3, Projet Micro-Veg, Septembre 2019.***

**Editeurs Associés** : Pierre B. Irénikatché AKPONIKPE et Mohamed Nasser BACO.

**ISSN** : 1840-8494

**eISSN** : 1840-8508

**Dépôt légal** : N° 11902 du 23/12/2019, Bibliothèque Nationale du Bénin, 4ème trimestre.



# AVANT PROPOS

---

Le présent numéro spécial des « Annales de l'Université de Parakou – Série Sciences Naturelles et Agronomie » tente de capitaliser certains acquis et résultats scientifiques du projet au Bénin « **Scaling-up fertilizer micro-dosing and indigenous vegetable production and utilization in West Africa (Micro-Veg)** » ou « **Mise à échelle de la micro-dose dans la production de légumes traditionnels pour améliorer la sécurité alimentaire et économique des agriculteurs ouest Africains** » (Micro-Veg/CRDI N° 107983-005).

Le projet Micro-Veg est un projet collaboratif de recherche développement financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI). Son objectif est d'augmenter la disponibilité, la sécurité alimentaires et le pouvoir économique des communautés paysannes à faible ressource en Afrique de l'Ouest. Le projet vise à intégrer la fertilisation micro-dose dans la production des légumes-feuilles sous-utilisés. Il est mis en œuvre au Bénin et au Nigéria par cinq universités : l'Université de Parakou au Bénin, deux universités d'Etat du Nigeria (Osun State University Uni-OSUN et Obafemi Awolowo University OAU), et deux universités du Canada (University of Saskatoon UofS et University of Manitoba UofM) pour la période du 20 Mars 2015 au 20 Mars 2018.

Ce numéro spécial comporte neuf (09) articles regroupés en deux sections : la première rassemble une série de quatre articles sur le développement et les recommandations de l'innovation de la fertilisation microdose sur les légumes feuilles traditionnels, et la seconde section regroupe une série de cinq articles qui présentent l'expérience et les leçons apprises du projet au regard des différentes approches de mise à échelle des innovations développées.

**L'Equipe béninoise du Projet Micro-Veg**





# SPONSORS

---



Global Affairs  
Canada



IDRC | CRDI

Canada

International Development Research Centre

Centre de recherches pour le développement international

Les recherches publiées dans ce numéro spécial des « Annales de l'Université de Parakou – Série Sciences Naturelles et Agronomie » ont été financées par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI <https://www.idrc.ca/>) et Affaires Mondiales Canada, dans le cadre du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAI) ou Canadian International Food Security Research Fund (CIFSFRF, en Anglais), Projet no 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project].

## À propos du CRDI

Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI, <https://www.idrc.ca/>) finance des travaux de recherche dans les pays en développement afin d'y favoriser la croissance, de réduire la pauvreté et d'impulser des changements positifs à grande échelle.

En tant que société d'État canadienne, le CRDI offre son appui aux éminents spécialistes qui sont en mesure de produire des connaissances et de trouver des solutions dont les pays en développement ont besoin afin d'apporter des changements durables. Le CRDI offre des ressources, des conseils et de la formation afin que ces spécialistes puissent mettre en pratique leurs innovations et en faire profiter ceux qui en ont le plus besoin. En bref, le CRDI accroît les possibilités – et contribue réellement à améliorer les conditions de vie des populations.



# REMERCIEMENTS

---

Les auteurs remercient les partenaires : Prof. Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Prof. Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Prof. Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Prof. Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet. Les auteurs remercient également les partenaires locaux au Bénin : Alpha Omega Environnement-ONG, Association pour la Recherche et la Promotion en Pisciculture Intégrée (AR2PI-ONG) et ZACOZA (Entreprise Sociale). Nous tenons à remercier également les communautés locales et les différents acteurs de la chaîne de valeur des légumes feuilles traditionnels qui ont fortement collaboré dans le développement et la mise en œuvre des innovations du projet.

## L'Equipe béninoise du Projet Micro-Veg





# Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par le Vice Rectorat chargé de la Recherche Universitaire,  
Université de Parakou (RU/UP)

BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

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

Dépôt légal N° 11902 du 23/12/2019, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale du Bénin

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

## Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

### Hors-série n°3, Septembre 2019

#### *Spécial Projet Micro-Veg*

## SOMMAIRE

<b>Contenu et auteurs</b>	<b>Pages</b>
<b>AVANT PROPOS</b>	vii
<b>SPONSORS</b>	ix
<b>REMERCIEMENTS</b>	xi
<b>THEME 1 : SCIENCES AGRONOMIQUES</b>	
<b>Technique de fertilisation microdose sur les légumes feuilles traditionnels en Afrique de l'Ouest : développement de l'innovation</b>	1-8
P. B. Irénikatché AKPONIKPE, Mohamed Nasser BACO, André Jonas DJENONTIN, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE, André ADJOGBOTO, Dagnon Didier LIKPETE, Mariama Boubou DIALLO, Dougbédji FATONDJI, Achille B. C. ADISSO	
<b>Technique de fertilisation microdose sur les légumes feuilles traditionnels au Bénin en Afrique de l'Ouest : performances et recommandations</b>	9-21
André ADJOGBOTO, Dagnon Didier LIKPETE, P. B. Irénikatché AKPONIKPE, Mariama Boubou DIALLO, G. Esaïe KPADONOU, André Jonas DJENONTIN, Mohamed Nasser BACO, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE, Dougbédji FATONDJI	
<b>Quels indicateurs pour une meilleure évaluation de la productivité des légumes feuilles traditionnels ?</b>	23-29
Dagnon Didier LIKPETE, P. B. Irénikatché AKPONIKPE, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE, Mohamed Nasser BACO, André ADJOGBOTO, André Jonas DJENONTIN	

**Quelles bonnes pratiques pour une Agriculture Intelligente face au Climat (AIC) en production maraîchère en Afrique de l'Ouest ?** 31-48

G. Esaïe KPADONOU, P.B. Irénikatche AKPONIKPÈ, Jean ADANGUIDI, Robert B. ZOUGMORE, André ADJOGBOTO, D. Didier LIKPETE, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE, André Jonas DJENONTIN, Mohamed Nasser BACO

**THEME 2 : MISE A L'ECHELLE DES INNOVATIONS**

**Mise à échelle des innovations sur les légumes feuilles traditionnels : une expérience du projet MicroVeg au Bénin** 49-58

Mohamed Nasser BACO, Pierre B. Irénikatché AKPONIKPE Soulé Akinhola ADECHIAN, Fructueuse Noudéhou OUIDOH, André Jonas DJENONTIN, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE

**Influence du contexte socioculturel sur l'efficacité des approches de mise à échelle : cas des plateformes d'innovation sur les légumes feuilles traditionnels au Bénin** 59-66

Mohamed Nasser BACO

**Quels défis pour le développement des chaînes de valeurs des légumes feuilles traditionnels au Bénin ?** 67-78

Soulé Akinhola ADÉCHIAN, Larissa U. Bayébafe AKPONIKPÈ, Mohamed Nasser BACO, Pierre B. Irénikatché AKPONIKPÈ, André Jonas DJÈNONTIN, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBÉ

**Processus de mise en œuvre de l'approche plateforme d'innovation : leçons apprises de l'expérience du projet Micro-Veg sur les légumes feuilles traditionnels au Bénin** 79-90

Fructueuse Noudéhou OUIDOH, Mohamed Nasser BACO, Traoré Kabirou BIO COMADA, Soulé Akinhola ADECHIAN, Pierre B. Irénikatché AKPONIKPE, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE, André Jonas DJENONTIN

**Evaluation sensorielle et acceptabilité des amuse-gueules enrichis aux feuilles de *Ocimum gratissimum* (basilic africain)** 91-100

Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE, Roland M. HOUNKPATIN, Modoukpè I. Djibril MOUSSA, P. B. Irénikatché AKPONIKPE, Mohamed N. BACO, André J. DJENONTIN, Houédougbé N. AKISSOE



# Technique de fertilisation microdose sur les légumes feuilles traditionnels en Afrique de l'Ouest : développement de l'innovation

P. B. Irénikatché AKPONIKPE<sup>1,2\*</sup>, Mohamed Nasser BACO<sup>3</sup>, André Jonas DJENONTIN<sup>2</sup>, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE<sup>4</sup>, André ADJOGBOTO<sup>1</sup>, Dagnon Didier LIKPETE<sup>1</sup>, Mariama Boubou DIALLO<sup>1</sup>, Dougbédji FATONDJI<sup>5</sup>, Achille B. C. ADISSO<sup>6</sup>

1 Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Université de Parakou, Bénin

2 Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

3 Laboratoire Environnement & Société, Département d'Economie et Sociologie Rurales (ESR), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

4 Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires (DNSAA), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

5 International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Niamey, Niger

6 Lycée Technique Agricole d'Ina, LTA Ina.

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

## Fertilizer microdosing on traditional leafy vegetables in West Africa: development of the innovation

**Abstract:** Indigenous leafy vegetables (ILVs) play a crucial role in the food and nutrition security of populations in Africa. However, their production faces important constraints including the efficient management of nutrients. Often, high doses of fertilizer (organic and mineral) are applied, largely exceeding crop requirement, leading to low nutrient use efficiency and environmental pollution. The adoption of fertilizer microdosing innovation widely promoted in cereal production systems in West Africa may be an alternative for sustainably improving the productivity and quality of ILVs. Microdosing consists in the application of reduced amounts of mineral or organic fertilizer at planting / seedling transplanting or shortly after emergence of seedlings. The implementation of microdosing technology in cereal production has led to improved yields, increased nutrient use efficiency and improved return on investment in Africa. For the first time on-station and field demonstrations trials were initiated to develop the microdose innovation on ILVs in West Africa. This article capitalizes on the process and approach of developing the microdose innovation for ILVs. Microdosing has resulted in substantial reduction to more than half of the recommended fertilizer application rates used by producers for ILVs. Therefore, dissemination at scale of this microdosing technique on ILVs in Africa is necessary for improved vegetable production, food and nutrition security, environmental protection and return for smallholders.

**Keywords:** *Amaranthus cruentus* L., Fertilizer microdosing, Indigenous leafy vegetables, *Occimum gratissimum* L., *Solanum macrocarpon* L., West Africa.

**Résumé :** Les légumes feuilles traditionnels (LFTs) jouent un rôle crucial dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations en Afrique. Cependant, leur production est confrontée à d'importantes contraintes dont la gestion efficiente des nutriments. Des doses d'engrais (organiques et minéraux) extrêmement élevées sont souvent appliquées dépassant largement les exportations par les cultures et conduisant à la baisse de l'efficience d'utilisation des nutriments et la pollution de l'environnement. L'adoption de l'innovation par fertilisation microdose (FM), largement promue dans les systèmes de production céréalières en Afrique de l'Ouest pourrait constituer une alternative pour l'amélioration durable de la production et de la

qualité des LFTs. En effet, la FM consiste à appliquer de petites quantités d'engrais minéraux ou organiques au poquet au moment des semis ou peu de temps après la levée des plantules ou à leur transplantation. La mise en œuvre de la FM dans la production des céréales a permis d'améliorer le rendement, l'efficacité d'utilisation des nutriments et le retour sur investissement en Afrique. Des essais en station et de démonstration en milieu réel ont été initiés pour mettre au point pour la première fois la technique de microdose sur les LFTs en Afrique de l'Ouest. Le présent article capitalise le processus et l'approche du développement de l'innovation de la microdose sur les LFTs. La microdose a permis de réduire de plus de deux fois les doses d'engrais appliquées par les producteurs pour la production des LFTs. Il s'avère donc nécessaire de diffuser à grande échelle cette technique de fertilisation par microdosage de l'engrais pour l'amélioration de la production des légumes feuilles traditionnels, la sécurité alimentaire, la protection de l'environnement et le revenu des petits producteurs en Afrique.

**Mots clés:** *Amaranthus cruentus* L., Fertilisation microdose, légumes feuilles traditionnels, *Solanum macrocarpon* L., *Occimum gratissimum* L., Afrique de l'Ouest.

## 1. Introduction

En Afrique de l'Ouest, l'importance des légumes feuilles traditionnels dans l'alimentation et dans les activités génératrices de revenus des populations rurales est très bien connue. Ils rentrent dans la préparation de sauces de presque toutes les populations en Afrique accompagnant les aliments de base (Fondio and Grubben, 2004; Dansi et al., 2008). Ils constituent d'importantes sources de vitamines, d'oligo-éléments, de protéines, de fibres et de glucides (Schippers, 2000). Cependant leur production est confrontée à d'énormes contraintes qui limitent leur productivité dont l'épuisement de la fertilité des sols. En effet, la baisse constante de la fertilité des sols a été montrée comme l'une des principales contraintes à la sécurité alimentaire et à la durabilité des systèmes agricoles en Afrique de l'Ouest. L'amélioration de la fertilité du sol et de la nutrition des plantes est essentielle pour maintenir un rendement optimal pour les cultures.

Les cultures maraîchères constituent des cultures intensives. Les producteurs afin de maximiser leur profit appliquent des doses extrêmement élevées d'engrais minéraux et organiques excédant largement les exportations des cultures (Diogo et al., 2010). Par exemple, des doses d'engrais minéraux (NPK et urée) supérieures à 600 kg par hectare ont été rapportées dans la production de l'amarante et celle de la grande morelle au sud Bénin (Assogba-Komlan et al., 2007). L'application excessive d'engrais minéraux conduit à d'énormes pertes de nutriments comme le cas des nitrates par lessivage, source de la pollution des nappes (Stagnari et al., 2007; Wahocho et al., 2016), l'accumulation des nitrates dans les légumes produits (Buerkert et al., 2009; Chowdhury and Das, 2015) et les émissions de gaz à effet de serre dues à la minéralisation des

engrais (Buerkert et al., 2009). Le contraste entre les apports d'engrais minéraux aux céréales (mil, sorgho, maïs) et les légumes est très prononcé car au moment où l'apport d'engrais minéraux aux cultures céréalières est en moyenne de 8 kg/ha par exemple au Bénin (Adegbiidi et al., 2004), des doses extrêmement élevées ont été en moyenne rapportées pour les produits maraîchers notamment les légumes feuilles (Assogba-Komlan et al., 2007; Diogo et al., 2010). L'apport d'engrais organiques permet d'amener le sol à un meilleur état de fertilité tout en stimulant le développement rapide des plants par la disponibilité plus longue de nutriments et la conservation durable de l'humidité du sol (Bationo et al., 2007). Cependant les engrais organiques ne sont pas toujours disponibles et accessibles à tous les maraîchers dans le temps et dans l'espace. De plus, le coût des engrais minéraux appliqués est élevé pour de petits maraîchers ayant de faible pouvoir d'achat.

Par ailleurs, l'un des principaux défis de l'agriculture moderne est la gestion rationnelle des nutriments afin de garantir de rendements élevés avec de faible impact négatif sur l'environnement. La réduction et l'optimisation de la fertilisation constituent le moyen le plus efficace pour améliorer la qualité et la production des légumes respectueuse de l'environnement. Des technologies stratégiques d'agriculture de précision à faible coût ont été développées par l'Institut International de Recherche sur les cultures des zones tropicales Semi-Arides (ICRISAT) et expérimentées dans diverses études antérieures pour améliorer la productivité et la rentabilité de la production des cultures céréalières (mil, sorgho, maïs) en Afrique de l'Ouest (Tabo et al., 2004; Hayashi et al., 2008; Camara et al., 2013; Ibrahim et al., 2016; Tovihoudji et al., 2017). Il s'agit de la fertilisation microdose qui consiste à appliquer de faibles quantités d'engrais (minéral ou organique) dans le même poquet que les semences au semis ou de façon localisée dans la zone racinaire quelques jours après la levée



(Hayashi et al., 2008). L'implémentation de cette technologie a permis d'améliorer le rendement des céréales : mil, sorgho et maïs (Hayashi et al., 2008; Ibrahim et al., 2016; Tovihoudji et al., 2017), d'augmenter l'efficacité d'utilisation des nutriments et d'améliorer le retour sur investissement en Afrique (Hayashi et al., 2008; Abdoulaye et al., 2014). Son application optimale à la production de légumes traditionnels serait une innovation intéressante pratique pour l'intensification durable de l'agriculture en Afrique de l'Ouest (AO). Cet article a pour objectif de capitaliser le processus de développement de la technique de microdose sur les légumes feuilles traditionnels (LFTs) en AO. L'article se limite aux processus sans entrer dans les détails quantitatifs des résultats qui sont plus développés dans des publications séparées.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Concept et principes de la microdose: une application d'engrais ciblée

La microdose ou fertilisation par microdosage est simplement l'application de petites quantités d'engrais minéral ou organique au poquet au moment des semis ou juste après la levée à côté du jeune plant suivant les cultures et leur développement (Tabo et al., 2004; Tabo et al., 2007; Hayashi et al., 2008). Pour le maïs par exemple, le complexe NPK est apporté dans un intervalle de 1 à 15 jours après la levée puis un complément d'urée est apporté à 45 jours après semis (JAS) afin de stimuler la fructification (Tovihoudji et al., 2017). En d'autres termes, le microdosage d'engrais combine le ciblage de quatre stratégies clés : (i) le type d'engrais approprié selon la culture, (ii) l'application d'une petite quantité (iii) à l'endroit approprié (distance et à la profondeur la plus proche de la plante), (iv) un moment opportun proche de la germination ou transplantation/repiquage pour une performance optimale de la culture. Il a été prouvé que la technique de microdose améliore le développement précoce des racines des plantes, l'accès des racines aux nutriments et à l'eau dans les environs immédiats de la plante et permet une croissance et un rendement élevés des cultures (Ibrahim et al., 2016). La technique de fertilisation microdose vise à optimiser la productivité tout en minimisant non seulement l'investissement en engrais, mais aussi la dégradation des ressources naturelles notamment les sols et les eaux de surface et souterraines (Tabo et al., 2004). L'application de cette technique de fertilisation offre plusieurs avantages dont: (i) la réduction des quantités élevées d'engrais appliquées par les producteurs permettant ainsi de minimiser les coûts de production, (ii) la localisation et concentration du fumier des ruminants ou de l'engrais minéral au voisinage des racines, qui rend plus aisée l'assimilation des éléments fertilisants, (iii) la ré-

duction du phénomène de fixation par le sol du phosphore (Bagayoko et al., 2000), (iv) la réduction des pertes du potassium (K) et de l'azote (N) par lixiviation afin d'accroître l'efficacité de l'utilisation des engrais, (v) le démarrage rapide de la plante « starter effect » grâce à une croissance rapide des racines et plantules et une maturité plus précoce et assurant donc une augmentation des rendements des cultures et par conséquent l'amélioration du revenu des petits producteurs ; (vi) l'identification du type d'engrais adéquat pour accroître le nombre d'utilisateurs des engrais minéraux.

### 2.2. Spécificités des LFTs comparés aux céréales

#### 2.2.1. Densités élevées

Les légumes feuilles traditionnels sont produits sous des densités très élevées allant jusqu'à 1 000 000 plants par hectare selon les légumes avec un écartement pouvant être aussi faible que 10 cm x 10 cm (dans le cas de l'amarante par exemple) contrairement aux céréales semées à des écartements plus éparses, par exemple 80 cm x 40 cm pour une densité de semis de 31 250 poquets par hectare pour le maïs (avec deux plants par poquet) et 100 cm x 100 cm pour une densité de 10 000 poquets par hectare pour le mil (avec trois plants par poquet). La demande en main d'œuvre pour l'application d'engrais par poquet a été rapportée comme une contrainte majeure pour l'adoption de la fertilisation microdose dans la production des céréales (Bachmann et al., 2016). Cette contrainte serait plus accentuée dans l'adoption de cette technologie de fertilisation dans la production des LFTs produits sous de forte densité de semis due à l'augmentation du temps de travail et donc le coût de la main d'œuvre. L'application de la microdose au poquet pour les LFTs pose un défi majeur à relever. Il s'avère donc nécessaire de contourner ce défi majeur en comparant la réponse des légumes feuilles à l'application de l'engrais par poquet à d'autres méthodes d'application plus économique en temps de travail. Il s'agit par exemple de l'application de l'engrais minéral par strie ou bande ou par épandage direct sous forme granulé, ou en application liquide (fertigation) sur la parcelle après dilution de l'urée dans l'eau. Ce mode d'application est immédiatement suivi du rinçage des feuilles présentant des performances agronomiques et économiques similaires (Adjogboto et al., 2019). Ainsi, le producteur peut choisir la méthode la plus simple et moins contraignante en temps de travail et de main d'œuvre.

#### 2.2.2. Cycles plus courts ou pérennes

La durée du cycle cultural des LFTs est très variable. Les légumes feuilles traditionnels à cycle court sont des spéculations dont la durée de leur cycle est en moyenne d'un mois contrairement aux LFTs de cycle long ou parfois considérée comme pérennes (Basilic African, grande morelle) dont la durée de culture est d'au moins 3 mois, ils sont récoltés plusieurs fois par cycle

(Mawois, 2009). Ainsi, l'amarante est considérée comme un légume à cycle court car, elle est souvent récoltée une seule fois à quatre semaines après le semis direct à une forte densité ou après le repiquage. La durée du cycle cultural de la grande morelle (*Solanum macrocarpon* L.) et du Basilic Africain (*Ocimum gratissimum* L.) est de quatre à six mois ou parfois plus long selon le régime de culture.

Par ailleurs, les LFTs à cycle court offrent une sécurité financière aux producteurs grâce à leurs récoltes rapides. Compte tenu de leur courte durée sur une parcelle, ils permettent également de faire plusieurs cycles par saison ou de les alterner avec d'autres cultures maraîchères à cycle court ou à cycle long.

### 2.3. Processus de développement de la technique de microdose pour les légumes feuilles

Le processus de développement de la technique de microdose pour les légumes feuilles a été itératif en confrontant, sous tests agronomiques, les contraintes majeures de production à celles de la technique de microdose tout en optimisant la productivité (Figure 1).

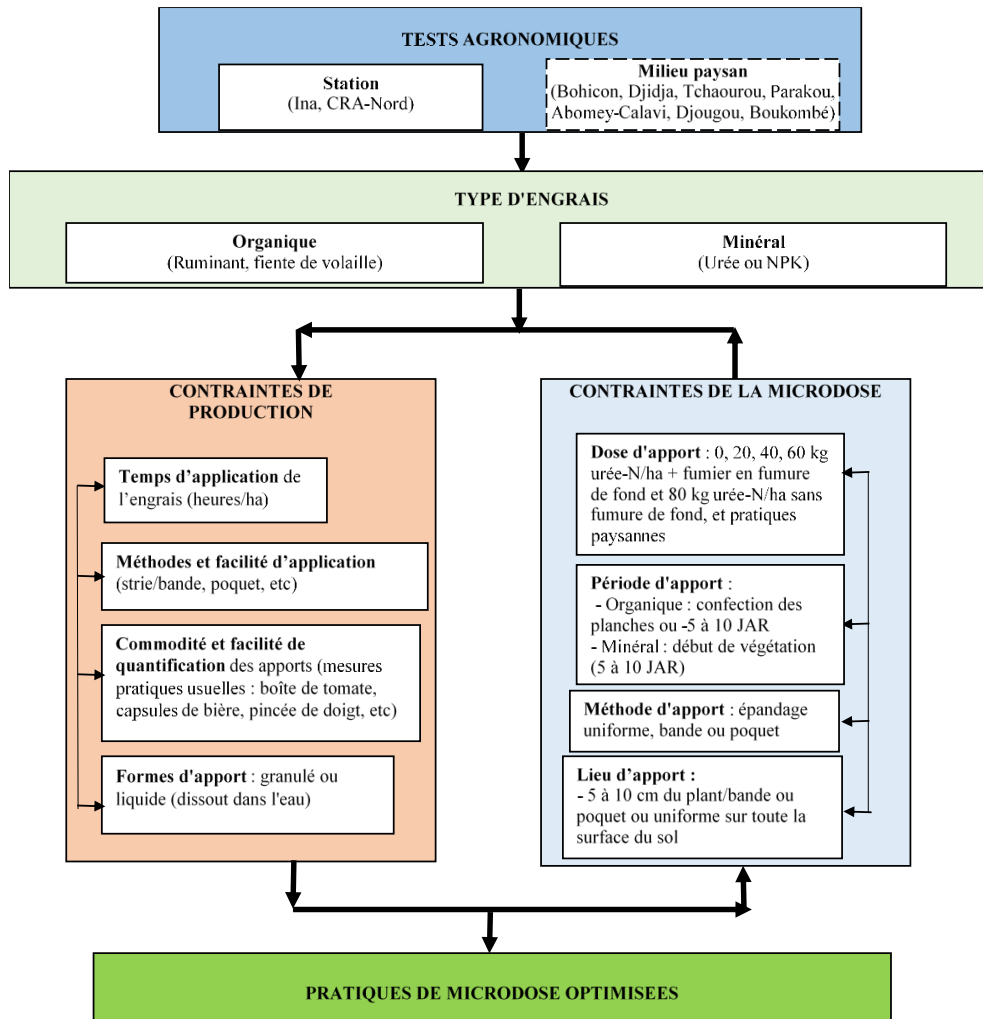


Figure 1. Processus de développement de la technique de fertilisation microdose sur les LFTs.

Figure 1. Process of development of fertilizer microdosing technique on ILVs.

### 2.3.1. Tests agronomiques en station et en milieux réels

Les tests en station ont eu pour objectif de lever les contraintes liées à l'application de la technologie de fer-

tilisation microdose sur les légumes feuilles traditionnels. Les stations de recherche du Centre de Recherche Agricole CRA-Nord de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) à Ina et l'Université de Parakou ont été exploitées.



Figure 2. Aperçu des essais à Ina (CRA-Nord, INRAB) (Crédit, Akponikpè PBI Avril, 2016).

Figure 2. Overview of on-station trials at Ina (CRA-Nord, INRAB) (Credit, Akponikpè PBI April, 2016).



Figure 3. Aperçu des essais de démonstration à l'Ecole Primaire Publique de Tourou, Parakou (a) et à Ayiguenou, Grand-Popo (b) (Crédit, Akponikpè PBI Avril, 2017)

Figure 3. Overview of demonstrations at the public primary school of Tourou, Parakou (a) and at Ayiguenou, Grand-Popo (b) (Credit, Akponikpè PBI April, 2017)

Plusieurs essais en milieux réels ou démonstrations ont été installés dans diverses communes (10-20 démonstrations par commune) du Bénin (Grand-Popo, Abomey-Calavi, Bohicon, Djidja, Tchaourou, Parakou, Bembèrèkè, Djougou, Ouaké, Natitingou, Boukombé) sur des sites maraîchers et des clubs de jeunes scientifiques sur les LFTs installés dans diverses écoles (primaires, secondaires et universités) sous la direction de techniciens qualifiés à raison d'un technicien pour une à deux communes. Ces démonstrations ont eu pour objectif de confirmer les essais en station dans les conditions des producteurs et aussi pour mettre la technique à leur disposition pour une évaluation participative. La démarche suivie pour l'installation et la conduite de chaque essai de démonstration se présente comme suit :

- (i) Identification des zones de production des légumes feuilles traditionnels,
- (ii) Tenue de réunion villageoise avec les hommes et les femmes (toute catégorie confondue) et autorités villageoises afin de leur présenter les objectifs du projet puis l'identification des producteurs de LFTs de la zone,
- (iii) Tenue de réunions avec les producteurs de LFTs pour choisir les démonstrateurs,
- (iv) Identification de l'emplacement des parcelles de démonstrations suivant les critères d'homogénéité du terrain, facilité d'accès et existence d'une source d'alimentation en eau,
- (v) Elaboration d'un protocole d'accord avec les réels démonstrateurs qui présente les diverses activités à mener, les méthodes de diffusion des observations et résultats
- (vi) Installation des parcelles de démonstration et
- (vii) Suivi, restitution, et rapportage des résultats.

### 2.3.2. Cultures maraîchères considérées

Trois espèces de légumes feuilles traditionnels ont été considérées : l'amarante (*Amarantus cruentus* L.), la grande morelle (*Solanum macrocarpum* L.), le Basilic Africain (*Ocimum gratissimum* L.) du fait qu'elles sont les plus consommées dans la sous-région (Dansi et al., 2008; Assogba-Komlan et al., 2007).

### 2.3.3. Type d'engrais

Le processus de développement de la microdose sur les légumes feuilles prend en compte les engrais organiques (déjection de ruminants notamment la bouse de vache sous forme sèche, les fientes de volaille sèches mélangés aux copeaux de bois). En ce qui concerne l'engrais minéral, nous avons considéré l'urée (46% N) et l'engrais composé NPK (15-15-15).

### 2.3.4. Contraintes de la microdose dans la production des LFTs

Le principe de la microdose étant d'appliquer de faible quantité d'engrais (minéral ou organique) localisée dans la zone racinaire au semis ou à environ 1-15 jours après semis, son application dans la production des légumes feuilles pourrait poser diverses contraintes en termes (i) d'exigence en temps d'application de l'engrais (nombre d'heures par hectare), (ii) la méthode idéale et facilité d'application (d'application (strie/bande, poquet, etc), (iii) la commodité et facilité de quantification des apports (balances ou mesures pratiques usuelles, boîtes de tomate, capsules de bière, pincée de doigt, etc) et (iv) les formes d'apport (granulé ou liquide dissout dans l'eau).

### 2.3.5. Méthodes, doses, périodes et emplacement d'application

Afin d'identifier la méthode idéale, les doses et périodes d'application appropriées pour maximiser la production, rentabiliser économiquement et réduire les contraintes de temps d'application, les considérations suivantes ont été opérées. Les différentes méthodes d'application testées étaient : l'épandage direct uniforme de l'engrais organique ou minéral sur toute la surface du sol (planche), application par strie ou bande et application au poquet. Les microdoses testées étaient de 0, 10, 20, 30, 40, 60 kg urée-N/ha + 5 t matière sèche MS/ha de fumier en fumure de fond comparées à la moitié (40 kg urée-N/ha) et la dose recommandée (80 kg urée-N/ha) sans fumure de fond. En milieu réel (démonstration), les pratiques paysannes ou « producteurs » ont été ajoutées pour comparaison. Les périodes d'apport testées sont : (i) à la confection des planches ou 5 à 10 jours après repiquage (JAR) pour les formes organiques de l'engrais et (ii) 0-15 JAR pour l'engrais minéral. En ce qui concerne le lieu/emplacement de l'application, les applications ont ciblé le plus proche

possible des plantules (5 à 10 cm du plant/bande ou poquet) ou de façon uniforme sur toute la surface du sol de la planche.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Type d'engrais approprié pour la microdose sur les LFTs

Les engrais minéraux ou organiques peuvent être utilisés pour la fertilisation microdose sur les LFTs. L'engrais minéral le plus indiqué est l'urée (engrais minéral), de préférence combiné/intégré à l'engrais organique en fumure de fond. En ce qui concerne l'engrais organique, les fientes de volaille ou la bouse de vache ont donné les meilleurs résultats (Adjogboto et al., 2019; Likpè et al., 2019). En effet, l'azote constitue le macronutriment le plus important dans la fertilisation des légumes feuilles (Leghari et al., 2016). Les plantes en ont besoin en une large proportion par rapport aux autres éléments nutritifs pour le développement des feuilles, organe visé ici par la production. Les besoins en phosphore et potassium peuvent être satisfaits par la matière organique apportée lors de la préparation du sol. Par ailleurs, l'azote apporté contribue à l'accroissement des cellules méristématiques permettant ainsi la formation de jeunes pousses (Lawlor, 2002). Assimilé sous forme minérale ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), l'azote rentre dans la synthèse des protéines. C'est un élément dont le déficit limite rapidement le développement des cultures (Paul et Foyer, 2001), surtout les légumes feuilles due à la réduction du taux de photosynthèse.

### 3.2. Méthodes et forme d'application appropriées pour la microdose sur les LFTs

Pour lever la contrainte relative aux temps d'application qui pourrait aller jusqu'en moyenne à 555,56 heures/ha (23,1 jrs/ha) pour l'application au poquet (ouverture de poquet, application de l'engrais puis fermeture et arrosage), 277,78 heures/ha (11,6 jrs/ha) pour l'application par bande (ouverture de bande, application de l'engrais puis fermeture et arrosage) et seulement 138,89 heures/ha (5,8 jrs/ha) pour l'épandage uniforme de l'engrais minéral dissout dans l'eau, l'épandage uniforme de l'urée dissout dans l'eau semble être la mieux aisée et la moins exigeante en temps d'application par rapport aux autres méthodes. L'engrais minéral (urée) peut être également appliqué sous forme de granules, mais l'uniformité est moins garantie. La forme dissoute (liquide) est plus appropriée afin d'assurer l'uniformité de l'application des faibles quantités d'engrais nécessitées par la microdose. La méthode d'application de l'urée sous forme granule et en strie (et refermé) peut être aussi appliquée bien que

plus exigeante en temps. L'apport par strie/bande (refermée) est la mieux indiquée pour l'application de l'engrais organique (Adjogboto et al., 2019).

### 3.3. Doses et périodes d'application appropriées pour la microdose sur les LFTs

Les doses optimales varient selon les spéculations : 20-40 kg N/ha (4.4 - 8.7 g ureé/m<sup>2</sup>) pour *Amaranthus cruentus* L. et 40 - 60 kg N/ha (8.7 - 13.0 g ureé/m<sup>2</sup>) pour *Ocimum gratissimum* L. et *Solanum macrocarpon* L. combiné avec 5 t MS/ha de bouse de vache de bonne qualité mais restent deux à trois fois inférieures aux doses recommandées. Les doses optimales sont détaillées par Adjogboto et al. (2019) et Likpèté et al. (2019). Aucune différence majeure n'a été trouvée entre les deux périodes d'application testées (au semis/transplantation, et 10-15 jours après) à la fois en station et en milieu paysan. Ceci donne une large marge de possibilité d'application même en situation de contrainte de main d'œuvre. Pour des raisons pratiques d'application par les producteurs, différents procédés de mesures simples ont été utilisés pour la quantification de l'engrais minéral à appliquer et ont connu l'acceptation des producteurs en milieu réel.

### 3.4. Procédés de mesure de la quantité d'engrais appropriée pour la microdose sur les LFTs

Plusieurs contenants ont été testés pour faciliter la quantification de l'engrais à appliquer sur une surface donnée : il s'agit des capsules de bière, les pincées de doigt pour l'urée, de petites boîtes de tomate de 70 g, la poignée de main pour les engrais organiques etc. Par exemple, une capsule de bière remplie à « ras bord » contient en moyenne 3,0 g d'urée, une poignée d'urée environ 40,0 g d'urée et une petite boîte de tomate de 70 g remplie à ras bord environ 56 g d'urée.

## 4. Conclusion

La demande en main-d'œuvre pour l'application au poquet d'engrais constitue une contrainte majeure d'adoption du microdosage d'engrais pour les cultures céréalières. L'application au poquet de la microdose sur les légumes feuilles traditionnels (LFTs), souvent transplantés à une densité plus élevée, ne serait pas une option pratique et durable. Pour pallier à cette contrainte, d'autres méthodes d'application de l'engrais moins contraignantes et moins exigeantes en temps de travail ont été développées telles que l'épandage uniforme de l'engrais minéral dissout dans l'eau l'application par bande ou l'application en strie/bande de l'engrais organique pour les légumes feuilles traditionnels. L'épandage uniforme de l'engrais dissout dans l'eau (engrais minéral urée) et par strie (engrais organique) ont été retenues comme les méthodes les plus faciles et moins exigeantes en temps de travail pour les légumes

feuilles traditionnels. La matière organique (bouse de vache sèche) sera appliquée en fumure de fonds (lors de la confection des planches) par épandage uniforme ou en strie suivi d'un retournement avec le sol. Face à la contrainte de la période idéale d'apport de l'engrais minéral ou organique, une grande marge de deux semaines ne compromet pas l'efficacité de l'application microdose pour les légumes feuilles.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAI), Projet no 107983 [Don du CRDI: 107983-005]. Les auteurs remercient également les partenaires : Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet.

## CONFLIT D'INTERET

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

## REFERENCES

- Abdoulaye, I., Nasser, B.M., Ouatar, B., Diakalia, S., Sabiou, M., 2014. Fertilizer micro-dosing: a profitable innovation for Sahelian women. *Stories Change*. IDRC, Ottawa, 4p
- Adjogboto, A., Likpèté, D.D., Akponikpè, P.B.I., Diallo, M.B., Kpadonou, G.E., Djenontin, A.J., Baco, M.N., Sossa-Vihotogbé, C.N.A., Fatondji, D. 2019. Technique de fertilisation microdose sur les légumes feuilles traditionnels en Afrique de l'Ouest : performances et recommandations. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron. Hors-série n°3, Projet Micro-Veg, Septembre 2019* : 9-21.
- Adégbidi, A., Gandonou, E., & Oostendorp, R. (2004). Measuring the productivity from indigenous soil and water conservation technologies with household fixed effects: a case study of hilly mountainous areas of Benin. *Economic Development and Cultural Change*, 52(2), 313-346.
- Adjogboto, A., Likpèté, D.D., Akponikpe, P.B.I., Djenontin, A.J., Baco, M.N., Sossa-Vihotogbe, C.N.A., Agbossou, E.K., 2019. What application method would be appropriate in fertilizer micro-dosing of traditional leafy vegetables in West Africa? *Acta Hort.* 11-20. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.2>

- Assogba-Komlan, F., Anihouvi, P., Achigan, E., Sikirou, R., Boko, A., Adje, C., Ahle, V., Vodouhe, R., Assa, A., 2007. Pratiques culturales et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du Solanum macrocarpum au sud du Bénin. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* 7, 1–21.
- Bachmann, E., Natcher, D., Kulshreshtha, S., Baco, M.N., Akponikpè, P.B.I., Peak, D., 2016. Profitability and institutional constraints to the adoption of fertilizer microdosing in Northwest Benin. *Sustain. Agric. Res.* 5, 526-2016-37810.
- Bagayoko, M., George, E., Römheld, V., Buerkert, A., 2000. Effects of mycorrhizae and phosphorus on growth and nutrient uptake of millet, cowpea and sorghum on a West African soil. *J. Agric. Sci.* 135, 399–407.
- Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., Kimetu, J., 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agroecosystems. *Agric. Syst.* 94, 13–25.
- Buerkert, A., Schlecht, E., Predotova, M., Diogo, R.V.C., Kehlenbeck, K., Gebauer, J., 2009. Determinants of sustainability in urban and peri-urban agriculture. *International Plant Nutrition Colloquium*, 1432, <http://repositories.cdlib.org/ipnc/xvi/1431>.
- Camara, B.S., Camara, F., Berthe, A., Oswald, A., 2013. Micro-dosing of fertilizer-a technology for farmers' needs and resources. *Int. J. AgriScience* 3, 387–399.
- Chowdhury, A., Das, A., 2015. Nitrate accumulation and vegetable quality. *Int. J. Sci. Res.* 4, 1668–1672.
- Dansi, A., Adjatin, A., Adoukonou-Sagbadja, H., Faladé, V., Yedomonhan, H., Odou, D., Dossou, B., 2008. Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55, 1239–1256.
- Diogo, R.V.C., Buerkert, A., Schlecht, E., 2010. Horizontal nutrient fluxes and food safety in urban and peri-urban vegetable and millet cultivation of Niamey, Niger. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 87, 81–102.
- Fondio, L., Grubben, G.J.H., 2004. *Plant Resources of Tropical Africa 2. Veg. PROTA Found.* Wagening. Netherlands Backhuys Publ. Leiden Netherlands-CTA Wagening. Neth. 217–221.
- Hayashi, K., Abdoulaye, T., Gerard, B., Bationo, A., 2008. Evaluation of application timing in fertilizer micro-dosing technology on millet production in Niger, West Africa. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 80, 257–265.
- Ibrahim, A., Abaidoo, R.C., Fatondji, D., Opoku, A., 2016. Fertilizer micro-dosing increases crop yield in the Sahelian low-input cropping system: A success with a shadow. *Soil Sci. Plant Nutr.* 62, 277–288. <https://doi.org/10.1080/00380768.2016.1194169>
- Leghari, S.J., Wahocho, N.A., Laghari, G.M., HafeezLaghari, A., MustafaBhabhan, G., HussainTalpur, K., Bhutto, T.A., Wahocho, S.A., Lashari, A.A., 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: a review [WWW Document]. *Adv. Environ. Biol.* URL <http://link.galegroup.com/apps/doc/A472372583/AONE?sid=google scholar> (accessed 7.3.19).
- Likpèté, D.D., Adjogboto, A., Akponikpè, P.B.I., Djenontin, A.J., Baco, M.N., Sossa-Vihotogbe, C.N.A., Agbossou, E.K., 2019. Water use efficiency of local amaranth as affected by timing and application methods of fertilizer micro-dosing. *Acta Hortic.* 45–54. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.6>
- Likpèté, D.D., Akponikpè, P.B.I., Sossa-Vihotogbé, C.N.A., Baco, M.N., Adjogboto, A., Djenontin, A.J. 2019. Quels indicateurs pour une meilleure évaluation de la productivité des légumes feuilles traditionnels ? *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron. Hors-série n°3, Projet Micro-Veg, Septembre 2019 : 23-29.*
- Mawois, M., 2009. *Constitution des systèmes de culture maraîchers à proximité d'une ville: quelles marges de manœuvre des agriculteurs pour répondre à une augmentation de la demande? Cas des systèmes de culture à base de légumes feuilles dans l'espace périurbain de Mahajanga (Madagascar)* (PhD Thesis). AgroParisTech.133p
- Paul, M.J., Foyer, C.H., 2001. Sink regulation of photosynthesis. *J. Exp. Bot.* 52, 1383–1400.
- Schippers, R.R., 2000. *African indigenous vegetables: an overview of the cultivated species.* Chatham, UK: Natural Resources Institute/ACP-EU, Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Wageningen, the Netherlands. 214p.
- Stagnari, F., Di Bitetto, V., Pisante, M., 2007. Effects of N fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. *Sci. Hortic.* 114, 225–233.
- Tabo, R., Bationo, A., Gerard, B., Ndjeunga, J., Marchal, D., Amadou, B., Annou, M.G., Sogodogo, D., Taonda, S.J.B., Hassane, O., Diallo, M.K., Koala, S., 2004. Improving the productivity of sorghum and millet and farmers income using a strategic application of fertilizers in West Africa. Presented at the The Afican Network for Soil Biology and Fertility (AfNet) international Symposium, Yaoundé, Cameroun, 21p.
- Tovihoudji, P.G., Akponikpè, P.I., Agbossou, E.K., Bertin, P., Biielders, C.L., 2017. Fertilizer micro-dosing enhances maize yields but may exacerbate nutrient mining in maize cropping systems in northern Benin. *Field Crops Res.* 213, 130–142.
- Wahocho, N.A., Wahocho, S.A., Memon, N., Leghari, M.H., Baloch, Q.B., 2016. Growth and yield response of turnip to various nitrogen application rates. *Pak. J. Agric. Agric. Eng. Vet. Sci.* 32, 143–149.



## Technique de fertilisation microdose sur les légumes feuilles traditionnels au Bénin en Afrique de l'Ouest : performances et recommandations

André ADJOGBOTO<sup>1\*</sup>, Dagnon Didier LIKPETE<sup>1</sup>, P. B. Irénikatché AKPONIKPE<sup>1,2</sup>,  
Mariama Boubou DIALLO<sup>1</sup>, G. Esaïe KPADONOU<sup>1</sup>, André Jonas DJENONTIN<sup>2</sup>, Mohamed  
Nasser BACO<sup>3</sup>, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE<sup>4</sup>, Dougbédji FATONDJI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE Lab),  
Université de Parakou, Bénin

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

<sup>3</sup> Laboratoire Environnement & Société, Département d'Economie et Sociologie Rurales (ESR),  
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

<sup>4</sup> Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires (DNSAA), Faculté d'Agronomie,  
Université de Parakou

<sup>5</sup> International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Niamey, Niger

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

### Fertilizer micro-dosing technique on traditional leafy vegetables in Benin, West Africa: performances and recommendations

**Abstract:** The development of microdose fertilization in West Africa on indigenous leafy vegetables (ILVs) is an alternative to nutrient management constraints. To overcome nutrient inefficiency, various application methods of urea (per hill, band/strip or uniform spreading of fertilizer dissolved in water) were tested on-station from 2015 to 2017 to identify the easiest and least time-consuming method of application. Several mineral fertilizers doses: 0, 10, 20, 30, 40, 60 with an incorporation of 5 t/ha manure (dry basis), and 40, 80 kg urea-N/ha without manure (half and full recommended rates, respectively) and farmers' practice (FP, 100 to 120 kg/ha of NPK fertilizer and urea) were tested to determine the optimal microdose to be applied for sustainable production of ILVs. Two timings of application for the mineral fertilizer (at transplantation and 14 days after transplanting) were tested to identify the best timing. The methods of mineral fertilizer application by micro-dosing under *Amaranthus cruentus* L. showed similar performance in terms of fresh yield (FY), water productivity (WP) and economic gain. The early application of urea recorded a performance equivalent to the late one, giving market gardeners a sufficient time for effective application. Fertilizer micro-dosing application at 40 urea-N/ha with manure improved significantly FY and WP compared to the control without mineral fertilizer and the recommended rate in contrast to *Occimum gratissimum* L. In farmer fields, the microdose at 60 kg/ha of urea gave similar performance in terms of FY yield compared to farmers' practice for *S. macrocarpon* and *O. gratissimum*. Fertilization micro-dosing resulted twice in reduction of fertilizer application by producers in ILVs production. It is therefore necessary to widely disseminate this technique for the production of ILVs in Africa.

**Keywords:** *Amaranthus cruentus* L., Fertilizer micro-dosing, *Occimum gratissimum* L., *Solanum macrocarpon* L., West Africa.

**Résumé :** Le développement de la fertilisation microdose en Afrique de l'Ouest sur les légumes feuilles traditionnels (LFTs) constitue une alternative aux contraintes de gestion des nutriments. Afin de relever ce défi, diverses méthodes d'application

de l'engrais minéral, l'urée (par poquet, bande/strie ou épandage uniforme de l'urée dissoute dans l'eau) ont été testées en station de 2015 à 2017 en vue d'identifier la méthode d'application la plus facile et la moins exigeante en temps de travail. Plusieurs doses d'urée : 0, 10, 20, 30, 40, 60 avec une incorporation de 5 t/ha matière sèche de fumier /ha, et 40, 80 kg urée-N/ha sans fumure (moitié et dose complète recommandée) et la pratique paysanne (PP, 100 à 120 kg/ha de NPK et d'urée) ont été testées afin de déterminer la microdose optimale à appliquer pour une production durable des LFTs. Deux dates d'application de l'urée (au repiquage et 14 jours après) ont été expérimentées pour identifier la période idéale d'apport. Les méthodes d'application de l'urée par microdosage sous *Amaranthus cruentus* L. (AC) ont présenté des performances similaires en termes de rendement, productivité de l'eau (PE) et gain économique. L'application précoce de l'urée a enregistré une performance équivalente à celle tardive. La microdose à 40 kg urée-N/ha a substantiellement amélioré le rendement et la PE de AC et de *Solanum macrocarpon* L. comparativement au témoin sans engrais minéral et la dose recommandée, contrairement à *Occimum gratissimum* L. En milieu réel, la microdose à 60 kg/ha d'urée a enregistré des rendements similaires comparativement à PP pour *S. macrocarpon* et *O. gratissimum*. La microdose a permis de réduire près de deux fois les doses d'engrais appliquées par les producteurs pour la production des LFTs. Il s'avère donc nécessaire de diffuser à grande échelle cette technique de fertilisation pour la production des LFTs au Bénin et dans toute l'Afrique en général.

**Mots clés:** *Amaranthus cruentus* L., Fertilisation microdose, *Occimum gratissimum* L., *Solanum macrocarpon* L., Afrique de l'Ouest.

## 1. Introduction

Les légumes feuilles traditionnels (LFTs) sont la base de la sécurité alimentaire mondiale et jouent un rôle crucial dans le développement économique, social et culturel de l'Afrique de l'Ouest. Ils font partie du régime alimentaire quotidien de nombreuses familles africaines, principalement en accompagnement des sources d'amidon (Dansi et al., 2008). Ils constituent des aliments très nutritifs qui peuvent contribuer à la prévention de maladies chroniques graves telles que les maladies cardiovasculaires et certains cancers (Tirilly et Bourgeois, 1999). Ils représentent également d'importantes sources de vitamines (notamment A, B, C), d'oligo-éléments, de protéines, de fibres et de glucides (Stevens, 1990) et sont bien adaptés aux conditions agro-écologiques africaines et faciles à produire avec peu d'intrants. De plus, l'amarante (*Amaranthus cruentus* L.) est cultivée pour ses feuilles riches en bêta-carotène, en lipides, en glucides, en calcium, en fer, en protéines et en vitamine C (James et al., 2010; Olaniyi et al., 2008). Aussi, la grande morelle (*Solanum macrocarpon* L.), est cultivée pour ses feuilles douces, succulentes et ses fruits amers. Ses parties comestibles sont nutritives et fournissent des glucides, de la cellulose, du calcium, des lipides, des protéines et de l'eau (James et al., 2010). Quant au basilic africain (*Occimum gratissimum* L.), il constitue une plante aromatique et médicinale utilisée en thérapie traditionnelle grâce à son activité antimicrobienne (Adebolu and Oladimeji, 2005). Ses feuilles fraîches ou sèches sont largement utilisées

comme légume pour ses propriétés antalgiques et antibiotiques (Aïdam et al., 2008). Elles constituent également une source importante d'huiles essentielles antimicrobiennes, antifongiques et antiseptiques (Chau-mont et al., 2001; Oboh et al., 2009). De plus, les biopesticides contenus dans les huiles essentielles extraites de *O. Gratissimum* sont utiles pour lutter contre les ravageurs des cultures (Maria et al., 2016). Au Bénin, ses feuilles sont largement utilisées dans la préparation de sauces pour le renforcement du système immunitaire des nourrices et stimulent la sécrétion de lait. Malheureusement, la production de ces légumes est limitée à petite échelle et à faible productivité (Diogo et al., 2010; Sossa-Vihotogbe et al., 2013). L'itinéraire technique, la dose appropriée d'engrais requise ne sont pas bien connues. Dans la production de légumes traditionnels (par exemple au Bénin et au Nigéria), les plantes ne sont pas fertilisées ou reçoivent carrément une quantité insuffisante ou excédante d'engrais (Assogba-Komlan et al., 2007; Diogo et al., 2010). Cette utilisation inadéquate est due à plusieurs facteurs, notamment la faible disponibilité d'engrais, la faible capacité d'achat de l'agriculteur et les risques économiques (Dugué, 1993; Témé et al., 1996).

Cependant, la technologie de microdosage des engrais est basée sur l'application localisée de petites doses d'engrais minéraux (NPK ou urée) ou organique (déjection de ruminants ou fientes de volaille) dans le poquet de semis (céréales) ou à la base de la plante peu après la levée (ICRISAT, 2009). Les engrais utilisés représentent environ le tiers ou le quart de la dose habituellement recommandée par les services de recherche ou de conseil agricole (Camara et al., 2013). Le développement de cette technologie repose sur l'idée de maximiser le retour sur investissement et non de maximiser les rendements (ICRISAT, 2009). Cette approche

\* Auteur Correspondant : [adjogbotoandr@yhaoo.fr](mailto:adjogbotoandr@yhaoo.fr)  
Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin



est particulièrement prometteuse en termes d'utilisation rationnelle des engrais par la réduction des investissements dans le système de production. Il permet un apport direct d'éléments nutritifs dans la zone racinaire, stimulant la croissance précoce de la racine, la croissance et la floraison et favorise une plus grande assimilation des éléments nutritifs initialement présents dans le sol (Buerkert, 1995). Ce qui entraîne l'amélioration des rendements, l'efficacité d'utilisation des engrais et le retour sur investissement (Abdoulaye et al., 2014; Camara et al., 2013). S'appuyant sur les résultats précédents en matière de microdosage, le projet de gestion intégrée des éléments nutritifs et de l'eau pour la sécurité alimentaire au Sahel (InuWaM project, 2014), conduit dans la région de Boukoubé (Nord-Ouest du Bénin), a testé l'utilisation combinée du microdosage des engrais avec la gestion de l'humidité du sol, afin de déterminer les augmentations de l'efficacité d'utilisation des engrais sur le maïs et le sorgho (Abdoulaye et al., 2014). Ces études étaient basées sur l'évaluation de la performance de cette technologie sous la production des céréales. Les études sur son application sur les cultures maraîchères en général et des légumes feuilles traditionnels en particulier sont rares. L'application optimale de la technologie microdose à la production maraîchère serait une innovation intéressante pratique pour l'intensification durable de l'agriculture en Afrique de l'Ouest. Son adoption dans la production des LFTs serait-elle plus performante que les pratiques des producteurs ou les recommandations courantes ? Cette étude a pour objectif d'évaluer les performances agronomiques et économiques de l'application de la fertilisation microdose sur trois légumes feuilles traditionnels (*Amaranthus cruentus* L., *Solanum macrocarpon* L. et *Ocimum gratissimum* L.) au Bénin, Afrique de l'Ouest.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Approche utilisée

#### 2.1.1. Tests agronomiques en station et en milieu réel

Des essais en station (saison sèche et humide de 2015-2017) ont eu pour objectif de lever les contraintes liées à l'application de la technologie de fertilisation microdose sur les LFTs comme : la contrainte de main d'œuvre supplémentaire qu'aurait engendré l'application de l'engrais minéral au poquet, les périodes idéales d'apport, les méthodes de quantification des engrais à appliquer. A cet effet, l'une des parcelles expérimentales du Centre de Recherches Agricoles Nord, Ina (CRA-Nord-Ina) et la parcelle expérimentale du Complexe de l'Innovation de l'Université de Parakou ont été exploitées. Deux essais en milieu réel ou démonstrations ont été installés dans onze communes du Bénin (Grand-Popo, Abomey-Calavi, Bohicon, Djidja,

Tchaourou, Parakou, Bembèrèkè, Djougou, Ouaké, Natitingou, Boukoubé) sur des sites maraîchers où les différentes espèces de légumes testées dans cette étude sont produites. Des clubs de jeunes scientifiques sur les LFTs ont été également installés dans diverses écoles (primaires, secondaire et universités) et gérés par des techniciens recrutés par le projet Micro-Veg Bénin. Ces démonstrations ont eu pour objectif de confirmer les résultats issus des essais en station (milieu contrôlé), dans les conditions des producteurs et rapprocher la technologie de fertilisation microdose de ces derniers pour une évaluation participative afin de faciliter sa diffusion à grande échelle.

#### 2.1.2. Espèces de légumes feuilles traditionnels considérées et leurs itinéraires techniques

Trois espèces de légumes feuilles traditionnels ont été considérées : l'amarante (*Amaranthus cruentus* L.), la grande morelle (*Solanum macrocarpon* L.), le basilic africain (*Ocimum gratissimum* L.), du fait de leur valeur économique et leur grande consommation dans la sous-région (Assogba-Komlan et al., 2007; Dansi et al., 2008; Grubben et Denton, 2004). L'itinéraire technique de production est similaire pour toutes les espèces (Tableau 1).

#### 2.1.3. Type d'engrais, méthodes, doses, périodes et emplacement d'application

Le processus de développement de la microdose sur les légumes feuilles a pris en compte les engrais organiques (déjection de ruminants notamment la bouse de vache, les fientes de volaille) et les engrais minéraux (l'urée et l'engrais composé NPK).

Afin d'identifier les méthodes, les doses et les périodes d'application les plus appropriées, c'est-à-dire, les plus productives, économiquement rentables et moins contraignantes en temps d'application, les considérations suivantes ont été opérées. Différentes méthodes d'application des engrais (premier facteur) ont été testées dans un premier essai en station (Centre de recherches Agricoles Nord Ina) sur l'amarante. Il s'agit de :

- (i) Application directe uniforme de l'engrais organique et minéral sur toute la surface du sol (planche), suivi de l'incorporation dans le sol (engrais organique) ou le rinçage des feuilles des plants avec l'eau simple (engrais minéral, Fig. 6 & 9) ;
- (ii) Application par strie ou bande consistant à ouvrir une bande entre les interlignes de culture, appliquer l'engrais concerné suivi de la fermeture de la bande avec du sable (Fig. 7 & 10);
- (iii) Application au poquet qui consiste à réaliser de petits poquets ou des bandes discontinues au pied de chaque plant suivi de l'application de l'engrais et la fermeture des poquets (Fig. 8 & 11).

Tableau 1: Itinéraires techniques de production des LFTs étudiés

Table 1: Technical itinerary of the studied Indigenous Leafy vegetables production (ILVs)

Opérations	<i>A. cruentus</i>	<i>S. macrocarpon</i>	<i>O. gratissimum</i>
Confection des planches et application de l'engrais organique	Uniforme pour toutes les espèces		
Semis en pépinière et entretien (arrosage/désherbage)	Uniforme pour toutes les espèces		
Durée de la pépinière	3 à 4 semaines suivant le développement des plantules	6 à 7 semaines suivant le développement des plantules	
Densité de transplantation	20 cm x 20 cm ou 250 000 plants/ha	30 cm x 30 m ou 111 111 plants/ha	
Application de l'engrais minéral	5 à 10 jours après le repiquage		
Irrigation	Uniforme pour toutes les espèces (10 mm/jour)		
Sarclage et sarclo-binage	Uniforme pour toutes les espèces en cas d'enherbement		
Traitement phytosanitaire	Uniforme pour toutes les espèces en cas d'attaque et au moins deux semaines avant la récolte		
Première récolte	4 semaines après le repiquage	6 semaines après le repiquage	
Deuxième et troisième récolte	Deux semaines d'intervalle	Quatre à cinq semaines d'intervalle suivant la régénération des plants coupés	

Les applications ont ciblé le plus proche possible des plantules (5 à 10 cm du plant/bande ou poquet) ou de façon uniforme sur toute la surface du sol de la planche (Adjogboto et al., 2019).

Le deuxième facteur dans cet essai constitue les microdoses d'apport à cinq variantes dont : 0, 20, 40, et 60 kg urée-N/ha + 5 t/ha de fumier en fumure de fond et 80 kg urée-N/ha sans fumure de fond. Le temps d'application de l'engrais minéral à deux modalités (0 et 14 jours après repiquage, JAR) représente le troisième facteur de l'essai d'évaluation des méthodes d'application. Ce qui fait 30 traitements répétés quatre fois pour un total de 120 traitements.

Le deuxième essai en station (CRA-Nord-Ina et site d'expérimentation du Complexe de l'Innovation de l'Université de Parakou) a évalué l'effet de différentes options microdose et le temps d'application sur les trois espèces végétales considérées dans cette étude (*A. cruentus*, *S. macrocarpon* et *O. gratissimum*). Le premier facteur de cet essai constitue les microdoses d'apport à huit modalités : 0, 10, 20, 30, 40, 60 kg urée-N/ha + 5 t/ha de fumier en fumure de fond et 40, 80 kg urée-N/ha (moitié et complète de la dose recommandée, respectivement) sans fumure de fond. Les périodes d'apport de l'engrais minéral à 0 et 14 jours après repiquage (JAR) ont été également testées afin de déterminer la période idéale d'apport.

En milieu réel (démonstration), seules les doses d'apport d'engrais comprenant six modalités dont : 0, 10, 20, 30 kg urée-N/ha + 5 t/ha de fumier en fumure de fond, les pratiques paysannes ou « producteurs » (PP,

100 à 120 kg de NPK + urée) et un témoin sans aucun apport ont été testées.

Un dispositif en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions de chaque traitement a été adopté pour les différents essais mis en œuvre en station ou en milieu paysan.

## 2.2. Collecte et analyse des données

### 2.2.1. Collecte des données de rendement

Les rendements en légumes frais ont été évalués après trois récoltes échelonnées pour chacune des espèces végétales à 4, 6 et 8 semaines après le repiquage pour *A. cruentus* puis 6, 10 et 14 semaines après le repiquage pour *S. macrocarpon* et *O. gratissimum*. Des échantillons de légume frais (tige plus feuilles) ont été collectés à chaque récolte, pesés à l'aide d'une balance (de précision 0,01 g), séchés à l'étuve à 60°C pendant 72 heures afin de déterminer la teneur en matière sèche des légumes récoltés (Adjogboto et al., 2019; Kpadonou et al., 2019; Likpèté et al., 2019).

### 2.2.2. Coûts de production et calcul des indicateurs économiques

Les coûts de production (de la mise en place de la pépinière à la dernière récolte), les coûts des intrants (semences, engrais, produits phytosanitaires), des matériels agricoles (daba, houes, machettes, arrosoirs, râtaux, perles, binettes, bassines, couteaux, appareil de traitement phytosanitaire, etc.), l'équipement d'irrigation, son entretien et les coûts de l'énergie électrique pour la mobilisation de l'eau ont été collectés. La marge

nette a été calculée par la différence entre les coûts de production totaux (somme des coûts fixes et coûts variables) et les recettes totales générées par la vente des légumes (Diogo et al., 2011; Hayashi et al., 2008). A cet effet, les prix de vente des légumes ont été régulièrement collectés sur les marchés de la zone d'étude. Le ratio bénéfice-coût ou retour sur investissement a été déterminé par le rapport de la marge nette par les coûts totaux de production (Diogo et al., 2011; Hayashi et al., 2008).

### 2.2.3. Bilan hydrique et productivité de l'eau

L'humidité du sol a été suivie par la méthode gravimétrique qui consiste à prélever par intervalle de temps d'une semaine, des échantillons de sol sur chaque parcelle, peser frais, sécher à l'étuve à 105°C pendant 72 heures afin d'établir le bilan hydrique et d'en déduire la consommation en eau des plantes (quantité d'eau évapotranspirée). Les pertes d'eau par drainage sous les racines des cultures au-delà de 40 cm ont été collectées grâce à des micro-lysimètres installés à cette profondeur sous les planches à raison de deux par planche (Likpèté et al., 2019).

Le bilan hydrique a été établi par l'équation suivante :

$$ET = (P + I) - D - R \pm \Delta S$$

Où ET, P, I, D, R,  $\Delta S$  représentent la consommation en eau de la plante, la quantité d'eau de pluie, l'irrigation, le drainage, le ruissellement et la variation du stock d'eau du sol entre le repiquage et la date de la dernière récolte, respectivement. Compte tenu des aménagements réalisés sur la planche (le relèvement des bords), le ruissellement a été négligé et l'équation du bilan devient :

$$ET = (P + I) - D \pm \Delta S$$

La productivité de l'eau (base fraise) a été déterminée par le rapport du rendement en légume frais par la quantité d'eau consommée par la plante (Sangare et al., 2012).

### 2.2.4. Analyse statistique des données collectées

Les données de rendements, productivité de l'eau, marge nette, ratio bénéfice-coût de l'ensemble des essais en station ont été soumises à une analyse de variance sous le logiciel GenStat 12<sup>ème</sup> édition suivant le dispositif adopté après la vérification de la distribution normale. Les moyennes significativement différentes ont été séparées par le test de la plus petite différence significative (LSD, en anglais). Une synthèse quantitative est faite ici par le calcul des moyennes des traitements de microdose, du témoin sans apport et la dose recommandée. Seule, la dose la plus performante de microdose entre espèces est présentée ici.

## 3. Résultats

### 3.1. Performance des innovations de microdose sur les LFTs au CRA-Nord-Ina

#### 3.1.1. Effet de la méthode et de la date d'application du microdosage de l'engrais minéral sur le rendement de l'amarante

Les résultats du test d'évaluation de l'effet des différentes méthodes d'application (épandage uniforme sur toute la surface du sol, bande ou au poquet) de l'engrais minéral par microdosage sous une culture d'amarante ont indiqué des performances productives similaires (Fig. 1a). Il en est de même pour les dates d'application de l'engrais (Fig. 1b), donnant ainsi la possibilité aux producteurs d'appliquer l'engrais minéral dans l'intervalle de deux semaines sans compromettre les rendements des cultures. Toutes les méthodes et les dates d'application de l'engrais minéral ont permis de produire en moyenne 1,63 ( $\pm 0,72$ ) kg de légume frais par m<sup>2</sup> (avec 14% de matière sèche -MS). Cette égalité de performance observée entre les différentes méthodes d'application de l'engrais a été attribuée à la possibilité des racines des plantes à explorer les nutriments jusqu'à 10 cm de part et d'autre de la ligne de culture (Adjoboto et al., 2019).

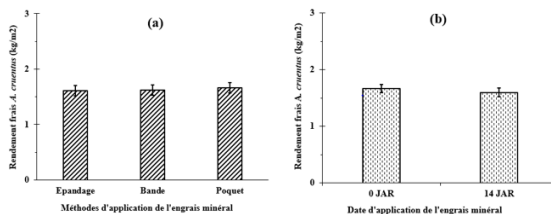


Figure 1: Rendement moyen en légume frais de *A. cruentus* en fonction de la méthode (a) et la date d'application de l'engrais minéral (b). Les barres d'erreur représentent la plus petite différence significative (LSD).

Figure 1: Average fresh vegetable yield of *A. cruentus* following method (a) and mineral fertilizer application timing (b). Error bars denoted the least significant difference value (LSD).

#### 3.1.2. Effet de la microdose sur le rendement des LFTs au CRA-Nord Ina

Les résultats des essais en station ont montré des différences significatives entre la fertilisation microdose et le témoin (sans engrais minéral) et la dose recommandée pour le rendement en légume frais de l'amarante (*A. cruentus*) et de la grande morelle (*S. macrocarpon*). La microdose à 40 kg urée-N/ha avec matière organique a permis de produire en moyenne 0,70 ( $\pm 0,21$  avec 14% MS) et 0,61 ( $\pm 0,15$  avec 16% MS) kg/m<sup>2</sup> de légume frais respectivement de plus que le témoin sans apport d'engrais minéral pour l'amarante et la grande morelle, soit une amélioration significative de

65 et 26% du rendement en légume frais (Fig. 2 a, b). De même, une amélioration de 83 et 13% du rendement en légume frais a été obtenue par la fertilisation microdoser à 40 kg urée-N/ha par rapport à la dose recommandée (80 kg urée-N/ha) pour l'amarante et la grande morelle, respectivement. Contrairement à ces deux espèces, la microdoser a présenté des performances productives similaires aux autres traitements pour le basilic africain (Fig. 2c). Toutes les doses ont permis de produire en moyenne 1,5 ( $\pm 0,39$ ) kg/m<sup>2</sup> de légume frais avec 16% de matière sèche (MS). Ces résultats suggèrent que les doses d'engrais organiques et minéraux appliquées pour la production des légumes feuilles traditionnels peuvent être significativement réduites sans compromettre les rendements (Adjogboto et al., 2019; Likpè et al., 2019).

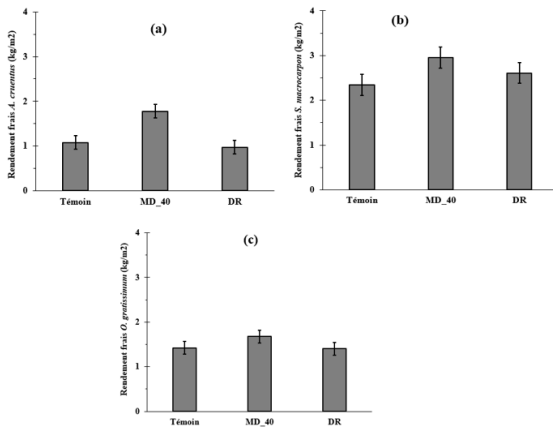


Figure 2: Rendement en légume frais de *A. cruentus* (a), *S. macrocarpon* (b) et *O. gratissimum* (c) en fonction de la technique de fertilisation. MD\_40: fertilisation microdoser à 40 kg urée-N/ha avec 5 t/ha de fumier en fumure de fond, DR: Dose recommandée à 80 kg urée-N/ha sans apport de fumier, Témoin sans engrais minéral mais avec 5 t/ha de fumier en fumure de fond. Les barres d'erreur représentent la plus petite différence significative (LSD).

Figure 2: Average fresh vegetable yield of *A. cruentus* (a), *S. macrocarpon* (b) and *O. gratissimum* (c) following the technique of fertilization. MD\_40: microdose at 40 kg urea-N/ha with 5 tons/ha of manure, DR: Recommended rate at 80 kg urea-N/ha without manure, Témoin : control without mineral fertilizer but with 5 tons/ha of manure. Error bars denoted the least significant difference value (LSD).

### 3.1.3. Effet de la méthode et de la date d'application du microdosage de l'engrais minéral sur la productivité en eau de l'amarante au CRAN-Nord-Ina

Comme dans le cas du rendement en légume frais, la productivité en eau a été similaire entre les différentes méthodes (épandage uniforme sur toute la surface du sol, bande et poquet) et les dates d'application (précoce ou à 14 JAR) du microdosage de l'engrais minéral (Fig.

3). Toutes les méthodes d'application de l'engrais minéral ont produit en moyenne 2,78 ( $\pm 1,22$ ) g de légume frais par m<sup>2</sup> (avec 41% de MS) et par mm d'eau consommée (évapotranspirée). En d'autres termes, la consommation de 1 Litre d'eau par les plantes a permis de produire 2,78 ( $\pm 1,22$ ) g de légume frais par mètre carré. Ce qui suggère que la consommation en eau des plantes est la même quelle que soit la méthode et la date d'application de l'engrais minéral (Likpè et al., 2019).

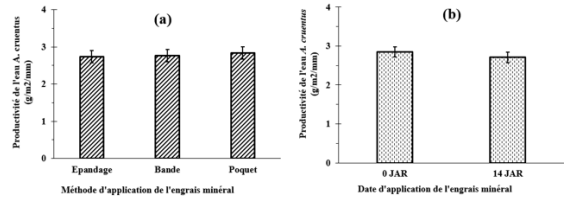


Figure 3: Productivité de l'eau de *A. cruentus* en fonction de la méthode (a) et la date d'application de l'engrais minéral (b). Les barres d'erreur représentent la plus petite différence significative (LSD).

Figure 3: Water productivity of *A. cruentus* following method (a) and mineral fertilizer application timing (b). Error bars denoted the least significant difference value (LSD).

### 3.1.4. Effet de la microdoser sur la productivité de l'eau des LFTs au CRA-Nord-Ina

Les résultats ont montré que le microdosage de l'engrais minéral (urée) a eu un effet significatif sur la productivité de l'eau de l'amarante et de la grande morelle. La microdoser à 40 kg N/ha a enregistré la productivité de l'eau la plus élevée comparativement aux témoins sans engrais minéral ou sans matière organique (Fig. 4 a, b). La microdoser a permis de produire en moyenne 1,36 et 1,57 g (*A. cruentus*, avec 14% MS) et 0,74 et 0,35 g (*S. macrocarpon*, avec 16% MS) de légume frais par mm d'eau consommée de plus que le témoin sans engrais minéral et l'application exclusive d'urée à 80 kg N/ha, respectivement. Cette différence correspond à une amélioration de la productivité de l'eau de 68 ; 88% (*A. cruentus*) et 29 ; 12% (*S. macrocarpon*). Par contre, les productivités de l'eau s'équivalent pour tous les traitements considérés dans le cas de *O. gratissimum* (Fig. 4 c). Tous les traitements ont enregistré en moyenne 1,63 ( $\pm 0,48$ ) g de légume frais (avec 16% MS) par mm d'eau consommée.

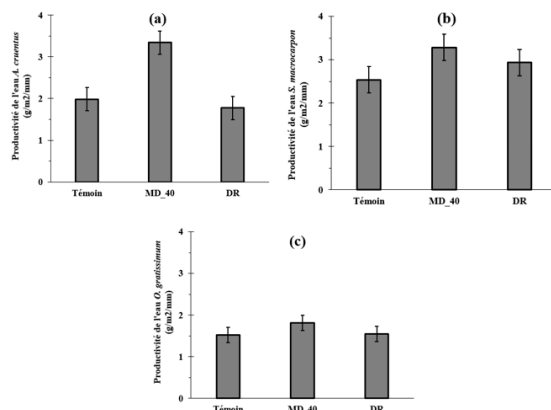


Figure 4: Productivité de l'eau de *A. cruentus* (a), *S. macrocarpon* (b) et *O. gratissimum* (c) en fonction de la technique de fertilisation. MD: fertilisation microdose à 40 kg urée-N/ha avec 5 t/ha de fumier en fumure de fond, DR: Dose recommandée à 80 kg urée-N/ha sans apport de fumier, Témoin : sans engrais minéral mais avec 5 tonnes de fumier en fumure de fond. Les barres d'erreur représentent la plus petite différence significative (LSD).

Figure 4: Water productivity of *A. cruentus* (a), *S. macrocarpon* (b) and *O. gratissimum* (c) following the technique of fertilization. MD\_40: microdose at 40 kg urea-N/ha with 5 tons/ha of manure, DR: Recommended rate at 80 urea-N kg/ha without manure, Témoin : control without mineral fertilizer but with 5 tons/ha of manure. Error bars denoted the least significant difference value (LSD).

### 3.1.5. Effet de la méthode d'application de la microdose sur le temps de travaux et la rentabilité de la production

Le test d'évaluation de l'effet des différentes méthodes d'application d'engrais minéral par microdosage a montré que l'application du microdosage de l'engrais minéral par poquet a été la plus contraignante en termes de temps et de facilité d'application comparativement aux méthodes. En effet, le temps nécessaire pour l'application de l'engrais minéral par poquet représente deux fois celui de l'application par bande et trois fois celui nécessaire pour l'épandage uniforme de l'engrais dissout dans l'eau (Tableau 2). Malgré les coûts supplémentaires qu'engendrerait cet écart de temps de travail, la différence entre les marges nettes et les ratios bénéfice-coûts n'est pas statistiquement significative. Pour la microdose à 40 kg urée-N/ha, la marge nette la plus élevée a été observée sous la méthode d'application de l'engrais minéral par épandage uniforme (241,64 F CFA/m<sup>2</sup>/cycle de 3 mois) suivi de l'application au poquet (225,96 F CFA/m<sup>2</sup>/cycle de 3 mois) et 209,73 F CFA/m<sup>2</sup>/cycle de 3 mois, pour l'application par bande. Les ratios bénéfice-coûts suivent la même tendance et il en ressort que 1 F investi dans la production de l'amarante (environ 3 mois) a généré 1,29 F sous la microdose à 40 kg urée-N/ha avec l'épandage

uniforme, 1,16 F pour l'application au poquet et 1,10 F pour l'application par bande contre seulement 0,53 F pour le témoin sans apport d'engrais minéral. Cependant, la production de l'amarante sous l'application exclusive de l'engrais minéral à forte dose (80 kg urée-N/ha) n'a pas été rentable quelle que soit la méthode d'application, les marges nettes étant négatives, les recettes issues de la vente des récoltes de légume n'arrivaient pas à couvrir les coûts totaux engendrés par la production.

Tableau 1: Temps d'application de l'engrais minéral et la rentabilité de la production de l'amarante sous diverses méthodes d'application de l'engrais minéral en microdose à 40 kg urée-N/ha au CRA-Nord-Ina.

Table 2: Mineral fertilizer application time and profitability of amaranth production under various methods of application of mineral fertilizer micro-dosing at 40 kg urea-N/ha CRA-Nord-Ina.

Méthodes d'application de l'engrais minéral	Temps d'application (jours/ha)	Marge nette (FCFA/m <sup>2</sup> /cycle de 3 mois)	Ratio bénéfice-coût (-)
Application par poquet	23,1	225,96	1,16
Application par bande	11,6	209,73	1,10
Application uniforme de l'urée dissoute dans l'eau	5,8	241,64	1,29

### 3.2. Performance des innovations microdose sur les LFTs en milieu réel : cas de la commune de Djidja

Les rendements en légume frais diffèrent significativement entre les différentes doses d'engrais appliquées pour la grande morelle à Agbohountogon et pour le basilic africain à Bookou (commune de Djidja, Département du Zou). La microdose à 60 kg d'urée (environ 30 kg d'azote) par hectare (MD) a résulté en des performances similaires comparativement à la pratique des producteurs (PP) mais significativement améliorées par rapport au témoin sans aucun apport pour toutes les espèces considérées (Fig. 5). La microdose et la technique des producteurs ont produit en moyenne 0,99 kg par m<sup>2</sup> de légume frais, soit le double du rendement enregistré sous le témoin sans aucun apport de fertilisant. De façon similaire, dans le cas du basilic africain, elles ont permis de produire en moyenne 0,19 kg par m<sup>2</sup> de légume frais de plus que le témoin, correspondant à une amélioration de 70%.

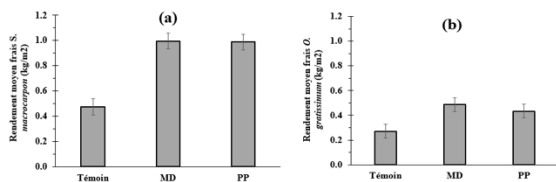


Figure 5: Rendement en légume frais de *Solanum macrocarpon* L. (a) et *Ocimum gratissimum* L. (b) en fonction de la technique de fertilisation. MD: fertilisation microdose à 60 kg urée/ha avec 5 tonnes de fumier en fumure de fond, Témoins : sans aucun apport. Les barres d'erreur représentent la plus petite différence significative (LSD).

Figure 5 : Average fresh vegetable yield of *Solanum macrocarpon* L. (a) and *Ocimum gratissimum* L. (b) following the technique of fertilization. MD : microdose at 60 kg urea/ha with 5 tons/ha of manure, Témoins : control without input. Error bars denoted the least significant difference value (LSD).

## 4. Recommandations sur les pratiques innovantes optimisées de microdose sur les LFTs et variantes

### 4.1. Microdosage des engrais organiques

La dose optimale de fumier est comprise entre 2,5 - 5,0 tonnes par ha. Pour la bouse de vache par exemple,

cette quantité correspond à 0,25 - 0,5 kg/m<sup>2</sup>, soit 4-7 poignées de fumier par mètre carré pour la plupart des légumes feuilles traditionnels étudiés comme *Ocimum gratissimum* L., *Amaranthus* sp. et *Solanum macrocarpon* L. L'apport de fumier par microdosage peut être fait à environ cinq jours après le repiquage et s'effectue une seule fois pendant le cycle végétatif de la culture, soit pendant la préparation des planches par épandage uniforme et incorporation du fumier dans le sol ou quelques jours après le repiquage en bande entre les lignes de culture ou par poquet.

#### 4.1.1. Microdosage de fumier par épandage

Afin de renforcer la capacité de rétention des nutriments et de l'eau du sol, il est recommandé d'épandre du fumier en fumure de fond pour les sols pauvres avant le repiquage ou quelques jours après (environ 5 jours). Cette méthode d'apport de fumier par microdosage consiste à épandre uniformément du fumier bien décomposé (séché à l'air) sur les parcelles, retourner avec le sol et arroser jusqu'à la date de repiquage. Il est recommandé d'appliquer 5 tonnes de fumier (bovins) par hectare correspondant à 0,5 kg/m<sup>2</sup> ou environ 4-7 poignées de fumier par m<sup>2</sup> (une poignée de fumier sec bien décomposé contient en moyenne 70 g de fumier ; Micro-Veg project, 2018).



Fumure de fond avant repiquage des plants. Source : Micro-Veg Project



Microdosage de fumier 5 jours après repiquage des plants d'amarante. Source : Micro-Veg Project

Figure 6: Processus de microdosage de l'engrais organique par épandage uniforme et incorporation dans le sol.

Figure 6: Process of manure micro-dosing application through uniform broadcast and incorporation into the soil.

#### 4.1.2. Microdosage de fumier par bande

L'application du fumier par microdosage par bande consiste à ouvrir près des plantes (environ 5 - 10 cm), des bandes entre deux lignes consécutives. Pour une parcelle abritant 6 lignes de plantes par exemple, on n'aurait besoin que de trois bandes pour l'application du fumier. La quantité de fumier requise (4-7 poignées de

fumier par mètre carré) est divisée en conséquence et uniformément répartie dans les bandes ouvertes et enfin ces dernières sont fermées avec du sable et sont ensuite irriguées. L'application de microdose en bande permet une économie de temps de travail par rapport à une application au poquet.



Ouverture des bandes entre deux lignes successives de plants d'amarante. Source: IRDC/Bartay



Application du fumier dans les bandes ouvertes. Source: IRDC/Bartay



Fermeture des bandes après application du fumier. Source: IRDC/Bartay

Figure 7: Processus de microdosage de l'engrais organique par bande

Figure 7: Process of manure micro-dosing application by strip



Ouverture des poquets près de chaque plant. Source : Micro-Veg Project



Prélèvement d'une demi-poignée de fumier. Source : Micro-Veg Project



Application du fumier dans les poquets ouverts puis fermeture. Source : Micro-Veg Project

Figure 8: Processus de microdosage de l'engrais organique par poquet

Figure 8: Process of manure micro-dosing application per hill

#### 4.1.3. Microdosage de fumier par poquet

L'application du fumier par microdosage au poquet consiste à ouvrir à proximité des plantes (environ 5 - 10 cm), un poquet dans lequel est appliquée la quantité requise de fumier prélevée à l'aide d'un récipient calibré (petite boîte de tomate ou équivalence de poignée), suivie de la fermeture avec la terre et irrigation (Fig. 8). L'utilisation d'une demi-poignée de fumier sec bien décomposé est suffisante par poquet pour l'amarante. L'application au poquet est plus fastidieuse et n'est recommandée que pour un nombre très limité de planche à fertiliser.

#### 4.2. Microdosage des engrais minéraux

L'urée (46% d'azote) constitue l'engrais minéral le plus adapté pour sa forte teneur en azote qui représente l'élément majeur le plus important pour le développement des feuilles. Elle est apportée une seule fois durant le cycle cultural des espèces à cycle court (*A. cruentus* et *S. macrocarpon*), 5 à 10 jours après le repiquage ou après la levée afin d'éviter la brûlure des jeunes plantes.

Pour les espèces à cycle long voire pérennes (*O. gratissimum*), il est recommandé de renouveler les apports d'urée après les deux premières récoltes afin de stimuler la régénération et le développement optimal des jeunes feuilles. La dose optimale d'azote est d'environ 20-40 kg/ha (4,4 - 8,7 g d'urée/m<sup>2</sup>) pour *O. gratissimum* et 40 - 60 kg/ha (8,7 - 13,0 g d'urée/m<sup>2</sup>) pour la plupart des légumes feuilles traditionnels (*Amaranthus* sp., *S. macrocarpon*). Pour les mesures pratiques, un bouchon de bouteille de bière ou une petite boîte de tomate de 70 g remplis à ras bord contiennent en moyenne 3,0 et 56,0 g d'urée, respectivement, de même qu'une poignée d'urée contient environ 40,0 g d'urée. Comme dans le cas du microdosage du fumier, trois méthodes ont été développées pour l'application du microdosage de l'engrais minéral. En vue d'assurer une uniformité d'application de l'engrais, il est recommandé que l'urée soit d'abord dissoute dans l'eau avant l'application. Cependant, les méthodes d'application illustrées ci-après sont toutes aussi réalisables avec la forme en granulés. Pour l'application en granulés, l'arrosage se fait après l'application.

#### 4.2.1. Microdosage de l'engrais minéral par épandage uniforme après dilution dans l'eau

La quantité d'urée requise pour une parcelle de surface donnée est dissoute dans la moitié de la quantité d'eau arrosage dans un arrosoir à maille uniforme, puis distribuée uniformément sur la parcelle suivie du rin-

çage des feuilles avec la deuxième moitié de l'eau d'arrosage (Fig. 9). Le microdosage de l'engrais minéral par épandage uniforme après dissolution dans l'eau est plus facile à appliquer, fait gagner du temps et réduit le temps de travail par rapport aux autres méthodes (application par bande et application par poquet).



Mesure de la quantité d'urée \*.  
Source: IRDC/Bartay



Application directe sur les feuilles après dilution de l'urée dans l'eau. Source: IRDC/Bartay



Rinçage des des feuilles des plants après application foliaire de l'engrais. Source: IRDC/Bartay

Figure 9: Processus de microdosage de l'engrais minéral par épandage uniforme après dilution dans l'eau. \* = quantité d'urée (52 g) pour une parcelle de 6 m<sup>2</sup> dans une boîte de tomate de 70 g, équivalent de 40 kg d'azote par ha (13.0 g d'urée/m<sup>2</sup>).

Figure 9: Process of mineral fertilizer micro-dosing by uniform broadcast after urea water dilution. \* = quantity of urea (52 g) for a 6 m<sup>2</sup> plot in a 70-g-tomato-can, equivalent to 40 kg of nitrogen per ha (13.0 g of urea / m<sup>2</sup>).



Dissolution de l'urée dans l'eau dans une boîte. Source : Micro-Veg Project



Application de la solution l'urée dans les bandes à l'aide d'une boîte à bouchon perforé. Source : Micro-Veg Project

Figure 10: Processus de microdosage de l'engrais minéral par bande

Figure 10: Process of mineral fertilizer micro-dosing by strip

#### 4.2.2. Microdosage de l'engrais minéral par bande

Comme dans le cas de la méthode d'épandage uniforme, le microdosage de l'engrais minéral par bande sur les LFTs consiste à dissoudre la quantité d'urée requise par parcelle dans une grande bouteille d'eau minérale à bouchon perforé et répartie ensuite dans les bandes ouvertes entre les lignes de plantes (environ 5 – 10 cm). Chaque bande couvre deux lignes consécutives de plants qui l'encadrent. Une parcelle de 6 lignes de

plants par exemple, n'aura besoin que de trois bandes. La quantité d'engrais requise pour une parcelle de surface donnée est divisée par le nombre de bandes et distribuée par une pression continue sur la bouteille compressible à capuchon perforé en vue de permettre la libération uniforme de la quantité égale de solution dans toutes les bandes (Fig. 10). Cette option prend moins de temps d'application comparativement à l'application par poquet.



### 4.2.3. Microdosage de l'engrais minéral par poquet

Le microdosage de l'engrais minéral par poquet des LFTs consiste en une dissolution de l'urée dans l'eau dans une petite bouteille perforée et répartie par poquet ou des bandes discontinues ouvertes près de chaque plante (environ 5 cm). La quantité d'engrais requise pour une parcelle de surface donnée est divisée par les

lignes de plantes et distribuée par une légère pression sur la bouteille compressible à capuchon perforé afin de permettre la libération de la quantité égale par plante (Fig. 11). Cette option est laborieuse et demande plus de temps de travail comparativement aux autres méthodes, mais faisable sur un nombre limité de planches.



Ouverture des poquets/bandes discontinues pour l'application de l'urée dissoute dans l'eau. Source: IRDC/Bartay



Dissolution de l'urée dans l'eau dans une boîte. Source: IRDC/Bartay



Application de la solution d'urée par poquet/bandes discontinues. Source: IRDC/Bartay



Fermeture des poquets/bandes discontinues. Source: IRDC/Bartay

Figure 11: Processus de microdosage de l'engrais minéral par poquet.

Figure 11: Process of mineral fertilizer micro-dosing per hill.

## 5. Conclusion et perspectives

Cette étude vise à évaluer les performances de la technique de microdosage des engrais sur les légumes feuilles traditionnels (LFTs) au Bénin (Afrique de l'Ouest) par le projet Micro-Veg. Le processus a consisté à des tests sur plusieurs années de performance agronomique de la fertilisation microdose sous les légumes feuilles traditionnels en Afrique de l'Ouest en adaptant de façon itérative les contraintes majeures de la technique microdose (dose, date, lieu, type d'engrais) et celles du producteur (temps, méthode, facilité et forme d'application). Ces tests en station et en milieu réel ont permis d'identifier la méthode d'application de l'engrais minéral/organique la plus adaptée aux LFTs,

souvent plantés à forte densité, la période idéale d'application et la dose optimale d'engrais (organique et minéral). Les résultats ont montré que l'application uniforme de l'engrais minéral dissout dans l'eau est non seulement, la plus adaptée pour sa facilité d'application mais également résulte en des performances (agronomique et économique) similaires comparativement à l'application par bande ou par poquet qui est plus contraignante. La période idéale d'application de l'engrais est de 5 à 10 jours après repiquage pour les espèces qui nécessitent la réalisation d'une pépinière et 0 à 10 jours après semis pour celles qui peuvent être directement semées. Les résultats des essais en station ont montré qu'une microdose à 40-60 kg d'urée-N par hectare a enregistré les meilleures performances en termes de

rendement en légume frais, de marge nette et de ratio bénéfico-coût comparativement au témoin sans engrais minéral et l'application exclusive de 80 kg d'urée-N/ha sans apport de fumier pour *A. cruentus* (Amarante), *S. macrocarpon* (grande morelle) et *O. gratissimum* (basilic africain). Ainsi, la fertilisation microdose réduit près de deux fois les doses d'engrais appliquées lors de la production des LTFs et les producteurs peuvent améliorer leur revenu en réduisant les coûts de production. Cette technique de fertilisation doit donc être mise à échelle afin de diversifier les sources de nutriments des producteurs ainsi que leurs sources de revenus. La faible performance enregistrée par l'application exclusive d'engrais minéral même à une dose relativement élevée a montré la nécessité de combiner l'application de fumier et l'engrais minéral en vue d'optimiser non seulement les rendements des légumes feuilles mais aussi d'assurer une gestion optimale des nutriments du sol. Bien que ces techniques innovantes de microdose aient été testées sur trois LTFs (*Amaranthus* sp., *S. macrocarpon* et *O. gratissimum*) au Bénin, elles peuvent être efficacement appliquées à d'autres légumes feuilles traditionnels (LTFs) similaires en Afrique de l'Ouest.

Vu les résultats de l'application de la fertilisation microdose à la production des LTFs, le défi à relever constitue la diffusion à grande échelle par l'amplification des démonstrations dans les zones non couvertes par le projet Micro-Veg Bénin et des séances de sensibilisation dans les zones de forte production maraîchère incluant les LTFs. Des études futures doivent être orientées vers la mécanisation de l'application de l'engrais par microdosage afin de libérer la force humaine.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAI), Projet no 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project]. Les auteurs remercient également les partenaires : Adebayo O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet.

## CONFLIT D'INTERET

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

## REFERENCES

- Abdoulaye, I., Nasser, B.M., Ouatarra, B., Diakalia, S., Sabiou, M., 2014. Fertilizer micro-dosing: a profitable innovation for Sahelian women. *Stories Change*.
- Adebolu, T.T., Oladimeji, S.A., 2005. Antimicrobial activity of leaf extracts of *Ocimum gratissimum* on selected diarrhoea causing bacteria in southwestern Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* 4, 682–684.
- Adjogboto, A., Likpèté, D.D., Akponikpe, P.B.I., Djenontin, A.J., Baco, M.N., Sossa-Vihotogbe, C.N.A., Agbossou, E.K., 2019. What application method would be appropriate in fertilizer micro-dosing of traditional leafy vegetables in West Africa? *Acta Hort.* 11–20. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.2>
- Aïdam, A., Etse, K.D., Koba, K., Raynaud, C., Sanda, K., Chaumont, J.-P., Trémouillaux-Guiller, J., 2008. Capacités morphogénétiques in vitro, performance au champ et production d'huiles essentielles chez *Ocimum gratissimum* L. *Acta Bot. Gallica* 155, 341–354.
- Assogba-Komlan, F., Anihouvi, P., Achigan, E., Sikiro, R., Boko, A., Adje, C., Ahle, V., Vodouhe, R., Assa, A., 2007. Pratiques culturales et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au sud du Bénin. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* 7, 1–21.
- Buerkert, A., 1995. Effects of crop residues, phosphorus, and spatial soil variability on yield and nutrient uptake of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) in southwest Niger. Verlag Ulrich E. Grauer.
- Camara, B.S., Camara, F., Berthe, A., Oswald, A., 2013. Micro-dosing of fertilizer-a technology for farmers' needs and resources. *Int. J. AgriScience* 3, 387–399.
- Chaumont, J.-P., Mandin, D., Sanda, K., Koba, K., de Souza, C.A., 2001. Activités antimicrobiennes in vitro de cinq huiles essentielles de Lamiacées togolaises vis-à-vis de germes représentatifs de la microflore cutanée. *Acta Bot. Gallica* 148, 93–101.
- Dansi, A., Adjatin, A., Adoukonou-Sagbadja, H., Faladé, V., Yedomonhan, H., Odou, D., Dossou, B., 2008. Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55, 1239–1256.
- Diogo, R.V., Buerkert, A., Schlecht, E., 2010. Horizontal nutrient fluxes and food safety in urban and peri-urban vegetable and millet cultivation of Niamey, Niger. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 87, 81–102.
- Diogo, R.V.C., Buerkert, A., Schlecht, E., 2011. Economic Benefit to Gardeners and Retailers from Cultivating and Marketing Vegetables in Niamey, Niger. *Outlook Agric.* 40, 71–78. <https://doi.org/10.5367/oa.2011.0027>
- Dugué, P., 1993. La gestion de la fertilité et l'utilisation des ressources naturelles dans les systèmes agropastoraux soudano-sahéliens. Quelques éléments de réflexion à partir des situations du Yatenga

- (Burkina Faso) et du Sine Saloum (Sénégal). Communication. CIRAD-SAR.
- Grubben, G.J.H., Denton, O.A., 2004. Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables. Plant Resour. Trop. Afr. 2 Veg.
- Hayashi, K., Abdoulaye, T., Gerard, B., Bationo, A., 2008. Evaluation of application timing in fertilizer micro-dosing technology on millet production in Niger, West Africa. Nutr. Cycl. Agroecosystems 80, 257–265.
- ICRISAT, -, 2009. Fertilizer Microdosing: Boosting Production in unproductive lands [WWW Document]. URL <http://oar.icrisat.org/5666/> (accessed 7.4.19).
- InuWaM project, 2014. Integrated nutrient and water management for sustainable food production in the Sahel (Final Technical Report). Parakou, Benin.
- James, B., Atcha-Ahowé, C., Godonou, I., Baimey, H., Goergen, H., Sikirou, R., Toko, M., 2010. Integrated pest management in vegetable production: A guide for extension workers in West Africa. IITA.
- Kpadonou, G.E., Adjogboto, A., Likpèté, D.D., Dasigli, Z.P., Akponikpe, P.B.I., Djenontin, A.J., 2019. Improving traditional leafy vegetables production through water use efficiency and fertilizer microdosing technology in Benin Republic. Acta Hortic. 55–64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.7>
- Likpèté, D.D., Adjogboto, A., Akponikpe, P.B.I., Djenontin, A.J., Baco, M.N., Sossa-Vihotogbe, C.N.A., Agbossou, E.K., 2019. Water use efficiency of local amaranth as affected by timing and application methods of fertilizer micro-dosing. Acta Hortic. 45–54. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.6>
- Maria, I. G. M., Antonio, E. G. S. A., Felipe, M. T. V., Wbyratan, L. S., Liziane, M. L., Reginaldo, C., ... Roseane, C. S. (2016). Bioactivity of basil (*Ocimum basicilum* L.) on control of the spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) in peanut. African Journal of Biotechnology, 15(30), 1597-1607. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.15078>
- Micro-Veg project, 2018. Fertilizer micro-dosing on traditional leafy vegetables in West Africa, Bulletin, Nigeria and Benin Republic. Nigeria and Benin Republic.
- Oboh, F.O., Masodje, H.I., Enabulele, S.A., 2009. Nutritional and antimicrobial properties of *Ocimum gratissimum* leaves. J Biol Sci. 9, 377–380.
- Olaniyi, J.O., Adelasoye, K.A., Jegede, C.O., 2008. Influence of nitrogen fertilizer on the growth, yield and quality of grain amaranth varieties. World J. Agric. Sci. 4, 506–513.
- Sangare, S.K., Compaore, E., Buerkert, A., Vancloster, M., Sedogo, M.P., Biolders, C.L., 2012. Field-scale analysis of water and nutrient use efficiency for vegetable production in a West African urban agricultural system. Nutr. Cycl. Agroecosystems 92, 207–224.
- Sossa-Vihotogbe, A.N.C., Anihouvi, B.V., Akissoe, H.N., Amadji, L.G., Hounhouigan, D.J., 2013. Effect of organic and mineral fertilization on proximate composition of three leafy vegetables harvested at different periods. Int. J. Biol. Chem. Sci. 7, 271–286.
- Stevens, J.M.C., 1990. Légumes traditionnels du Cameroun, une étude agro-botanique. Agricultural University.
- Témé, B., Breman, H., Sissoko, K., 1996. Intensification agricole au Sahel: Mythe ou Réalité? ABDLO [etc.].
- Tirilly, Y., Bourgeois, C.M., 1999. Technologie des légumes [WWW Document]. Libr. Lavoisier. URL <https://www.lavoisier.fr/livre/agro-alimentaire/technologie-des-legumes/tirilly/descriptif-9782743002992> (accessed 7.4.19).

Page laissée intentionnellement vide



## Quels indicateurs pour une meilleure évaluation de la productivité des légumes feuilles traditionnels ?

Dagnon Didier LIKPETE<sup>1\*</sup>, P. B. Irénikatché AKPONIKPE<sup>1,2</sup>, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE<sup>3</sup>, Mohamed Nasser BACO<sup>4</sup>, André ADJOGBOTO<sup>1</sup>, André Jonas DJENONTIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab),  
Université de Parakou, 03BP 351 Parakou, Bénin

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

<sup>3</sup> Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires (DNSAA), Faculté d'Agronomie,  
Université de Parakou, Bénin

<sup>4</sup> Laboratoire Environnement & Société, Département d'Economie et Sociologie Rurales (ESR),  
Université de Parakou, Bénin

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

### What indicators to better assess the productivity of traditional leafy vegetables?

**Abstract:** Despite the importance of vegetables, especially traditional leafy vegetables (TLVs), there is a lack of knowledge and contradicting information about their productivity. This study aims to analyze the usual measurement indicators of the productivity of vegetable crops in order to suggest alternative approaches for a better estimation of their growth. Fresh biomass yields collected on three traditional leafy vegetables (Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.), African eggplant (*Solanum macrocarpon* L.) and African basil (*Ocimum gratissimum* L.) produced at optimum rate of fertilizer micro-dosing (40 kg N / ha + 5 t/ha of cow dung) were analyzed through scenario analysis. The results showed the need to take into account, in addition to the area of production, at least a second factor, in particular the time dimension. Time dimension (short, medium or long term) is very important for the quantification of the productivities of leafy vegetables because of their intensive nature. This consideration is all the more necessary to compare the productivities of different species, varieties that do not have the same cropping cycles, requirements or need for nutrient and water inputs.

**Keywords:** *Amaranthus cruentus*, *Ocimum gratissimum*, Productivity indicators, *Solanum macrocarpon*, Time dimension, Traditional leafy vegetables.

**Résumé :** Malgré l'importance des cultures maraîchères, notamment les légumes feuilles traditionnels (LFTs), il y a un manque de connaissances et des contradictions sur leur productivité. Cette étude vise à analyser les indicateurs usuels de mesure de la productivité des cultures maraîchères afin de proposer des approches pour une meilleure estimation. Les rendements en biomasse fraîche collectés sur trois LFTs Amarante (*Amaranthus cruentus* L.), grande morelle (*Solanum macrocarpon* L.) et le basilic africain (*Ocimum gratissimum* L.) produits sous fertilisation microdose (40 kg N/ha + 5 t/ha de bouse de vache) ont été utilisés dans une analyse de scénario. Les résultats ont montré la nécessité de prendre en compte, outre la superficie de culture, au moins un deuxième facteur notamment le temps. Le temps de production (à court, moyen ou long terme) est important pour la quantification de la productivité des LFTs du fait de leur caractère intensif. Cette considération est d'autant plus nécessaire si l'on veut comparer les productivités de différentes espèces, variétés qui n'ont pas les mêmes cycles, exigences ou besoins en nutriment et en eau.

**Mots clés:** *Amaranthus cruentus*, Indicateurs de productivité, Légumes feuilles traditionnels, *Ocimum gratissimum*, *Solanum macrocarpon*, Temps de production.

## 1. Introduction

Les légumes indigènes ou traditionnels sont toutes les espèces de plantes, variétés ou cultivars à partir desquels les feuilles, les fruits et les racines sont récoltés et utilisés comme légumes par les communautés rurales et urbaines selon les coutumes, les habitudes et les traditions (FAO, 1988). Dans ce groupe de légumes, les légumes feuilles traditionnels (LFTs) africains sont plus riches en vitamines, en minéraux et en fibres brutes que les légumes européens (Oluoch et al., 2009). Ils constituent une partie importante du régime alimentaire des communautés locales fournissant des composants nutritionnels essentiels, qui font souvent défaut dans les cultures de base (Jain & Gupta, 2013). Les LFTs constituent également une source importante d'emplois dans les zones urbaines et périurbaines de nombreuses villes africaines et leur production est de plus en plus considérée comme une stratégie de lutte contre le chômage dans les villes (Schippers, 2002).

La productivité actuelle dans les systèmes pluviaux ne représente en moyenne qu'un peu plus de la moitié de son potentiel (FAO, 2013). Ainsi, en raison de leur diversité et de leur maturité relativement courte, les LFTs peuvent être facilement intégrés à de nombreux systèmes de culture. Leur grande tolérance à la sécheresse par rapport aux espèces exotiques fait qu'ils peuvent être cultivés pendant toute l'année et sont mieux adaptés aux périodes de faible pluviométrie (Dzerefos et al., 1995). Malgré l'importance des LFTs, peu de travaux de recherche ont été consacrés aux indicateurs adéquats pour l'estimation de leur productivité. Selon Oluoch et al. (2009), il y a une forte pénurie d'informations sur les rendements des LFTs et sur les facteurs qui les influencent. L'indicateur d'évaluation de la productivité le plus souvent utilisé pour toutes les cultures est le rendement. Le rendement est défini comme le rapport entre la quantité récoltée et le facteur de production (terre, semence, travail, eau, nutriment, etc...) jugé pertinent dans la situation agricole considérée (Morlon & Sigaut, 2010). Comme l'indique cette définition du rendement en agriculture, plusieurs facteurs de production doivent être pris en compte dans l'estimation de productivité des cultures, particulièrement quand un facteur est limitant pour la production. Cependant, la superficie ou surface emblavée est le facteur de production le plus utilisé pour l'estimation de la productivité que ce soit par la recherche ou les services ou statistiques agricoles. Bien que la baisse de la fertilité ou la dégradation des sols soit considérée comme l'une des contraintes majeures à l'augmentation de la producti-

vité en Afrique de l'ouest (Bationo et al., 2007), la disponibilité en terre, surtout en maraîchage (la plupart du temps intensif) ne demeure pas pour autant le facteur de production le plus contraignant suivant les zones et les producteurs, du fait de l'intensification qui lui est souvent associée. Le rendement à l'hectare ne peut donc pas être considéré comme l'indicateur exclusif d'évaluation de la productivité en expérimentation ou en vulgarisation (Morlon & Sigaut, 2013). Le rendement des cultures en kg/ha ne tient pas compte du coût supplémentaire en terres, en nutriments, en temps, en main d'œuvre et en eau donc n'est pas suffisant et approprié pour l'estimation de la productivité (Connor & Mínguez 2012) particulièrement lorsqu'il s'agit des cultures maraîchères.

Par ailleurs, compte tenu du fait que l'agriculture en Afrique de l'Ouest est de type pluvial (FAO, 2013), la production agricole se fait généralement en période de disponibilité en eau ou pendant la saison agricole du fait du faible niveau d'irrigation. Considérant aussi le caractère saisonnier de la production agricole dans nos régions, et de la grande diversité des cycles de culture (espèces différentes) et des variétés (même espèce), le temps de production (temps de travail) devrait être un facteur important à prendre en compte dans l'évaluation de la productivité. Le concept du rendement basé sur les quantités produites (kg) par unité de surface (ha) devient inapproprié (FAO & DWFI, 2015). De plus, l'estimation la plus courante de la production d'une culture se fait par année alors que la production agricole n'a été possible que sur une partie de l'année c'est-à-dire pendant la saison pluvieuse ou plus spécifiquement le cycle de la culture. Ainsi, la productivité agricole devrait-elle être évaluée par saison agricole, par période de disponibilité en eau, par cycle de culture et non par année. Dans ce contexte la question de l'importance du temps de production dans l'évaluation de la productivité reste non résolue. Dans la mesure où les aspects de rendement sont particulièrement importants du fait que de nombreux agriculteurs souhaitent optimiser les rendements et les profits en fonction des efforts fournis. Cette étude vise à analyser les indicateurs usuels de mesure de la productivité des légumes feuilles traditionnels et des cultures maraîchères en général afin de proposer des approches pour une meilleure estimation.

## 2. Approche méthodologique

### 2.1. Spécificité des LFTs

Les légumes feuilles traditionnels ont le potentiel d'être produits tout le long d'une année (Dzerefos et al., 1995) que ce soit en saison pluvieuse ou en saison sèche (système irrigué). Ils sont bien adaptés à toutes les formes d'agriculture (Schippers, 2002), qu'elle soit rurale, urbaine ou péri-urbaine. A l'opposé des cultures céréalières qui sont produites souvent avec de grands

---

\* Auteur Correspondant : [didierlikpete@yahoo.fr](mailto:didierlikpete@yahoo.fr)  
Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin

écartements ; 0.8 m x 0.4 m soit 62 500 plants ha<sup>-1</sup> (deux plants par poquet) pour le maïs, les légumes feuilles sont pour la plupart produits à de très fortes densités (environ 250 000 plants ha<sup>-1</sup> pour l'amarante (*Amaranthus cruentus* L. ; fotètè en fongbé), 111 111 plants ha<sup>-1</sup> pour la grande morelle (*Solanum macrocarpon* L. ; gboma en fongbé) et le basilic africain (*Ocimum gratissimum* L. ; Tchayo ; Schippers, 2002 ; James et al., 2010).

La production des légumes feuilles est hautement intensive avec un cycle végétatif souvent très court, soit 4-6 (semis direct à la volée) voire 8 (semis en pépinière puis repiquage) semaines après semis pour l'amarante et 10-12 semaines pour la grande morelle et le basilic africain (Schippers, 2002 ; Assogba Komlan et al., 2015), qui sont la plupart du temps utilisés comme des cultures pérennes.

En semis direct (souvent à la volée), la récolte des LFTs se fait par arrachage avec les racines. Dans le cas des plants repiqués, la récolte se fait le plus en plusieurs coupes échelonnées suivant les espèces et la fertilité du sol. Dans le cas de l'amarante, la première intervient 4 semaines après repiquage et les deux autres sont réalisées à intervalle de deux semaines soit 6 et 8 semaines après repiquage respectivement. Quant au basilic africain et à la grande morelle, les coupes échelonnées se font à 6, 10 et 14 semaines après repiquage. Cependant, le basilic africain et la grande morelle peuvent être produits comme des cultures pluriannuelles.

Du fait de la spécificité de la production des LFTs (hautement intensif et cycles souvent courts, demande en eau, en main d'œuvre et en temps etc...), la comparaison de production doit pouvoir se faire sur des bases équitables et appropriées entre différentes espèces de LFTs ou entre différentes variétés de même espèce mais ayant différents cycles par exemple. Il faudrait donc des indicateurs de productivité indépendante de l'espèce, de la variété et du cycle de production (temps) et des apports d'intrants.

## 2.2. Indicateurs de productivité agronomiques

Plusieurs facteurs de production pourraient être considérés en agronomie pour estimer la productivité des cultures (Evans, 1993 ; FAO & DWFI, 2015) et des LFTs en particulier. Outre la superficie ou la surface emblavée (ha, m<sup>2</sup> plus indiqué car pas sur de grande surface) on distingue notamment

### 2.2.1. Unité de temps (cycle, mois ou jours plus indiqué)

Le temps (de travail, de production, le cycle végétatif) est un facteur limitant qui n'est souvent pas pris en compte dans l'estimation du rendement. Ce facteur est encore plus important quand il s'agit des LFTs vu leur caractère hautement intensif et cycle court.

### 2.2.2. Unité d'intrant (engrais)

Dans les systèmes de production de légumes, l'application d'engrais azotés est une pratique agricole courante pour améliorer le rendement et la qualité des produits. Compte tenu du fait que les engrais sont souvent inabordables pour les agriculteurs en raison de leur coût élevé (Sanchez, 2002), l'utilisation rationnelle des engrais est nécessaire pour soutenir la production des légumes.

### 2.2.3. Eau (productivité de l'eau)

L'eau est l'un des facteurs les plus limitants pour la production des LFTs. Maximiser l'efficacité d'utilisation de l'eau est un enjeu important pour la production maraîchère dans les pays arides et semi-arides où les précipitations sont faibles et les autres ressources en eau rares (Sangaré et al., 2012).

### 2.2.4. Combinaison de multiples facteurs de production

La productivité peut être aussi appréciée en plus de la considération de la surface de production, de plusieurs facteurs en même temps. Par exemple le temps et les intrants (kg/m<sup>2</sup>/j/kg N ou le temps et l'eau utilisé (kg/m<sup>2</sup>/j/mm), suivant l'intérêt.

## 2.3. Analyse de scénario

Pour mieux appréhender l'inadéquation de l'indicateur conventionnel de productivité par unité de surface (kg/ha) utilisé pour évaluer le rendement en production de légumes feuilles traditionnels, nous avons utilisé un ensemble de données d'expérimentation sur trois LFTs (amarante, la grande morelle et le basilic africain). Les expérimentations ont été conduites suivant un bloc aléatoire complet avec 4 répétitions au Centre de Recherche Agricole Nord (CRA-Nord) de l'Institut Nationale de la Recherche agronomique du Bénin (INRAB) situé à Ina, commune de Bembèrèkè en 2016. Les détails des résultats agronomiques de ces expérimentations ont fait l'objet de publication séparées (Adjogboto et al., 2019 ; Likpèè et al., 2019). En bref, ces essais ont évalué l'effet de 5 doses d'azote et 2 dates d'application de l'azote sur la productivité des trois LFTs (amarante, la grande morelle et le basilic africain). Les rendements en biomasse fraîche obtenus pour chaque culture avec la dose de fertilisation microdose optimale (40 kg N /ha + 5 t/ha de bouse de vache) (Adjogboto et al., 2019 ; Likpèè et al., 2019) ont été évalués en fonction de la productivité de la terre (t/ha), la productivité de l'eau (ratio entre le rendement en biomasse fraîche (kg/ha) et l'évapotranspiration réelle cumulée sur le cycle de production, kg/ha/mm), productivité du temps (kg/ha/jour et kg/ha/an) et productivité de l'azote (kg/ha/kg N).

Après la vérification de la normalité et de l'homogénéité de la variance, une analyse de variance (ANOVA) a permis de comparer les trois espèces pour chaque indicateur de productivité calculé avec le logiciel R ([www.cran.r-project.org](http://www.cran.r-project.org)). La plus petite différence significative (Least Significant Difference, LSD) a été ensuite utilisée pour séparer les espèces qui diffèrent significativement.

Ensuite, une analyse de scénario a été conduite pour comparer différents indicateurs de productivité utilisant la surface, le temps, l'intrant ou l'eau utilisés pour les trois espèces de légumes feuilles traditionnels. Nous avons considéré trois échelles temporelles de production (1) l'échelle temporelle d'un cycle de culture (court terme), (2) l'échelle temporelle d'une année de production (moyen terme) et (3) l'échelle temporelle de plusieurs années (long terme).

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Productivité à l'échelle temporelle d'un cycle de culture (court terme)

Lorsqu'on considère un seul cycle de production pour chaque espèce, la comparaison des rendements en biomasse fraîche obtenus en t/ha montre une différence significative entre le rendement obtenu pour la grande morelle et ceux obtenus pour l'amarante et le basilic africain (Figure 1a). La grande morelle produit en moyenne 27.57 t/ha alors que l'amarante et le basilic africain produisent la moitié soit en moyenne 15 t/ha. On note les mêmes tendances lorsqu'on tient compte de la productivité de l'azote (kg/ha/kg N) où la grande morelle a obtenu la plus grande productivité (738.15 kg/ha/kg N) par unité de N appliqué (Figure 1b). Par contre, lorsqu'on évalue l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) ou productivité de l'eau, il n'y a pas eu de différence entre l'amarante et la grande morelle qui produisent en moyenne 29 kg/ha/mm d'eau utilisé (Figure 1c). La productivité du temps n'a pas également révélé de différence significative entre l'amarante et la grande morelle (Figure 1d) qui produisent en moyenne 206.3 kg/ha/jour.

Ces résultats montrent que pour comparer les rendements des LFTs, surtout de différentes espèces, tenir seulement compte de la productivité par unité de surface pourrait contenir des biais et ne paraît donc pas judicieux. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que la production des LFTs est souvent intensive, à forte densité. Ainsi, bien que la baisse de la fertilité ou la dégradation des sols soit considérée comme l'une des contraintes majeures à l'augmentation de la productivité en Afrique de l'Ouest (Bationo et al., 2007), la disponibilité en terre, surtout en maraîchage (la plupart du temps intensive) ne demeure pas pour autant le facteur

de production le plus contraignant suivant les zones et les producteurs, du fait de l'intensification qui y est souvent associée. De plus, selon Connor & Mínguez (2012), le rendement des cultures individuelles (en kg/ha) n'est pas approprié, car il ne tient pas compte du coût supplémentaire en terres, en nutriments, en temps, en main d'œuvre et en eau.

#### 3.2. Productivité à l'échelle temporelle d'une année de production (moyen terme)

L'inadéquation ou l'insuffisance de l'indicateur conventionnel de la productivité par unité de surface (kg/ha) apparaît encore plus évidente lorsqu'on tient compte de la production sur une année entière. L'amarante a un cycle court d'environ 11 à 12 semaines (3 à 4 semaines pour la pépinière, 4 semaines du repiquage à la première récolte et 4 semaines (2 semaines chacune) pour la deuxième et la troisième récoltes) soit 3 mois environ. Ceci étant, 4 cycles d'amarante peuvent être réalisés au cours d'une année. Par contre, la grande morelle et le basilic africain ont un cycle plus long d'environ 5-6 mois (6 semaines en pépinière, 6 semaines du repiquage à la première récolte et 8 semaines jusqu'à la troisième récolte). Pour la grande morelle et le basilic africain, au plus deux cycles de culture peuvent être réalisés au cours d'une année. La comparaison des rendements de l'amarante, de la grande morelle et du basilic africain sur une année de production fait ressortir une différence significative entre les espèces. Le rendement en biomasse fraîche le plus élevé a été obtenu par l'amarante (Figure 2) alors que lorsque la comparaison a été faite par cycle de production le rendement le plus élevé avait été obtenu par la grande morelle (Figure 2). Par contre, les productivités par unité d'eau (kg/ha/mm) ou d'azote (kg/ha/kg N) sont restées similaires sur un cycle ou une année de production. Ces résultats montrent que le temps est un facteur important dans l'évaluation du rendement en biomasse fraîche des LFTs. Ainsi, comme l'avaient démontré FAO & DWF (2015), le concept du rendement basé sur les quantités produites (kg) par unité de surface (ha) devient inapproprié, en particulier dans le cas des LFTs du fait du temps court de leur cycle de production. La prise en compte de la dimension temps dans l'évaluation du rendement avait déjà été envisagée par Evans (1993) qui suggère que pour les mesures de rendement, la dimension temporelle doit être explicitement pris en compte. Considérant aussi le caractère saisonnier de la production agricole dans nos régions, et de la grande diversité des cycles de culture (espèces différentes) et des variétés (même espèce), le rendement à l'hectare ne peut donc pas être considéré comme l'indicateur exclusif d'évaluation de la productivité en expérimentation ou en vulgarisation (Morlon & Sigaut, 2013).



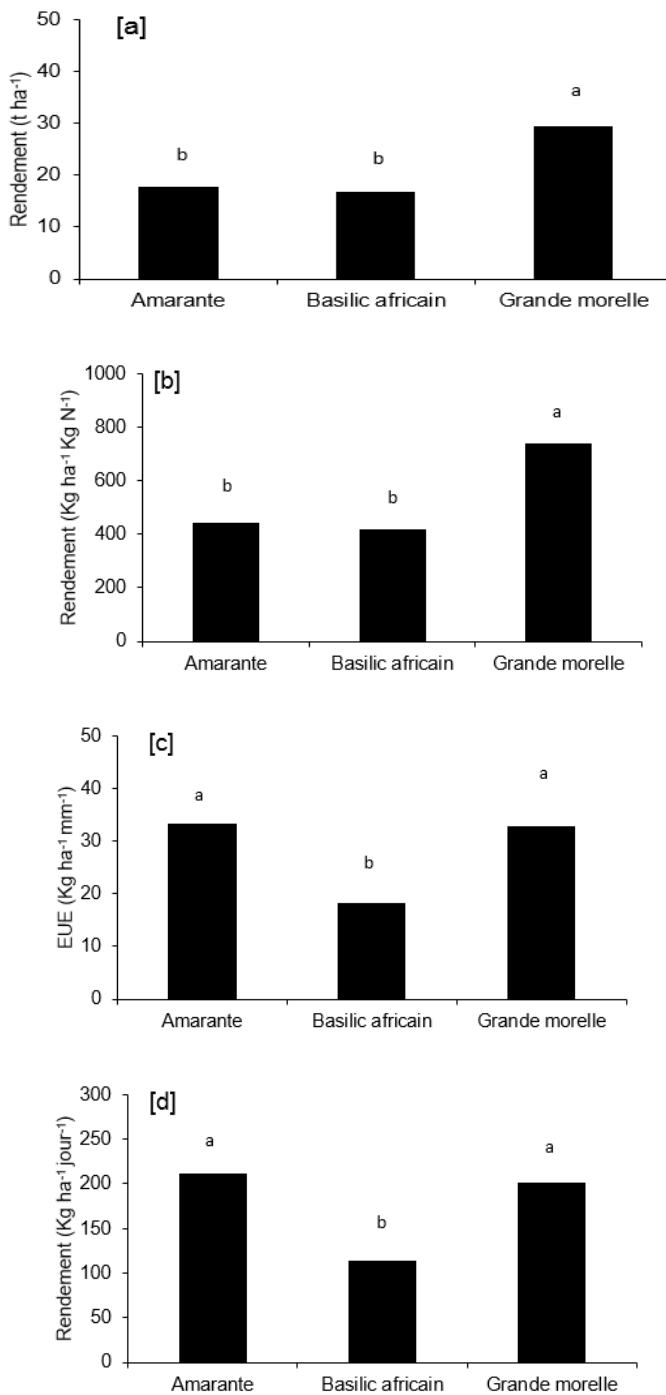


Figure 1: Productivité à moyen terme de l'amarante, la grande morelle et le basilic africain en (a) t/ha (b) kg/ha/kg N (c) kg/ha/mm (d) kg/ha/jour. Les histogrammes avec la même lettre ne sont pas significativement différents, p < 0,05, ANOVA

Figure 1: Short-term productivity of amaranth, African eggplant and African basil in (a) t/ha (b) kg/ha/kg N (c) kg/ha/mm (d) kg/ha/day. Histogram with the same letter are not significantly different, p < 0.05, ANOVA.

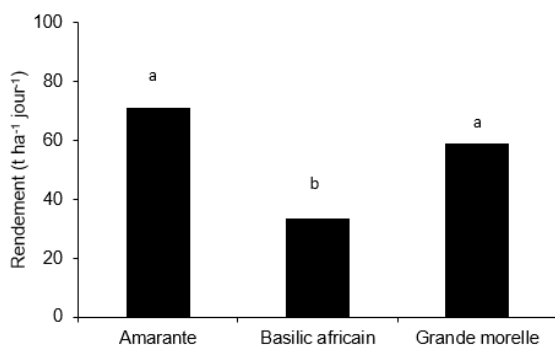


Figure 2: Productivité à moyen terme de l'amarante, la grande morelle et le basilic africain en t/ha/jour. Les histogrammes avec la même lettre ne sont pas significativement différents,  $p < 0,05$ , ANOVA.

Figure 2: Mid-term productivity of amaranth, African eggplant and African basil in t/ha/day. Histogram with the same letter are not significantly different,  $p < 0,05$ , ANOVA.

### 3.3. Productivité à l'échelle temporelle de plusieurs années (long terme)

Etant donné que le basilic africain et la grande morelle peuvent être considérés comme des cultures pluriannuelles (Scippers, 2002 ; Assogba Komlan et al., 2015), il peut arriver que leur production ne se fasse pas par cycle de 6 mois. Ces légumes feuilles peuvent être cultivés avec des coupes échelonnées par intervalles de 3 à 4 semaines sur plusieurs années. Contrairement, l'amarante ne peut être produit que par cycle de 3 mois. Une comparaison des rendements sur une année ou plusieurs années consécutives en coupe successive de 4 mois pour le basilic africain et la grande morelle et en 4 cycles pour l'amarante montre une différence significative entre le rendement de grande morelle et ceux de basilic africain et d'amarante que ce soit en kg/ha/an ou kg/ha/jour (Figure 3). Le rendement le plus élevé est obtenu par la grande morelle alors que l'amarante et le basilic africain ont des rendements faibles et similaires. Par contre, des rendements similaires avaient été obtenus par l'amarante et la grande morelle lorsque la production par cycle successif (Figure 2) était considérée. Ces résultats confirment l'importance de la prise en compte du temps de production, le long terme en particulier, dans l'estimation de la productivité. Ces résultats révèlent également que dans le cas des LFTs semi-pérennes, l'intensification de la production à travers des coupes successives permet de maximiser le rendement en biomasse fraîche. L'intensification des cultures est de plus en plus répandue à travers le monde (Caviglia et al., 2004). L'intensification durable de production agricole devrait reposer sur la définition de stratégie de gestion visant à accroître à la fois l'efficacité d'utilisation de l'eau et de l'azote (Quemada and Gabriel, 2016), mais également du temps comme le démontre les résultats.

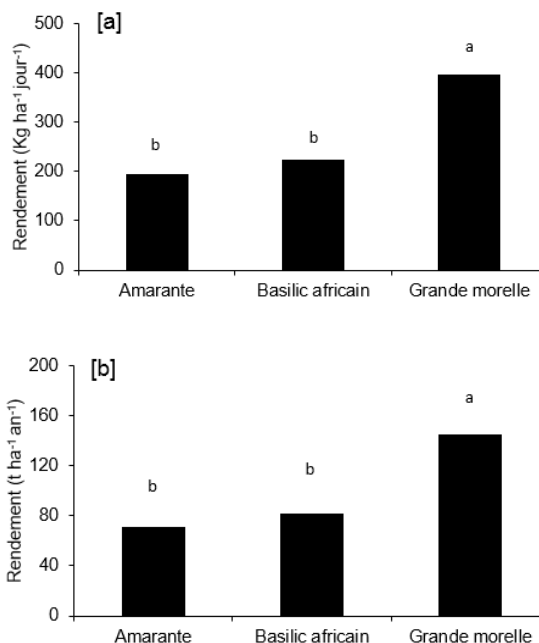


Figure 3: Productivité à long terme de l'amarante, la grande morelle et le basilic africain en (a) kg/ha/jour (b) t/ha/an. Les histogrammes avec la même lettre ne sont pas significativement différents,  $p < 0,05$ , ANOVA.

Figure 3: Long-term productivity of amaranth, African eggplant and African basil in (a) kg/ha/day (b) t/ha/year. Histogram with the same letter are not significantly different,  $p < 0,05$ , ANOVA.

## 5. Conclusion

Cette étude a analysé les indicateurs usuels de mesure de la productivité des légumes feuilles traditionnels (LFTs) afin de proposer des approches pour une meilleure estimation. A travers les analyses de scénario, il ressort la nécessité de prendre en compte, outre la superficie cultivée, le temps de production dans l'estimation de la productivité des LFTs. Le temps de production à court, moyen ou long terme est important pour la quantification de la productivité des LFTs du fait de leur caractère intensif. Cette considération est d'autant plus nécessaire si l'on veut comparer les productivités de différentes espèces, variétés qui n'ont pas les mêmes cycles ou exigences ou besoin en intrant et en eau. Les résultats de la présente étude permettent une meilleure estimation et comparaison de la productivité des LFTs, indépendamment de l'espèce, de la variété, du cycle de production (temps) et des apports en intrants.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSIAI), Projet no 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project]. Les auteurs remercient également les partenaires : Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet.

## CONFLIT D'INTERET

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

---

## REFERENCES

- Adjogboto, A., Likpè, D.D., Akponikpè, P.B.I., Djènonatin, A.J., Baco, M.N., Sossa-Vihotogbé, C.N.A. and Agbossou, E.K. 2019. What application method would be appropriate in fertilizer microdosing of traditional leafy vegetables in West Africa? *Acta Hort.* 1238: 11-20. doi:10.17660/actahortic.2019.1238.2.
- Assogba Komlan, F., N'Danikou, S., Honfoga, J., Sossa-Vihotogbé, C., Mensah, A., & Simon, S. 2015. *Ocimum gratissimum* L. (Tchiayo en Fongbé) : Du jardin à la table. Fiche technique, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. ISBN : 978-99919-0-305-7.
- Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., & Kimetu, J. 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agroecosystems. *Agr. Syst.*, 94 (1): 13–25. doi:10.1016/j.agsy.2005.08.011
- Caviglia, O.P., Sadras, V.O. & Andrade, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean. *Field Crops Res.* 87: 117-129.
- Connor, D.J. & Mínguez, M.I. 2012. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. *Glob. Food Sec* 1: 106-113, doi:http:// dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2012.10.004
- Dzerefos, C.M., Shackleton, C.M., & Scholes, M.C. 1995. Seed germination, nitrogen nutrition and water requirements of the edible herb *Corchorus tridens* (Tiliaceae). *Econ. Bot.*, 49 (4): 380–386. doi:10.1007/bf02863088
- Evans, L. T. 1993. *Crop Evolution, Adaptation and Yield*. Cambridge University Press.
- FAO and DWFI. 2015. Yield gap analysis of field crops – Methods and case studies, by Sadras, V.O., Cassman, K.G.G., Grassini, P., Hall, A.J., Bastiaanssen, W.G.M., Laborte, A.G., Milne, A.E., Sileshi, G., Steduto, P. FAO Water Reports No. 41, Rome, Italy.
- FAO 2013. Climate-smart agriculture. Sourcebook Sourcebook, FAO (United Nations Food and Agriculture Organization), Rome, Italy.
- FAO 1988. *Traditional Food Plants*, FAO (United Nations Food and Agriculture Organization), Rome, Italy.
- Jain, S. M., & Dutta Gupta, S. (Eds.). 2013. *Biotechnology of Neglected and Underutilized Crops*. doi:10.1007/978-94-007-5500-0
- James, B., Atcha-Ahowé, C., Godonou, I., Baimey, H., Goergen, H., Sikirou, R., Toko, M. 2010. Integrated pest management in vegetable production: A guide for extension workers in West Africa. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.
- Likpè, D.D., Adjogboto, A., Akponikpè, P.B.I., Djènonatin, A.J., Baco, M.N., Sossa-Vihotogbé, C.N.A., & Agbossou K.E. 2019. Water use efficiency of local amaranth as affected by timing and application methods of fertilizer microdosing. *Acta Hort.* 1238 : 45–54. doi:10.17660/actahortic.2019.1238.6
- Morlon, P., & Sigaut, F. 2010. Signification des rendements. Les mots de l'agronomie. [https://lorexplor.istex.fr/motsagronomie.fr/index.php/Signification\\_des\\_rendements%20consulté%20le%2025/05/2018](https://lorexplor.istex.fr/motsagronomie.fr/index.php/Signification_des_rendements%20consulté%20le%2025/05/2018)
- Oluoch, M.O., G.N. Pichop, D., & Silué, M.O. Abukutsa-Onyango, M. Diouf, and C.M. Shackleton. 2009. Production and harvesting systems for African indigenous vegetables, pp. 145-176. In: C.M. Shackleton, M.W. Pasquini, and A.W. Drescher (eds.). *African indigenous vegetables in urban agriculture*. Earthscan, London, UK.
- Quemada, M., & Gabriel, J.L. 2016. Approaches for increasing nitrogen and water use efficiency simultaneously. *Glob. Food Sec.*, 9: 29–35. doi:10.1016/j.gfs.2016.05.004
- Sanchez, P.A. 2002. Ecology: Soil Fertility and Hunger in Africa. *Science*, 295 (5562) : 2019–2020. doi:10.1126/science.1065256.
- Sangare, S.K., Compaore, E., Buerkert, A., Vancloster, M., Sedogo, M.P. & Biielders, C.L. 2012. Field-scale analysis of water and nutrient use efficiency for vegetable production in a West African urban agricultural system. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 92: 207–224. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-012-9484-2>.
- Schippers, R.R. 2002. *African Indigenous Vegetables, An Overview of the Cultivated Species 2002* Revised version on CD-ROM. Natural Resources International Limited, Aylesford, UK.

Page laissée intentionnellement vide



## Quelles bonnes pratiques pour une Agriculture Intelligente face au Climat (AIC) en production maraîchère en Afrique de l'Ouest ?

G. Esaïe KPADONOU<sup>1,2,3\*</sup>, P.B. Irénikatche AKPONIKPÈ<sup>1,2</sup>, Jean ADANGUIDI<sup>4</sup>, Robert B. ZOUGMORE<sup>5</sup>, André ADJOBOTO<sup>1,2</sup>, D. Didier LIKPETE<sup>1,2</sup>, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE<sup>6</sup>, André Jonas DJENONTIN<sup>1,2</sup>, Mohamed Nasser BACO<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab); Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), 03 BP 351 Parakou, Bénin

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

<sup>3</sup> Department of Soil Science, School of Agriculture, University of Ghana, Legon, P.O.Box, LG 245

<sup>4</sup> Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Cotonou, Bénin. BP 1369, Cotonou

<sup>5</sup> CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), BP 320 Bamako, Mali

<sup>6</sup> Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires (DNSAA), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

<sup>7</sup> Laboratoire Environnement & Société, Département d'Economie et Sociologie Rurales (ESR), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

### What best practices of Climate Smart Agriculture (CSA) for vegetable crops production in West Africa?

**Abstract:** The requirements for a quality and sufficient market gardening production are far from being achieved. This problem has been exacerbated by climate change, while the demand for vegetables increases in proportion to the population growth and to the high rate of urbanization. Alternative practices are proposed by Climate Smart Agriculture (CSA) that basically promotes a trade-off between improvement of crop productivity, climate change adaptation and mitigation. How could this approach contribute to positively impact the market gardening sub-sector and vegetable production in particular? Therefore, this paper in a first phase identified and described potential practices from literature and in a second one analysed their performances. The first phase had three steps: (1) the review of the fundamentals of the CSA concept in regard to market gardening production, (2) identification and description of potential practices and technologies based on literature and (3) a qualitative comparative analysis of their potentialities vis-a-vis CSA criteria to identify recommendable practices. The second phase analysed quantitatively the performances of the recommendable practices using the Evidence of Resilient Agriculture (ERA), a meta-dataset online platform with Amaranthus, Lettuce/Cabbage and Tomato as test crops. This provides a comprehensive overview of the adequacy of these practices with CSA requirements. Thus, laying the foundation for scaling up the CSA concept in vegetable crops production with the reorientation and improvement of good practices against climate change. Practices and technologies recommended for a CSA, are those related to the use of improved crops varieties, groundwater mobilisation through on-farm water pits creation where water table is shallow and surface water unavailable, drip irrigation and use of mulching, optimal organic fertilizers application and rationale chemical application (like microdosing), and finally the use of processing and conservation techniques that demand less energy and promote renewable energy like solar driers. The results from the ERA analysis revealed an average change of 69.5% for Amaranthus, 53.3% for Lettuce/Cabbage and 36.4% for Tomato by applying those practices together. Thus, the combination of these practices and technologies in one package as CSA technologies could be favourable for CSA scaling up in vegetable crops production system in West-Africa.

**Keywords:** Climate change, leafy vegetables, climate smart agriculture, urban agriculture.

**Résumé :** Les exigences d'une production maraîchère en quantité et en qualité sont loin d'être atteintes surtout en conditions de changements climatiques. Pendant ce temps, la demande en produits maraîchers augmente proportionnellement à la croissance démographique et au fort taux d'urbanisation en Afrique de l'Ouest. L'Agriculture Intelligente face au Climat (AIC) propose des alternatives basées sur la recherche de compromis entre amélioration de la productivité, l'adaptation et la mitigation des changements climatiques. Comment cette approche pourrait-elle contribuer à impacter positivement le sous-secteur maraîchage et la production des légumes feuille en particulier? Pour y répondre, cet article a utilisé une méthodologie basée sur deux phases : (i) Identification et description des pratiques potentielles et (ii) analyse de performance des pratiques recommandables. La phase 1 revient en un premier temps sur les fondamentaux du concept AIC en lien avec la production maraîchère en Afrique de l'Ouest. En un deuxième temps, les pratiques potentiellement AIC dans le sous-secteur maraîchage ont été répertoriées et décrites à partir de la littérature existante. Ces pratiques ont été ensuite catégorisées et en un troisième temps soumises à une analyse qualitative comparée de leur performances potentielles vis-à-vis des principes et critères de l'AIC. La phase 2 s'est consacrée à l'analyse des performances des pratiques recommandables identifiées en phase 1 en utilisant la plateforme d'analyse de performances en ligne "Evidence for Resilient Agriculture (ERA)" avec comme cultures test l'Amarante, la Laitue/le Choux et la Tomate. Ceci permet d'avoir un aperçu global de l'adéquation de ces pratiques avec le concept AIC jetant ainsi les bases de la compréhension et de la mise à échelle du concept dans ce sous-secteur. Les pratiques candidates à une AIC sont celles relatives à l'utilisation des variétés améliorées, à la mobilisation de l'eau souterraine par la création des "puits maraîchers" en nappe peu profonde et en absence de l'eau de surface, à la distribution localisée de l'eau d'irrigation, à l'application des techniques de paillage du sol, à l'utilisation optimale de fertilisant organique (compost, biochar, etc.) et l'utilisation raisonnée des produits chimiques (microdose d'engrais chimique, gestion raisonnée des nuisibles, etc.), à l'utilisation des techniques de conservation et de transformation nécessitant peu d'énergie et valorisant les énergies renouvelables comme les séchoirs solaires. Les performances productives et de résilience issues de l'analyse sous ERA avec l'ensemble des pratiques ont été satisfaisantes avec une moyenne générale de changement de situation de 69,5% pour l'Amarante, 53,3% pour la Laitue/Choux et 36,4% pour la Tomate. Ainsi, la combinaison de ces pratiques et technologies en un seul paquet technologique AIC favoriserait une mise à échelle efficace et efficiente du concept dans le sous-secteur maraîchage en Afrique de l'Ouest.

**Mots clés:** Changements climatiques, légumes feuilles, agriculture intelligente face au climat, agriculture urbaine.

## 1. Introduction

Les Changements Climatiques sont aujourd'hui une réalité ayant pour conséquences directes l'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses, les inondations et les tempêtes (UNFCCC, 2007; Akponikpè et *al.*, 2010; Bello et *al.*, 2016; Vissoh et *al.*, 2012). A cause des impacts négatifs causés par les changements climatiques sur l'agriculture et l'environnement, une attention particulière est souvent accordée pour l'étude et l'analyse de ce phénomène. Ainsi, les acteurs du développement rural et environnemental travaillent dans le sens d'amoinrir les effets néfastes des changements climatiques, d'améliorer la productivité agricole sans pour autant compromettre l'environnement et de prévenir ce phénomène pour le bien-être des générations futures. L'agriculture devrait alors continuer par nourrir la population sans cesse croissante dans un climat de

plus en plus changeant sans porter atteinte à l'environnement. Résoudre ce problème, fait appel à des actions efficaces et pluridimensionnelles à cause de la complexité du phénomène des changements climatiques. Ce besoin est plus pressant dans les pays en développement comme ceux de l'Afrique de l'Ouest, où l'agriculture, essentiellement de subsistance et pluviale, a fortement contribué à l'augmentation du niveau de vulnérabilité des populations. En effet, les impacts des changements climatiques sont beaucoup plus perçus par les petits producteurs dont les capacités adaptatives sont limitées principalement à cause des ressources financières également limitées (Yegbemey et *al.*, 2014). Tel que mentionné par Vodounon (2016) et Akponikpè (2010), les conséquences des changements climatiques comme perçues par les paysans peuvent être résumées en termes d'agressivité des pluies; d'arrêt précoce des pluies; de disparition des pluies accompagnées de grêle; d'augmentation de la fréquence d'avortement des pluies et des poches de sécheresse répétées; de la baisse de la pluviosité; du raccourcissement de la durée de la saison pluvieuse; du retard des pluies et de l'augmentation de la chaleur. Ces conséquences peuvent être résumées en une irrégularité et violence des pluies et une augmentation des températures et de poches de séche-

---

\* Auteur Correspondant : [e.kpadonou@yahoo.com](mailto:e.kpadonou@yahoo.com)  
Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin

resse, tous concourant à une diminution et indisponibilité des ressources en eau, la faible productivité des sols et à la perte de la productivité agricole. Ces impacts sont ressentis sur toutes les composantes de l'agriculture y compris la production maraîchère où la diminution de la disponibilité de l'eau et l'augmentation des températures influencent négativement la production surtout de contre saison des légumes. Malheureusement, ces impacts sont prévus pour s'aggraver dans le futur (Akponikpè et al., 2019, Zougmoré et al., 2016, Jalloh et al., 2013) ce qui fait appel à des actions urgentes et efficaces contre les changements climatiques.

L'agriculture urbaine et péri-urbaine est une source importante de revenu, de production et de fourniture des produits végétaux frais et riches en nutriments (légumes feuilles par exemple) aux populations vivant dans les villes. L'activité maraîchère a connue plus d'engouement grâce à la forte urbanisation des villes faisant suite à l'explosion démographique (Assogba-Komlan et al., 2007). Pratiquée sur toute la saison pluviale, cette activité devient plus intense en saison sèche et nécessite une maîtrise adéquate des ressources en eau. Cette nécessité s'est accrue suite à la baisse de la pluviométrie et l'augmentation de la température avec pour corollaire l'augmentation des besoins en eaux des cultures dû aux changements climatiques. En Afrique de l'Ouest, la prédominance de petites exploitations a augmenté cette vulnérabilité du sous-secteur maraîcher aux aléas climatiques (Langlais, 2009). De même, une augmentation des températures due aux changements climatiques favoriserait la croissance rapide des insectes (Gagnon, 2016) ce qui augmenterait la vulnérabilité de la production maraîchère surtout celle des légumes feuilles (LFs) déjà très sensibles aux insectes (James et al., 2010). En effet, les contraintes liées à la production des LFs sont principalement des problèmes (1) d'attaque des insectes, de maladies et des champignons, (2) d'accès aux crédits, aux terres et au marché, (3) de la pauvreté des sols, accès aux intrants et manque de maîtrise de l'eau (Ahouangninou, 2013). Par ailleurs, une autre conséquence des changements climatiques est l'augmentation du niveau de la mer engendrant l'érosion côtière avec un recul de la côte variant de 1 à 10 m par an en moyenne (Agbo, 2012). Cette dernière conséquence constitue une grande menace pour l'activité maraîchère pratiquée sur les côtes africaines et déjà sujette aux problèmes de salinités de l'eau d'irrigation et des sols (FIDA, 2015). Face à ces contraintes, les producteurs ainsi que les autres acteurs du développement rural appliquent et/ou vulgarisent des solutions d'adaptation. Mais la question reste encore de savoir quelles sont les pratiques et technologies utilisées dans la production maraîchère qui satisfont aux exigences et principes d'une AIC ? Ainsi, l'objectif de cet article est d'identifier et de documenter les pratiques et technologies de production maraîchère pertinentes pour une

AIC et pouvant être valorisées pour une production maraîchère durable en Afrique de l'Ouest.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Cadre théorique et analytique de l'étude

#### 2.1.1. Concept et principes d'Agriculture Intelligente face au Climat

Dans le contexte de variabilité et des changements climatiques, le secteur agricole devra être aussi dynamique dans ses stratégies d'adaptation. En d'autres termes l'agriculture devra être "intelligente" en vue de s'adapter à la non stabilité du climat. C'est face à cette situation, que l'approche d'Agriculture Intelligente face au Climat (AIC) a été développée et présentée pour la première fois par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) à la Conférence de La Haye sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et les changements climatiques en 2010. Elle a pour but de contribuer à la réalisation des objectifs d'agriculture durable face au climat en se basant sur trois principes : Productivité, Adaptation et Mitigation. Ainsi, ce concept semble répondre mieux aux contraintes liées à la production maraîchère et des LFs en particulier (FAO, 2010). L'approche de l'AIC contribue à guider les actions visant à transformer et à réorienter les systèmes agricoles en vue d'atteindre la sécurité alimentaire de manière plus efficace et plus durable dans le contexte des nouvelles réalités des changements climatiques (Lipper et al., 2014). Ainsi, elle présente un triple avantage du point de vue agriculture, environnement et changements climatiques (figure 1) et ses piliers ne sont pas en principe des éléments séparés mais plutôt complémentaires (figure 1). L'AIC, à travers ses trois piliers, recherche en effet un compromis entre sécurité alimentaire, adaptation et mitigation comme base pour la réorientation des politiques et actions contre les changements climatiques (Lipper et al., 2014). De ce fait, l'AIC intègre les trois dimensions du développement durable : économique, sociale et environnementale (FAO, 2010). Par conséquent, elle va au-delà des objectifs de révolution verte, d'agriculture de conservation, d'agroécologie, etc. (figure 2). Elle se différencie de l'intensification et de l'agriculture durable en intégrant la lutte contre les changements climatiques et en contribuant à la réduction et/ou élimination des Gaz à Effet de Serre (GES). Plus spécifiquement, l'AIC influence les options et décisions au niveau global, régional et national (figure 2). Elle s'intéresse donc aux problématiques d'élaboration et de mise en œuvre des politiques agricoles à divers niveaux (Zougmoré et al., 2015). L'autre aspect important qui différencie l'AIC des approches d'agroécologie et de l'agriculture de conservation est que la mise en œuvre des décisions et politiques de l'AIC devrait influencer positivement

les différents niveaux du système de production agricole tels que les structures paysagères, les systèmes

agro-écologiques ainsi que les pratiques au niveau paysan c'est-à-dire au plan local (figure 2).

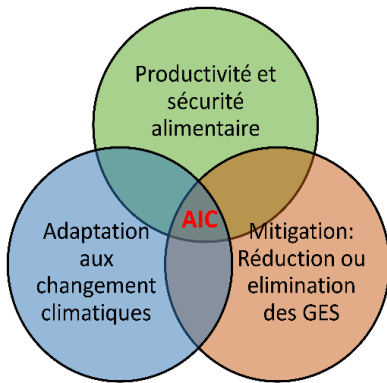


Figure 1 : Composantes de l'agriculture Intelligente face au climat (Inspirée de Deichert *et al.*, 2017)

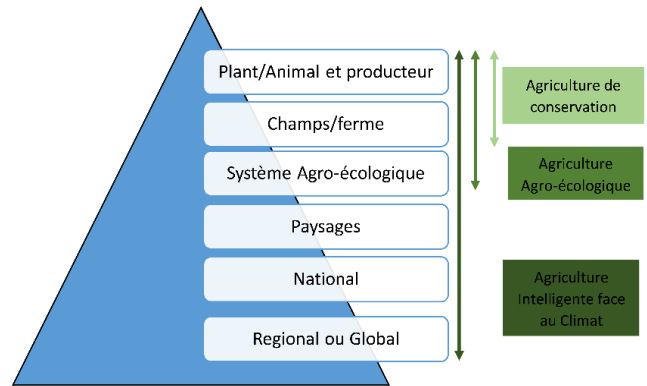


Figure 2 : Niveau d'influence de l'AIC dans le système de production agricole. (Adaptée de Saj *et al.*, 2017)

Partant de ces points, une pratique ou technologie quelle que soit son origine (paysanne et/ou initiée et promue par des projets de développement ou un produit de recherche scientifique) sera jugée "intelligente" face au climat si et seulement si celle-ci (1) donne une bonne productivité et contribue à l'atteinte de la sécurité alimentaire, (2) permet de s'adapter aux impacts négatifs des changements climatiques et (3) contribue à réduire ou éliminer les GES et/ou ne contribue pas du tout à l'émission de ces gaz (Lipper *et al.*, 2014). Dans ce contexte, chaque pilier dispose des spécificités concourant ensemble à un même objectif.

#### - Productivité

Une pratique AIC est jugée productive si celle-ci produit des rendements optimaux avec peu de ressources (FAO, 2013). Elle devrait aussi contribuer dans cet état à l'obtention de revenus soutenus de subsistance et/ou commerciaux aux producteurs et à l'atteinte de la sécurité alimentaire et l'épanouissement du producteur. Ceci implique alors l'obtention non seulement de rendements optimaux mais aussi des produits de qualité ayant de bonnes valeurs nutritionnelles (FAO, 2013). Il est aussi inclus dans ce pilier, les capacités de cette pratique à réduire ou à ne pas engendrer des pertes post-récolte et faciliter la mise au marché des produits (FAO, 2013). Les critères et indicateurs d'évaluation associés à la productivité sont les capacités de la technique à : (i) augmenter le rendement et la productivité, (ii) augmenter la disponibilité et l'accessibilité des aliments et (iii) diminuer les pertes post-récoltes, augmenter les revenus et améliorer les conditions de vie des paysans (Quinney *et al.* 2016 et Ouedraogo *et al.*, 2019).

#### - Adaptation

Ce pilier tient compte des capacités d'une pratique à résister aux chocs, rester insensible et/ou résister à un ou plusieurs effets/manifestations négatifs des changements climatiques (FAO, 2013). Ceci permet aux producteurs de continuer à produire efficacement en condition de changements climatiques en utilisant cette pratique sans éprouver aucune difficulté majeure : on parle des capacités adaptatives de cette pratique. Ce pilier couvre aussi bien les pratiques et options d'adaptation au niveau paysan, qu'au niveau national ou régional : d'où l'importance de la prise en compte de l'AIC dans les politiques agricoles (FAO, 2010). Les critères et indicateurs d'évaluation associés à l'adaptation sont les capacités de la technique à (i) augmenter la disponibilité et l'accessibilité à l'eau, (ii) améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau, (iii) améliorer ou ne pas perturber la qualité de l'eau, (iv) augmenter les capacités de rétention de l'eau des sols, (v) améliorer la fertilité des sols, (vi) diminuer la dégradation des sols et contribuer à leur restauration, (vii) réduire les chances d'exposition aux chocs climatiques, (viii) favoriser une bonne gestion des risques climatiques, (ix) valoriser les connaissances locales (Quinney *et al.* 2016 et Ouedraogo *et al.*, 2019).

#### - Mitigation

Elle tient compte des capacités de la pratique ou de la technologie à émettre peu ou à ne pas du tout émettre les GES et/ou sa capacité de séquestration de ces GES. Les capacités de mitigation peuvent être en amont (lors de la fabrication du produit/technologie) et/ou en aval (lors de l'utilisation ou après utilisation de la pra-



tique/produits ou technologie) (FAO, 2013). Les critères et indicateurs d'évaluation associés à la mitigation sont les capacités de la technique à : (i) réduire les émissions des GES ou ne pas émettre les GES, (ii) contribuer à la séquestration des GES, (iii) utiliser les énergies renouvelables, (iv) avoir une bonne efficacité d'utilisation de l'énergie (Quinney et al. 2016 et Ouédraogo et al., 2019).

### 2.1.2. Enjeux de l'AIC et production des légumes feuilles

Les défis majeurs liés à la production maraîchère et des légumes feuille en particulier sont ceux relatifs à :

- la demande des produits qui excède largement l'offre (par exemple, selon Onibon et Ofio (2011) le Bénin présente une balance négative de 78167 tonnes de légumes feuilles traditionnels par an);
- de forts taux d'urbanisation et de fortes croissances démographiques (par exemple le taux d'urbanisation du Nigeria a augmenté de 40,82% en 2007 à 49,52% en 2017 et celui du Burkina-Faso de 23 à 28,74% pendant la même période (Statista, 2019);
- des impacts actuels et futurs des changements climatiques sur l'agriculture, l'Homme et l'environnement (UNFCCC, 2007 et Ahouangninou, 2013).

Pour relever ces défis, il s'avère impérieux de prendre en compte et de mettre en œuvre les principes de l'AIC. Toutefois, n'étant pas en réalité un concept tout nouveau, on peut constater la mise en œuvre de plusieurs actions et pratiques dans le domaine maraîcher qui déjà concourent individuellement à l'amélioration de la productivité et autant que possible aux conditions d'adaptation aux changements climatiques (Ahouangninou, 2013) sans pour autant directement tenir compte de l'aspect de la mitigation (Yo et al. 2017). En effet, les maraîchers utilisent différentes méthodes et pratiques pour sécuriser leur investissement en vue de satisfaire la demande surtout en conditions de variabilité climatique. Ainsi, de l'utilisation abusive des produits chimiques (fertilisants, pesticides, etc.) (Assogba-Komlan et al., 2007), à l'utilisation non optimales des fertilisants organiques (bouse de vache, compost, litière, fiente de volaille, etc.) (Tovihoudji et al., 2015), passant par l'utilisation non contrôlée des eaux usées (Akponikpè et al., 2011) et autres produits prohibés (Ahouangninou, 2013), il est aujourd'hui difficile de certifier de la qualité des produits maraîchers en particulier des légumes feuilles vendus dans les marchés ainsi que les impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine. Dans une telle situation de défis multiple à relever, la mise en œuvre de l'AIC dans la production maraîchère et principalement dans la production des LF's permettra alors d'améliorer le niveau de production et d'atteindre les objectifs du développement durable (ODD) longtemps prônés dans ce sous-secteur. Il s'agira alors de corriger et/ou de réorienter les pratiques "peu durable" et de renforcer et améliorer

celles respectant les principes de l'AIC et de les intégrer dans les politiques agricoles.

## 2.2. Méthode d'évaluation des pratiques maraîchères en rapport aux principes d'AIC

Deux phases peuvent être distinguées dans la démarche méthodologique utilisée: (1) inventaire et description des pratiques potentiellement AIC et (2) analyse des performances d'intelligence des pratiques recommandables.

### 2.2.1. Phase 1 : Inventaire et description des pratiques potentiellement AIC

Cette phase a été inspirée de Corner-Dollof et al. (2015) qui propose une démarche de priorisation de l'AIC pour l'orientation des investissements dans le domaine agricole en contexte d'AIC. Les pratiques et technologies utilisées en maraîchage ont été identifiées à partir de la littérature existante. En vue de favoriser une analyse plus fine, ces pratiques ont été catégorisées en de sous-groupe : (1) gestion du matériel végétal, (2) gestion des ressources en eaux, (3) gestion des terres et des nutriments (4) gestion des nuisibles et (5) les pratiques post-récoltes et de mise en marché. Chaque sous-groupe a été évalué en analysant chacune des pratiques associées en rapport à chacun des trois principes de l'AIC pris individuellement, deux à deux et dans leur ensemble suivant le cadre théorique et analytique développé plus haut. Cette analyse comparée s'est basée sur le niveau de satisfaction des pratiques répertoriées dans leur application à répondre aux exigences de l'AIC selon les critères/indicateurs d'analyse AIC élaborés par Quinney et al. (2016) et Ouédraogo et al. (2019) et énumérés dans la section 2.1.1. Par ailleurs, le niveau de satisfaction des pratiques aux critères et exigences de l'AIC est resté qualitatif dans cette phase en répondant soit par "Oui" marqué du signe "+" ou par "Non" marqué du signe "-" aux indicateurs/critères. Les pratiques et technologies potentiellement AIC sont donc celles ayant obtenues au moins un "Oui" pour au moins trois critères dans les trois piliers AIC simultanément se basant sur la définition de l'AIC énoncée par la FAO.

La figure 3 présente les trois différentes étapes de cette première phase: (i) Identification de pratiques potentielles, (ii) Analyse comparée des performances potentielles des pratiques aux principes AIC et (iii) Sélection de pratiques recommandables en AIC. Les pratiques les plus recommandables sont celles à l'intersection des trois piliers.

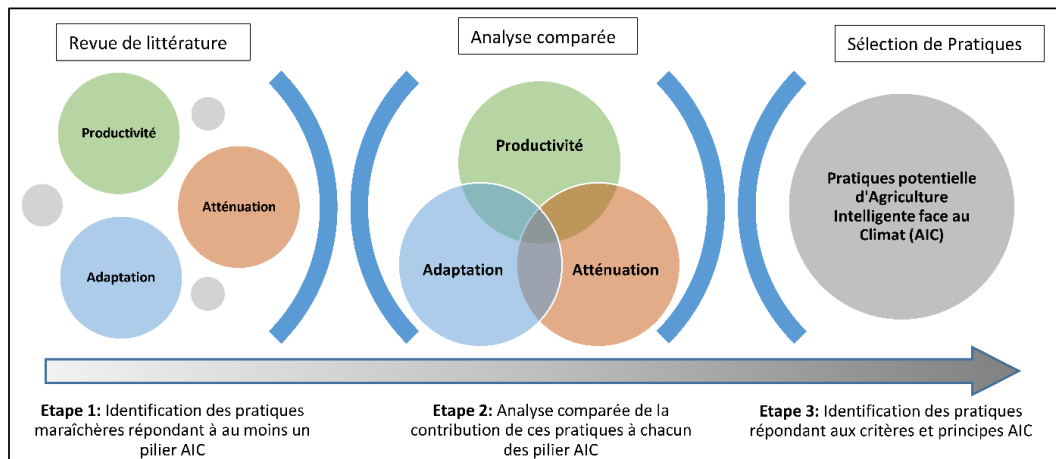


Figure 3 : Différentes étapes de la première phase de la méthodologie

### 2.2.2. Phase 2 : analyse des performances d'intelligence des pratiques recommandables

Les pratiques recommandables issues de la première phase sont soumises à une analyse de performances à travers la plateforme "Evidences for Reliant Agriculture (ERA)". L'ERA, précédemment appelé "Climate Smart Agriculture (CSA) Compendium" est une plateforme d'analyse en ligne des performances des pratiques et technologies AIC. Elle a été construite sur la base des principes d'analyse de méta données dans le domaine agricole (Ouedraogo, 2019) et par conséquent constitue le résultat d'une revue systématique de littérature évaluée par les pairs sur les preuves de la performance des technologies agricoles (Rosenstock et al., 2015). Elle couvre 150 000 articles scientifiques issus des pays en développement dont 49 000 en Afrique avec plus de 75 000 points de données décrivant les impacts de plus de 100 technologies agricoles sur plus de 50 indicateurs de productivité, de résilience et d'atténuation (Ouedraogo, 2019). La dernière version de ERA lancée en Octobre 2019, calcul le taux de réponse de changement de situation en pourcentage (%) comme le log ratio de l'effet moyen du traitement (pratique améliorée ou AIC) par rapport à l'effet moyen de la pratique du contrôle (pratique non AIC) (Ouedraogo, 2019).

Les résultats d'analyse ERA sont fonction des cultures et des trois piliers de l'AIC. Ainsi, les pratiques AIC recommandables ont été analysées avec comme culture test, les cultures maraîchères de grande importance: un légume feuille traditionnel (local), Amarante

(*Amarantus cruentus*), un légume feuille ordinaire, la laitue (*Lactuca sativa*) ou le Choux (*Brassica, orelacea*) en absence de données sur la laitue et un légume fruit, la Tomate (*Solanum lycopersicum*). Il est à signaler que toutes les pratiques recommandables identifiées en phase 1 ne sont pas sous l'ERA, par conséquent seules les pratiques de variété améliorée, d'irrigation (quel que soit le type), de paillage du sol, d'apport d'engrais organique et inorganique ont été évaluées. De même, existent-ils des données manquantes pour le pilier mitigation et quelque fois pour les autres piliers selon les cultures considérées. Dans ces deux derniers cas, les analyses ont été faites telles qu'elles.

## 3. Résultats

### 3.1. Identification et description des pratiques potentiellement AIC

La figure 4 présente les différentes pratiques potentielles selon leur groupe avec des différents scénarii de combinaison d'axes plausible de promotion qui représentent ici les piliers AIC (capacités productives, capacités adaptatives et potentiel d'atténuation) pris individuellement, deux à deux et dans leur ensemble. Le scénario gagnant-gagnant est donc celui que présente l'AIC à l'intersection des trois piliers. Partant de cette vue d'ensemble, ces pratiques sont décrites chacune dans les sous-sections ci-dessous.

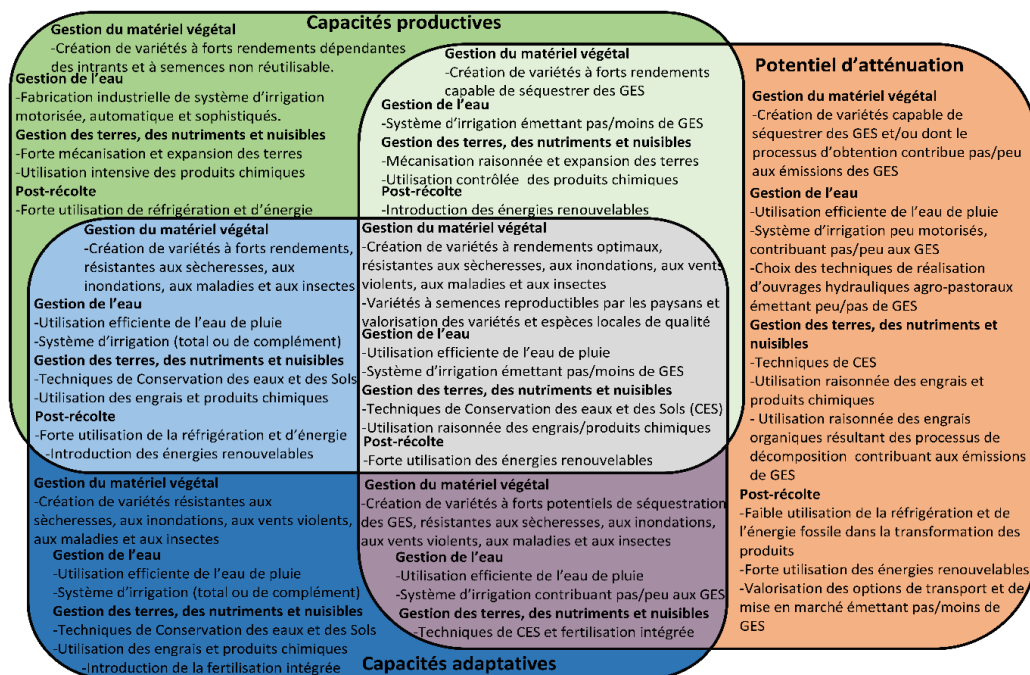


Figure 4 : Potentielle contribution des différentes pratiques de production des cultures maraîchères à chaque pilier et combinaison de pilier AIC (inspiré de Vermeulen et al., 2012).

### 3.1.1. Pratiques liées à la gestion du matériel végétal

Sélectionnées avec un score de 7/17 (Tableau 1), ces pratiques couvrent principalement les actions orientées vers le croisement, la sélection variétale et la création de nouvelles variétés. En conditions d'AIC, ces actions devraient valoriser autant que possible les variétés locales en vue de conserver la diversité génétique et maintenir la biodiversité. Les variétés créées ou améliorées peuvent être soit des variétés donnant de meilleurs rendements, résistante à la sécheresse, aux herbes indésirables, aux inondations, aux vents violents, aux maladies, aux insectes, aux nématodes, aux champignons ou autres et/ou la combinaison de ces aspects. Ainsi, elles permettent de s'adapter aux changements climatiques et leur processus de production n'engendrerait pas de GES. Toutes fois, les risques de perte de diversité génétique y afférentes devraient être pris en compte.

### 3.1.2. Pratiques de gestion de l'eau

Ces pratiques et technologies ont été classées en celles relatives à la source d'eau (mobilisation et disponibilité de la ressource), de son état, de la manière dont elle est utilisée et distribuée au niveau de la parcelle cultivée ainsi que les possibilités de recyclage de la ressource.

- **Pratiques se rapportant aux stratégies de mobilisation de la ressource en eau**

Les systèmes de production maraîchère peuvent être regroupés en deux types: le type pluvial et le type de contre saison. En culture pluviale, les plants peuvent être purement arrosés par la pluie (production entièrement soumise au contrôle du climat) ou dans de rare cas bénéficiés d'une irrigation de complément : arrosage artificiel des cultures lorsque la quantité de pluie manque ou est insuffisante. En irrigation de complément et en culture de contre saison, les stratégies de mobilisation de l'eau ou les sources d'eau peuvent être catégorisées en trois: les eaux souterraines, les eaux de surface et les sources d'eau mixtes (souterraine et de surface) (Akponikpè et al., 2017).

- **Mobilisation des eaux souterraines**

Les stratégies de mobilisation de l'eau souterraine utilisées en maraîchage sont les forages et les puits dits maraîchers.

(a) les forages : ils peuvent être manuels ou profonds (motorisés), artésiens ou non artésiens. Les forages manuels, communément appelés "puits tubé" s'observent en zone de nappe peu profonde (inférieure à 20 m). Il s'agit des zones de formations sédimentaires non ou peu consolidées. On les retrouve souvent dans les cordons littéraux, les zones alluviales et argilo-sableuses.

D'une manière générale, la productivité des forages est souvent caractéristique de la formation géologique sur laquelle cette dernière a été mise en place (Akponikpè et al. 2017). Cependant, du fait que la réalisation n'est pas motorisée et l'exploitation pas besoin de grande motorisation (moto pompe simple), elle ne nécessite pas de grands investissements contrairement aux forages motorisés (supérieurs à 20m) qui nécessitent de forte pression pour l'exhaure de l'eau. De ce fait, la réalisation de ce type d'ouvrage ne contribue pas à l'émission des GES. Les contributions aux émissions de GES ne s'observent qu'à l'exploitation avec l'utilisation de moto-pompe faisant appel à l'utilisation de l'énergie fossile. Du point de vue adaptation, cette pratique permet de suppléer à la rareté de l'eau de surface qui devient beaucoup plus cruciale en saison sèche. Les forages artésiens quant à eux sont dit jaillissants lorsque le niveau piézométrique se situe au-dessus de la surface du sol permettant à l'eau de jaillir naturellement sous pression (Figure 5a) (Déguénonvo, 2014). Ces types de forages devraient être aménagés en vue d'exploiter la pression naturelle de l'eau pour la distribution de l'eau au niveau des parcelles de production et éviter le gaspillage de l'eau comme le cas actuellement le long de

la dépression de la Lama au Bénin. De ce fait, leur utilisation n'engendrerait pas d'émission de GES. Toutefois, il est à noter de contribution aux émissions des GES lors de la réalisation motorisée des forages. Les forages manuels paraissent être plus en adéquation aux exigences de l'AIC que ceux motorisés avec un score de 11/17 contre 7/17 (Tableau 1).

(b) Les puits maraîchers : ils peuvent être des surcreusements simples de terre (figure 5b), des puits ordinaires (figure 5c) ou des puits à grands diamètre utilisés pour l'irrigation des cultures maraîchères. Les surcreusements et les puits ordinaires contribuent à l'adaptation de manque d'eau de courte durée car sont pour la plupart productif sur une à deux saisons lorsque l'évaporation en surface libre de l'eau n'est pas trop forte. Pour augmenter leur durée d'exploitation, des stratégies comme par exemple la couverture des puits est souvent utilisée. La construction des puits peut engendrer d'émission de GES principalement à cause de l'utilisation du ciment provenant du secteur industriel. Les surcreusements manuels quant à eux n'engendrent pas de GES. Ils seraient ainsi plus proche des principes AIC (Tableau 1).



Figure 5a: Forage artésien non aménagé à Houeganmey (Dogbo, Bénin). Source : Déguénonvo, 2014



Figure 5b: Surcreusement pour l'irrigation occasionnelle (Foumbea, Bénin). Cliché : Kpadonou, 2017



Figure 5c: Puits maraîcher pour irrigation (Djougou, Bénin). Cliché : Kpadonou, 2017

#### - Mobilisation des eaux de surface et des sources d'eau mixte

Les eaux de surface provenant des lacs, lagunes, rivières, etc. sont aussi des opportunités en termes de source d'eau utilisées dans le maraîchage et la production des légumes feuilles. Les sources d'eau mixtes (eaux de surfaces et eaux souterraines) quant à elles concernent l'exploitation des basfonds. L'exploitation des basfonds constitue l'une des principales stratégies d'adaptation aux changements climatiques utilisées dans les pays en développement (Vissoh et al., 2012). En effet, les basfonds sont des écosystèmes de basse altitude vers où les eaux de ruissèlement (eaux de surface) s'écoulent. La nature peu profonde de la nappe dans ces milieux favorise la remontée capillaire (de l'eau souter-

raîne) qui maintient l'eau dans le sol pour de longue période prolongeant ainsi la saison humide. La fertilité des sols de ces zones constituerait l'une des meilleures raisons de leur exploitation pour l'adaptation aux changements climatiques. Cet état de fertilité est dû au phénomène d'alluvionnage suite auquel les éléments fertilisants sont apportés dans le milieu ainsi que du limon augmentant la surface réactionnelle du sol et par ricochet améliorant la Capacité d'Echange Cationique (CEC) du sol. La disponibilité permanente de l'eau et la bonne fertilité des sols de ces milieux sont de bons facteurs garantissant une bonne productivité (Tableau 1). Par ailleurs, l'utilisation de certaines sources d'eau alternatives comme les eaux usées pour l'irrigation en maraîchage est aussi observées dans les villes en

Afrique de l'Ouest. Ces eaux disposent de forts pouvoirs fertilisants et contribuent à une amélioration de la productivité (Akponikpè et *al.*, 2011). Cependant, la plupart de ces eaux ne sont pas traitées avant utilisation. Ainsi, elles constituent de potentielle source de contamination des LF's en métaux lourds, virus et bactéries affectant de façons directe l'organisme humain (Akponikpè et *al.*, 2011). Quand bien même qu'elles sont de ressource potentielle d'adaptation au manque d'eau et aux manifestations des changements climatiques, la mauvaise gestion de ces eaux engendrerait l'eutrophisation des plans d'eau et des émissions de GES. En comparaison à l'exploitation des basfonds (avec un score de 11/17), les risques de contamination et d'eutrophisation sont autant d'éléments ayant réduire le score AIC de l'exploitation des eaux usées de 11/17 à 10/17 (Tableau 1).

### 3.1.3. Pratiques et stratégies de distribution et de gestion de l'eau à la parcelle

Les pratiques et technologies de distribution et de gestion de l'eau à la parcelle en maraîchage peuvent être catégorisées en irrigation de surface et en irrigation sous-pression. L'irrigation de surface inclut celle traditionnelle pour laquelle l'eau est prélevée directement de la source avec des arrosoirs ou avec des seaux et transportée au niveau des parcelles. Les difficultés liées à ce type d'irrigation (effort physique et perte d'eau lors du transport) ont amenées certains maraîchers à partiellement motoriser cette pratique : utilisation de moto-pompe, de conduite d'arrosage et de la pomme d'arrosage. Cependant, ces pratiques restent peu productives en matière de bonne gestion et de maîtrise de l'eau (Tableau 1) quand bien même qu'elles constituent de très bon potentiel d'adaptation contre les changements cli-

matiques. L'irrigation sous-pression quant à elle dispose de plusieurs variantes. En fonction des distributeurs, on peut distinguer : l'irrigation par aspersion, l'irrigation goutte à goutte ou localisée, etc. Cette dernière (l'irrigation localisée) donne une bonne productivité en matière de gestion de l'eau et contribue fortement à l'adaptation à la rareté et à la diminution des ressources en eaux que l'irrigation par aspersion (Tableau 1). Elle permet des apports d'eau de précisions orientés dans le sol et non sur le feuillage des cultures permettant ainsi de s'adapter aux fortes évapotranspirations dues à l'élévation de température et la lutte contre les maladies cryptogamiques (exemple de la tomate). Mieux, l'irrigation localisée nécessite de basse pression comparée à l'irrigation par aspersion ce qui fait que son utilisation n'engendre pas de fortes émissions de GES (Tableau 1). Cependant, la fabrication des matériels d'irrigation (asperseurs, goutteur, rampe, etc.) engendrerait en amont des émissions de GES car résultant des processus industriels. De ce fait, et à cause des coûts d'achat élevés de ces matériels, plusieurs producteurs et centres de recherche ont contribué à la valorisation de matériels locaux. Par exemple l'utilisation de bouteilles plastiques perforées (figure 6a) au Bénin. Des études comparées de cette innovation locale face aux asperseurs usuels ont montrées de résultats satisfaisants (Assouan, 2014). On peut aussi citer les techniques innovatrices d'irrigation à moindre coût au Benin: l'irrigation par capillarité (figure 6b) (Kpadonou, 2013) ; l'irrigation goutte à goutte ou localisée à l'aide des perfuseurs médicaux récupérés (figure 6c) (Adjogboto, 2013). A l'analyse, l'irrigation localisée satisfait mieux aux exigences de l'AIC avec un score de 9/17 contre 6/17 pour l'irrigation par aspersion (Tableau 1).



Figure 6a : Irrigation par aspersion à l'aide de matériels recyclés. Cliché : Akponikpè (2013)



Figure 6b : Système d'Irrigation par capillarité. Cliché : Akponikpè (2013)



Figure 6c : Micro-irrigation à l'aide de perfuseur recyclés. Cliché : Akponikpè (2013)

### 3.1.4. Pratiques d'amélioration de l'humidité du sol

La valorisation de chaque goutte d'eau en production maraîchère est l'un des éléments d'appréciation de la performance du système de production. Une fois l'eau d'irrigation appliquée, il existe des stratégies de main-

tien de cette eau sur la parcelle pour une durée relativement longue afin de permettre à la plante d'en profiter plus longtemps. Ces pratiques se basent sur le principe de diminution de l'évaporation directe de l'eau du sol et le forçage de l'infiltration à faible vitesse. Ainsi, ces pratiques pour la plupart se résument à une couverture

du sol comme le cas du paillage en maraîchage. Différents matériels de paillage sont alors utilisés: les pailles, les résidus de récolte, les bois-raméaux fragmentés (BRF), les sachets plastic, etc. L'utilisation de la bouse de vache et d'autres produits organiques incorporés contribue aussi à l'amélioration de l'humidité du sol (Kpadonou et al., 2019 et Likpete et al., 2019). D'une manière générale, ces pratiques contribueraient efficacement à l'amélioration de la productivité et à l'adaptation contre les poches de sécheresse avec des émissions de GES relativement faible (Tableau 1). Avec un score AIC de 12/17, les pratiques de paillage du sol jouent presque les mêmes rôles en saison sèche que les labours améliorés (avec un score de 10/17) en production pluviale (Tableau 1).

### 3.1.5. Pratiques de gestion des nutriments

Les fertilisants constituent un facteur important de production. En 2012 par exemple, les producteurs de par le monde ont utilisé 179 millions de tonnes métrique (Mt) de fertilisants pour 1,563 million d'hectare (Mha) soit environ 115kg de nutriments par hectare (FAOSTAT, 2012). On peut distinguer des fertilisants organiques et chimiques ainsi que des stratégies de gestion intégrée des nutriments.

- **Pratiques de gestion des fertilisants organiques**

Elles sont des pratiques faisant recours à toute source organique de matériels fertilisants : la litière, les déjections d'animaux provenant des centres d'élevage, de la matière verte incorporée, du compost, du biochar, etc. Dans le sous-secteur maraîchage la bouse de vache, les fientes de volaille et le compost sont les fertilisants organiques fréquemment utilisés (Tovihoudji et al., 2015). Le compost mettant assez de temps (5 à 12 mois) pour atteindre la maturité, de nouvelles techniques d'accélération de la préparation du compost sont utilisées. Par exemple l'utilisation des vers de terres (vermis-compostage), (étude de cas en Côte d'Ivoire par Hien et al., 2018); l'utilisation des larves d'insecte, (étude de cas des larves de la mouche soldat noir au Ghana (*Hermetia illucens*) (Akumah, 2018), l'utilisation des champignons et l'ajout du biochar lors du compostage. Ces fertilisants organiques se décomposent en humus qui améliore la structure du sol et augmente les capacités de rétention en eau des sols. De ce fait, ils participeraient à l'adaptation contre l'instabilité des pluies, de manque d'eau, résistance aux fortes températures et d'éventuelles augmentations de la demande évapo-transpiratoire des plantes. Ces matériels contiendraient aussi des éléments nutritifs qui contribuent au métabolisme de la plante. Le ratio C/N (Carbone-Azote) de ces matériaux est un élément capital d'évaluation de leur niveau de décomposition (maturité). Un faible et stable C/N confirme une bonne maturité. Cependant, l'obtention de ces matériaux fertilisant résulte des processus de fer-

mentation entérique, de décomposition et de minéralisation qui contribuent aux émissions des GES notamment le méthane (CH<sub>4</sub>). Leur utilisation pourrait générer des émissions de GES. Par exemple les travaux de Akpo (2017) au Bénin, ont montrés que les émissions de CO<sub>2</sub> diminueraient respectivement en fonction de la nature des sources de fertilisants utilisées suivantes : des déjections des petits ruminants, fientes de volailles, déjections des bœufs, aux engrais minéraux.

- **Pratiques de gestion des fertilisants chimiques**

Les fertilisants chimiques sont des produits de synthèse issus de l'industrie. Ils peuvent être composés majoritairement d'un seul élément nutritif (engrais simple) ou plusieurs éléments (engrais composé). Les engrais chimiques sont reconnus pour leur efficacité et la réponse rapide des plantes face à leur utilisation. Ils permettent donc d'améliorer significativement la productivité des cultures et concourent à l'adaptation contre l'infertilité des sols et favorisent la nutrition des plantes. Cependant, l'application de forte quantité de ces produits est nocive pour la plante elle-même, pour l'environnement et pour l'organisme humain (Kpadonou et al., 2019, Musa et al., 2010). Malheureusement, il est constaté de fortes doses d'application de ces produits dans le sous-secteur maraîchage et production de LFs. Par exemple, les travaux de Assogba-Komlan et al. (2007), ont montré que les maraîchers de Cotonou (Bénin) utilisent 5 à 6 fois les doses recommandées d'engrais chimiques pour la production des LFTs. Partant de ce constat, la technologie de microdosage des engrais chimiques a été promue en République du Bénin et en République Fédérale du Nigeria pour la production des LFTs par le projet MicroVeg (Adebooye et al., 2018). L'objectif de la fertilisation en microdose est d'optimiser l'utilisation des engrais organique et/ou minéral tout en améliorant la productivité et le niveau de vie des producteurs. Les doses et dates d'application en microdosage de ces engrais telles que recommandées suite aux travaux de recherche-développement dans le cadre de ce projet sont 40-60Kg/ha d'Azote (N) appliquée dans les dix premiers jours après repiquage après une fumure de fond à l'aide de la bouse de vache a 5t/ha (Adjogboto et al., 2019, Kpadonou et al., 2019 ; Likpete et al. 2019). L'autre technologie d'engrais chimie encore très peu utilisée en maraîchage est celle des engrais super-granulés initiée par le International Fertilizer Development Center (IFDC) (IFDC, 2011) et utilisée pour la production du riz au Bénin (Saidou et al., 2014), au Togo (Koudjega et al. 2019), au Burkina-Faso (Bandaogo et al., 2015), au Ghana (Azumah et Adzawla, 2017). Les engrais super-granulés sont des versions condensées des engrais granulés. Ils alternent la cinétique de l'azote et d'autres nutriments en les libérant beaucoup plus lentement dans le sol. En conséquence, ils sont plus compatibles aux processus métaboliques des plantes (Azeem et al., 2014). Quand bien

même que ces différentes technologies contribuent efficacement à l'augmentation de la productivité des plantes et à l'adaptation aux changements climatiques (Tableau 1), elles contribueraient aussi aux émissions des GES. En effet, le processus de fabrication de ces produits étant purement industriel, il en résulte de forte libération de GES en amont. La minéralisation de ces produits est aussi accompagnée des émissions des GES notamment le NO<sub>2</sub> et le CO<sub>2</sub>. Par conséquent, leur utilisation rationnelle et efficace comme le cas de la micro-serre serait l'option idéale en AIC.

- **Pratiques de gestion intégrées des fertilisants**

Cette catégorie regroupe toutes les pratiques utilisant les sources organiques et chimiques ainsi que les connaissances locales dans la production maraîchère. Il s'agit principalement de l'utilisation des engrais organiques, chimiques, des plantes fertilisantes, des pratiques culturales d'amélioration de la fertilité des sols et de la productivité des cultures. En culture maraîchère, les pratiques d'association culturale, de rotation des cultures et pratique de culture de bordure sont celles fréquemment utilisées. L'utilisation des espèces légumineuses fixatrices d'azote comme le haricot est par exemple l'une des meilleures pratiques d'amélioration de la fertilité des sols. On observe aussi la combinaison de ces pratiques contribuant à l'amélioration de la productivité des cultures. De telles combinaisons permettent la diversification des sources de fertilisant qui augmentent la productivité des sols et apparaît comme l'option de fertilisation plus proche des critères AIC. Toutefois, elles n'écartent pas la contribution aux émissions des GES.

### 3.1.6. Pratiques de gestion des nuisibles

Les nuisibles sont des espèces végétales ou animales entrant en concurrence alimentaire ou de l'espace avec les espèces cultivées et/ou affectant négativement leur métabolisme et leur croissance laissant ou non de dommage sur ces cultures. En maraîchage, les insectes, les nématodes, les champignons, les virus, les rongeurs, les herbes indésirables, etc. sont autant de nuisibles contre

lesquels les maraîchers essaient de défendre leurs cultures pour une meilleure production. Par exemple, les larves des insectes nuisibles se nourrissent beaucoup plus des feuilles fraîches et de tendre tige ce qui rend plus vulnérable les LFs (James et al., 2010). Les pratiques de lutte contre les nuisibles peuvent être mécanique, chimique, biologique ou intégrée.

- **Pratiques de gestion mécanique des nuisibles**

Ce sont celles qui consistent à identifier le nuisible et à le mettre physiquement hors d'état de nuire. Elles nécessitent plus d'attention pour l'inspection des cultures. De ce fait, elles sont difficiles à être utilisées sur de large superficie et surtout quand les nuisibles deviennent encore plus nombreux. Par conséquent, le recours à leur utilisation comme pratique d'adaptation contre la prolifération des insectes et autres nuisibles en conditions de changements climatiques semble ne pas être la meilleure option. Toutefois, dans le rang de ces pratiques de gestion mécanique, sont apparues les pratiques d'utilisation des filets anti-insectes (figure 7a) ou les cultures sous serre (figure 7b) et l'utilisation des phéromones (figure 8c) comme piège pour les insectes males (exemple de la phéromone attractive contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*). Ces innovations se sont avérées très efficaces contre les bio-agresseurs des cultures maraîchères tant en pépinière qu'en pleine production (Martin et al., 2014, Vidogbena et Simon, 2013, Karlsson et al. 2018). Notamment, elles permettent de lutter efficacement contre les principaux ravageurs des cultures comme *Plutella xylostella*, *Hellula undalis*, *Tuta absoluta* et bien d'autres. Cependant, certains ravageurs comme les pucerons arrivent à passer à travers les mailles des filets anti-insectes (Martin et al., 2014). Les phéromones quant à elles sont coûteuses et au-dessus de la bourse du paysan moyen. Toutefois, ces technologies constituent de solution efficace, écologique, respectable de l'environnement et ne contribuent aux émissions de GES qu'à leur fabrication car étant des produits de procédé industriel. Pour remédier à cela, la fabrication à l'aide des matériaux locaux serait une bonne alternative en AIC.



Figure 7a : Utilisation du filet anti-insectes sur le chou. Source : Vidogbena et Simon (2013)



Figure 7b : Production de légumes feuilles dans serre. Source : Sébastien Roy, CRAAQ. <https://www.agrireseau.net>



Figure 7c : Utilisation de trap contre le *Tuta absoluta*. Cliché : Kpadonou, 2019

- **Pratiques de gestion biologique des nuisibles**

Les biopesticides sont des produits composés à l'aide des extraits végétaux, d'organes d'animaux, d'animaux prédateurs, de bactéries, champignons et autres produits organiques. Par exemple, les extraits végétaux de neem (*Azadirachta indica*), de piment (*Capsicum spp*), de tabac (*Nicotiana tabacum*), d'ail (*Allium sativum*), de gingembre (*Zingiber officinale*), etc. mélangés à du savon sont des extraits couramment utilisés en maraîchage. La cendre s'est aussi montrée de grande utilité contre les nuisibles. Ces pratiques démontrent d'une bonne efficacité, sans grand impact sur l'environnement et ne contribuent pas aux émissions de GES. Des produits de synthèse organique concentrée de ces éléments existent sur le marché : exemple du *KINI* au Togo composé essentiellement d'Azadirachtine (Degracen, 2018), et de *BYPEL* au Ghana fait purement à base du virus *Pieris rapae* et de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Ngosong, 2017).

- **Pratiques de gestion chimique des nuisibles**

Elles consistent à faire recours à des produits de synthèse chimique fabriqués dans l'industrie pour la lutte contre les nuisibles. En fonction du type d'agresseur, on distingue les insecticides, les fongicides, raticides, les herbicides, etc. L'objectif étant de procéder à l'élimination radicale du ravageur avec pour objectif un rendement maximum. Cette technique a montré sa forte efficacité dans la lutte contre les nuisibles. Elle constitue donc une réponse efficace contre la prolifération accrue des insectes due à une élévation de température résultant des changements climatiques ainsi que des herbes indésirables. Cependant, leur utilisation constitue un risque pour le consommateur du fait de leur effet résiduel sur les produits de récoltes, et dans l'environnement (Musa et al., 2010). En effet, les substances chimiques actives contenues dans ces produits ne disparaissent pas totalement au niveau des tissus des produits maraîchers après application pendant que les produits maraîchers sont pour la plupart consommés frais ou bouillies. De ce fait, ces substances chimiques résiduelles peuvent être facilement ingurgitées par le consommateur. Ces risques d'intoxication alimentaire deviennent encore plus grands pour le maraîcher lui-même lors de la préparation et l'application de ces produits chimiques. Par ailleurs, ces produits constituent de très grands polluants pour l'environnement et une menace pour la biodiversité. L'autre inconvénient de ces produits chimiques est la résistance souvent développée par les nuisibles suite à de longue période d'application. Du point de vue mitigation, ces produits étant des résultats de procédés chimiques industriels, leur production contribue aux émissions des GES et à la dégradation de la nature.

### 3.1.7. Pratiques de valeur ajoutée

Les pratiques de valeur ajoutée ou encore de post-récolte concernent notamment la transformation, la conservation, la mise en valeur et mise en marché des produits de récoltes. Du fait de leur forte humidité, les produits maraîchers et les LFs en particulier, sont facilement périssables et seraient de ce fait sujettes à de grandes pertes post-récolte surtout en absence de techniques de conservation adéquates. Pour pallier à cela, les pratiques de pré-cuisson, congélation et de séchage sont utilisées (Hama-Ba et al. 2017). Ces pratiques favoriseraient la conservation de ces produits sur de longue durée et diminueraient les tâches liées à leur cuisson pour l'utilisateur au niveau des ménages. Pour certains LFs, comme le basilic africain (*Occimum gratissimum*), des jus naturels et de sirops ont été récemment développés par le projet MicroVeg (Adebooye et al., 2018) pour leur valorisation. En général, ces pratiques ajouteraient de la valeur aux LFs tout en contribuant à la création d'emploi. Elles démontreraient aussi d'une bonne productivité et permettraient de s'adapter efficacement aux manques de LFs en saison sèche, d'où leur importance dans l'AIC (Tableau 1). Cependant elles contribueraient relativement aux émissions de GES notamment lors de la cuisson, de la congélation et des processus de transformation faisant appel à l'utilisation d'énergie électrique ou fossile.

### 3.2. Analyse des performances des pratiques AIC recommandables

L'analyse ERA révèle de bonnes performances productives en utilisant les pratiques recommandables avec une moyenne de changement de situation pour toutes les pratiques de 84,4% pour l'Amarante, 96,6% pour la laitue/Choux et 40.1% pour la tomate (figure 8). Les performances de résilience sont cependant plus faible comparées à celles productives avec une moyenne de 54,6% pour l'Amarante, 9,9% pour la laitue/Choux et 32.7% pour la tomate (figure 9). Ceci serait dû aux difficultés liées à la quantification des aspects de résilience et de mitigation dans les publications utilisées sous ERA (Rosenstock et al., 2015). Pris de façon individuelle, la pratique "apport d'engrais organique" a montré les meilleures performances productives et de résilience que les autres.



Tableau 1 : Matrice d'analyse qualitative des performances des pratiques potentielles AIC

Pratiques		Indicateurs AIC		Productivité			Adaptation			Mitigation		Nombre de + obtenu (Valider comme pratiques AIC ?)
		Production	Revenu	Gestion des eaux	Gestion des sols	Gestion des risques climatiques	Emission/séquestration des GES	Gestion des énergies				
Gestion du matériel végétal	Amélioration variétale	++-	+	---	--	++-	+-	--	7/17 (OUI)			
Mobilisation de Ressource en eau	Forage motorisé	++-	+	---	--	++-	--	--	7/17 (OUI)			
	Forage manuel (puits tubés, puits maraicher)	++-	+	---	--	+++	+-	++	11/17 (OUI)			
	Exploitation des basfonds	++-	+	---	++	+++	+-	--	11/17 (OUI)			
	Exploitation des eaux de surface	++-	+	---	--	++-	+-	--	8/17 (OUI)			
Distribution et gestion de l'eau	Utilisation des eaux usées	++-	+	---	+-	+++	+-	--	10/17 (OUI)			
	Apport d'eau avec arrosoir	++-	+	---	--	---	+-	+-	8/17 (OUI)			
	Motopompe + pomme d'arrosage	++-	+	---	+-	---	--	--	6/17 (NON)			
	Irrigation par aspersion (sous-pression)	++-	+	---	+-	---	--	--	6/17 (NON)			
Amélioration de l'humidité du sol	Irrigation localisée	++-	+	---	+-	---	--	++	9/17 (OUI)			
	Labour amélioré	++-	+	++++	--	---	+-	--	10/17 (OUI)			
Gestion des nutriments	Paillage du sol	++-	+	++++	++	---	+-	--	12/17 (OUI)			
	Apport de fertilisants organique	++-	+	---	++	---	+-	--	10/17 (OUI)			
Gestion des nuisibles	Apport de fertilisants inorganique	++-	+	---	+-	---	+-	--	5/17 (OUI)			
	Gestion mécanique et biologique	++-	+	---	--	---	+-	--	6/17 (OUI)			
Valeur ajoutée	Gestion chimique	++-	+	---	--	---	+-	--	6/17 (OUI)			
	Pré-cuisson et congélation	-++	+	---	--	---	+-	--	6/17 (OUI)			
	Séchage et transformation	-++	+	---	--	---	+-	--	6/17 (OUI)			

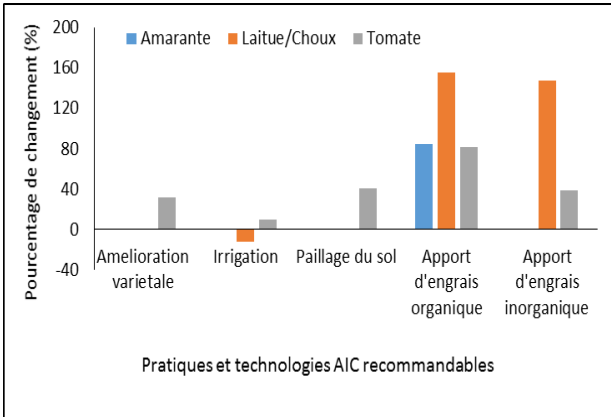


Figure 8 : Analyse ERA des performances productives des pratiques AIC

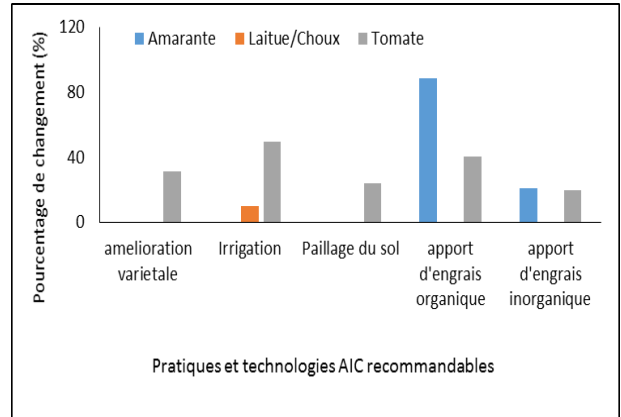


Figure 9 : Analyse ERA des performances de résilience des pratiques AIC

### 3.3. Besoins et mise à échelle de l'AIC dans le maraîchage en Afrique de l'Ouest

#### 3.3.1. Besoins d'évaluation des pratiques

Quand bien même qu'il n'existe pas de pratique agricole qui soit en elle-même "intelligente" face au climat (Williams *et al.*, 2015), les contributions des pratiques identifiées semblent être isolées et plus orientées vers la productivité et peu vers l'adaptation laissant à la traîne le volet mitigation. Cette même tendance a été montrée par Yo *et al.* (2017). Ainsi, un examen plus critique et quantitatif de ces pratiques est nécessaire et permettra de les réorienter dans la ligne directrice de l'AIC et de les intégrer dans les politiques de développement. Etant donné qu'une pratique dite AIC dans un milieu local donné peut ne pas l'être dans un autre, les besoins d'évaluation deviennent plus appréciables au niveau local. Les travaux scientifiques sont pour la plupart orientés vers l'évaluation quantitative de la productivité des pratiques pendant que des besoins d'évaluation quantitative du niveau d'adaptation et surtout la quantification des émissions des GES de ces pratiques se font plus ressentir en contexte AIC. Aussi, peu de travaux sont consacrés aux analyses coût/bénéfice de ces pratiques. Les analyses de productivité, de niveau de résilience, de quantification des GES et d'évaluation économique constituent alors de grands défis dans le domaine de recherche-développement en prélude à la mise à échelle effective de l'AIC dans ce sous-secteur.

#### 3.3.2. Mise à l'échelle des pratiques AIC dans la production maraîchère

L'agriculture intelligente face au climat reste jusqu'à présent un concept encore peu connu et non maîtrisé en Afrique de l'Ouest (Williams *et al.*, 2015). En effet, s'il est vrai que beaucoup d'acteurs opérant dans le secteur

maraîcher et LFs sont informés du concept, très peu ont pu réellement s'approprier de ce dernier. Ceci serait la raison fondamentale pour laquelle Partey *et al.* (2018) affirmaient qu'il y aurait de manque d'expertise et des lacunes en matière d'AIC en Afrique de l'Ouest. De ce fait, la mise à échelle des pratiques AIC et leur vulgarisation nécessitent encore beaucoup d'efforts (Yo *et al.*, 2017) surtout au niveau local où le concept reste encore à clarifier et vulgariser. Des exemples de réussite et de paquets technologiques améliorés d'AIC au niveau local ont alors besoin d'être développés et vulgarisés comme l'exemple proposé dans la présente étude. Toutefois, la prise en compte des pesanteurs sociales et traditionnelles au niveau local reste très importante dans ce processus de mise à échelle des pratiques AIC.

## 4. Conclusion

Des pratiques très diversifiées sont utilisées pour l'amélioration de la productivité et l'adaptation aux changements climatiques des cultures maraîchères et les LFs en particulier. La plupart des pratiques contribuent à une amélioration de la productivité, peu d'entre elles permettent une adaptation aux changements climatiques et très peu contribuent à diminuer ou directement supprimer l'émission des GES. Pour une production maraîchère durable, les pratiques et/ou technologies ayant satisfait aux critères AIC et ayant montré de bonnes performances ERA peuvent être promu ensemble sous forme de paquet technologique AIC en maraîchage en Afrique de l'Ouest. Il s'agit de : l'utilisation des variétés améliorées (de bon rendement et/ou résistantes aux effets des changements climatiques et contribuant à peu ou pas d'émission de GES), la mobilisation de l'eau souterraine par la création des "puits

marâchers'' en nappe peu profonde en absence de l'eau de surface, la distribution localisée de l'eau d'irrigation et le paillage du sol, l'utilisation optimale de fertilisant organique (compost, biochar, bouse de vache, etc.), l'utilisation raisonnée des produits chimiques (microdose d'engrais minérale, etc.), l'utilisation des techniques de conservation et de transformation nécessitant peu d'énergie et valorisant les énergies renouvelables comme les séchoirs solaires. Cependant les autres pratiques peuvent être améliorées et/ou réorientées vers les principes AIC pour leur valorisation selon les zones agro-écologiques dans lesquelles elles sont utilisées.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) du Canada sous le projet « Mise à échelle du microdosage de l'engrais et la production et l'utilisation des légumes traditionnels en Afrique de l'Ouest » (FCRSAI Phase 2, No 107983-005) et par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture sous le projet GCP/RAF/496/NOR « Soutenir la transition vers des systèmes alimentaires de l'agriculture intelligente face au climat ». Nous tenons donc à remercier le CRDI et la FAO pour leur appui financier nous remercions aussi très sincèrement les lecteurs/correcteurs anonymes qui ont efficacement contribué à l'amélioration de l'article.

## CONFLIT D'INTERET

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

## REFERENCES

- Adebooye, O. C., Akponikpè, P. B. I., Aluko, E. R., Oyedele, D. J., & Peak, D. J. 2018. CIFSRSF final technical report: Scaling up fertilizer micro-dosing and indigenous vegetable production and utilization in West Africa (CIFSRSF Phase 2).
- Adjogboto A. 2013. Conception, dimensionnement et performances techniques d'un système d'irrigation localisé à faible coût. Thèse d'Ingénieur agronome, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin.
- Adjogboto A., P.B.I. Akponikpè, A.J. Djenontin, M.N. Baco, Sossa-Vihotogbe C.N.A., D.D. Likpete & E.K. Agbossou. 2019. What application method will be appropriate in fertilizer microdosing of Traditional Leafy Vegetables West Africa? *Acta Hort.* 1238, 11-20. DOI:10.17660/ActaHortic.2019.1238.2; <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.2>.
- Agbo F. E. C. 2012. Contraintes environnementales et urbanisation dans la commune de Grand- Popo au Bénin. Mémoire de Maitrise en Géographie, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
- Ahouangninou C. A. C. 2013. Durabilité de la production maraîchère au Sud-Bénin: Un essai de l'approche Eco systémique. Thèse de Doctorat Unique, Ecole Doctorale pluridisciplinaire Espaces, Cultures et Développement, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 333p.
- Partey T. S., Zougmore B. R., Ouedraogo M. and Campbell M. B. 2018. Developing climate-smart agriculture to face climate variability in West Africa: Challenges and lessons learnt. *Journal of Cleaner Production* 187 (2018) 285e295.
- Hien V., Ehouman M., Touré M. et Tiho S. 2018. Effets du vermicompost à base de coques de cacao et de graminées sur quelques paramètres agronomiques de la tomate (*Solanum lycopersicum*), du concombre (*Cucumis sativus*) et chou (*Brassica oleracea*) à Yamoussoukro. *Journal of Applied Biosciences* 126: 12707-12716.
- Akpo A. S. 2017. Emission du dioxyde de carbone par les pratiques de gestion intégrée des nutriments sous culture maraîchère irriguée au Nord Bénin: Cas de l'amarante (*Amaranthus cruentus L.*). Mémoire de Master, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Benin.
- Akponikpè P.B. I., Ago E. E. & Kpadonou G. E. 2017. Etude des potentialités hydrologiques et hydrogéologiques pour l'irrigation de contre saison dans les Départements de l'Atacora et de la Donga. Rapport de consultation (version définitive). Etude commanditée par l'ONG PROTOS sous financement du Dutch sustainable water fund (FDW). 61p. DOI: [10.13140/RG.2.2.36394.36804](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36394.36804)
- Akponikpè P.B. I., Johnston P. & Agbossou E. K. 2010. Farmers' perception of climate change and adaptation strategies in Sub-Saharan West-Africa. Conference Paper, 2<sup>nd</sup> International Conference: Climate, Sustainability and Development in Semi-arid Regions ICID+18. August 16 - 20, 2010, Fortaleza - Ceará, Brazil.
- Akponikpè P.B.I., Tovihoudji P., Lokonon B., Kpadonou E., Amegnaglo J., Segnon A. C., Yegbemey R., Hounsou M., Wabi M., Totin E., Fandohan-Bonou A., Dossa E., Ahoyo N., Laourou D. et Aho N., 2019. Etude de Vulnérabilité aux changements climatiques du Secteur Agriculture au Bénin. Report produced under the project "Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne", Climate Analytics gGmbH, Berlin. Available on [www.climateanalytics.org/publications](http://www.climateanalytics.org/publications) or [https://www.researchgate.net/publication/337447880\\_Etude\\_de\\_Vulnerabilite\\_Sectorielle\\_face\\_aux\\_changements\\_climatiques\\_au\\_Benin\\_-\\_Secteur\\_Agriculture](https://www.researchgate.net/publication/337447880_Etude_de_Vulnerabilite_Sectorielle_face_aux_changements_climatiques_au_Benin_-_Secteur_Agriculture)
- Akponikpè, P. B. I., Wima, K., Yacouba, H., & Mermoud, A. 2011. Reuse of domestic wastewater treated in macrophyte ponds to irrigate tomato and

- eggplant in semi-arid West-Africa: Benefits and risks. *Agricultural water management*, 98(5), 834-840.
- Akumah A. M. 2018. Black Soldier fly larvae-mediated market waste-biochar compost: Production and efficacy. Ph.D Thesis, Department of Soil Science, University of Ghana.
- Assogba-Komlan F., Anihouvi P., Achigan E., Sikirou R., Boko A., Adje C., Ahle V., Vodouhe R. & Assa A. 2007. Pratiques culturales et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au sud du Bénin. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. Volume N°7 42007.
- Assouan M. 2014. Conception, dimensionnement et test d'un système d'irrigation à faible coût pour le maraîchage au Bénin. Mémoire de DEA, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire, Université de Parakou, Bénin. 118p.
- Azeem, B.K., Ku Zilati; Man, Zakaria B; Basit, Abdul & Thanh, Trinh H. 2014. Review on materials and methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Journal of Controlled Release*, 2014. 181: p. 11-21.
- Bandaogo, A., Bidjokazo, F., Youl, S., Safo, E., Abaidoo, R., and Andrews, P. 2015. Effect of fertilizer deep placement with urea super granule on nitrogen use efficiency of irrigated rice in Sourou Valley (Burkina Faso). *Nutr Cycl Agroecosyst* (2015) 102:79–89. DOI 10.1007/s10705-014-9653-6.
- Bello O. D., P.B. I. Akponikpè, E. L. Ahoton, A. Saidou, A.V. Ezin, Kpadonou G. E., I. Balogoun & N. Aho. 2016. Trend analysis of climate change and its impacts on cashew nut production (*Anacardium occidentale L.*) in Bénin. *Octa Journal of Environmental Research; Octa Journal of Environmental Research*, International Peer Reviewed Journal, ISSN 2321 3655 Oct. Jour. Env. Res. Vol. 4 (3): 181-197.
- Corner-Dolloff C., Andrew J., Ana Maria L., Miguel L., Andreea N., Nadine A., Fanny H., Cathy S., Jorge M., John G., Osana B., Todd R., Deissy M. B. & Evan H. G. 2015. Démarche de Priorisation de l'Agriculture Intelligente face au Climat (AIC). Palmira, Colombia. <https://hdl.handle.net/10568/68391>
- Degracen. 2018. Entrepreneur d'Afrique. <https://entrepreneurafrique.com/author/degracen/>. Site web consulté le 01 Juillet 2019.
- Deguenonvo M. C. 2014. Aménagement des têtes de forages artésiens dans les localités de Houeganmey et de Vokanmey dans la Commune de Dogbo et d'Ahokansa dans la commune de Lokossa (Bénin). Mémoire de Licence Professionnelle, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin. 58p.
- Deichert G., Ashenafi G. G., Blum L. & Kersting D. 2017. Climate Smart Agriculture (CSA): A Manual for Implementing the Sustainable Land Management Program (SLMP), Part 1: General Concept and Operational Approach. GIZ, Addis-Ababa, Ethiopia, 2017. [https://wocatpedia.net/images/4/45/CSA\\_manual\\_16-01-2017.pdf](https://wocatpedia.net/images/4/45/CSA_manual_16-01-2017.pdf)
- FAOSTAT. 2012. Food and Agriculture of the United Nations Database. FAO, Rome Italy.
- FIDA. 2015. Projet d'appui au développement du maraîchage (PADMAR). Rapport de conception de projet - Version finale. <https://operations.ifad.org/documents/654016/59205833-97ba-415d-9728-9669ac62bed0>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. Pour une agriculture intelligente face au climat: Politiques, pratiques et financements en matière de sécurité alimentaire, d'atténuation et d'adaptation. Rapport technique, FAO, Rome, 55 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. Climate-Smart Agriculture Sourcebook, FAO, Rome, 570 p.
- Gagnon A. 2016. La gestion des ennemis des cultures dans un contexte de changements climatiques. Communication personnelle, Congrès 2016, Changements climatiques: Réflexions et actions agronomiques, 15-16 Septembre 2016.
- Hama-Ba F, Parkouda C., Kamba R., Tenkouano A. & Diawara B. 2017. Disponibilité, modes et fréquence de consommation des Légumes traditionnels africains dans quatre localités du Burkina-Faso a diverses activités de maraichage : Ouagadougou, koubri, loubila, kongoussi. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, Vol. 17, Number 1, March 2017. 10.18697/ajfand.77.15960
- IFDC, 2011. La technologie du Placement Profond de l'Urée peut contribuer de manière significative à la réalisation de l'autosuffisance en riz en Afrique de l'Ouest. Projet MIR Plus et l'Initiative PPU/SAADA. Fiche d'information, n°6. 4p
- Jalloh A, Nelson G. C., Thomas T. S., Zougmore R., Roy-Macauley H., editors 2013. West African agriculture and climate change. Washington: International Food Policy Research Institute.
- James, B., Atcha-Ahowé, C., Godonou, I., Baimey, H., Goergen, G., Sikirou, R., & Toko, M. 2010. Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. *Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria*. 120 p.
- Karlsson F. Miriam, Sikirou Rachidatou, Mama S. Sahadatou, Zannou A. Joseph & Goergen Georg. 2018. First report of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Republic of Benin. *BiolInvasions Records* (2018) Volume 7, Issue 4: 463–468. DOI: <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.4.19>
- Koudjega K., Ablede K. A., Lawson I., Abekoe M., Owusu-Bennoah E. & Tsatsu D. (2019): Reducing Ammonia Volatilization and Improving Nitrogen use Efficiency of Rice at Different Depths of Urea Supergranule Application, Communications in Soil Science and Plant Analysis, DOI:10.1080/00103624.2019.1594880
- Kpadonou G. E, Adjogboto A., Likpete D. D., Dassigli Z. P., Akponikpè P.B. I., & Djenontin A. J. 2019. Improving traditional leafy vegetables production

- through water use efficiency and fertilizer micro-dosing technology in Benin Republic. *Acta Hort.* 1238, 55-64. DOI:10.17660/ActaHortic.2019.1238.7 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.7>
- Kpadonou G. E. 2013. Etude diagnostique de la Ferme d'Application et de Recherche (FAR) de la FA-UP : conception et performances d'un système d'irrigation par capillarité : Application sur *Amaranthus cruentus* et *Moringa oleifera*. Mémoire de Licence Professionnelle en AGRN à la Faculté d'Agronomie, Université de Parakou.
- Langlais C. 2009. Expertise sur la recherche maraîchère au Bénin : Compte rendu de la Mission sur la recherche maraîchage au Bénin. 12-26 Décembre 2009 CIRAD, Département PERSYST-UR Hort-sys. 20p.
- Likpete D. D., A. Adjogboto, P.B.I. Akponikpè, A.J. Djenontin, M.N. Baco, C.N.A. Sossa-Vihotogbe & E.K. Agbossou. 2019. Water use efficiency of local amaranth as affected by timing and application methods of fertilizer micro-dosing. *Acta horticulturae*. *Acta Hort.*1238,45-54. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1238.6 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.6>
- Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B., M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., Caron, P., Cattaneo, A., Garrity, D., Henry, K., Hottle, R., Louise, J., Jarvis, A., Kossam, F., Mann, W., McCarthy, N., Meybeck, A., Neufeldt, H., Remington, T., Sen, P., T., Sessa, R., Shula, R., Tibu, A., & Torquebiau, E., F. 2014. «Climate-smart agriculture for food security», *Nature Climate Change* (4): 1068–1072, doi: 10.1038/nclimate2437. Published online 26 November 2014.
- Martin T., M. S., F-A. Komlan, S. Simon, M. Kasina, F. Vidogbena, L. Parrot, A. Adegbedi, L. A. Wasilwa, S. Subramanian, V. Baird & M. Ngouajio. 2014. Des filets anti-insectes pour protéger les cultures maraîchères en Afrique Sub-Saharienne: une technologie rentable et adaptée aux conditions climatiques. Papier de Conférence, AFPP-Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier, France –22 et 23 octobre 2014.
- Musa A, Ezenwa MS, Oladiran JA, Akanya HO, Ogbadoyi EO. 2010. Effect of soil nitrogen levels on some micronutrients, antinutrients and toxic substances in *Corchorus olitorius* grown in Minna, Nigeria. *Afr. J. Agric. Res.*, 5(22): 3075 - 3081.
- Ngosong N. T. 2017. Evaluation of six pest management strategies on key insect pests of two cabbage varieties (*Brassica oleracea* var. capitata l.) in the Ketu South Municipality of the Volta region of Ghana. M.Phil Thesis, African regional postgraduate programme in insect science (ARPPIS), University of Ghana, Legon.
- Onibon, P., and Ofio, A. (2011). Plan régional de développement de la filière cultures maraîchères. CeRPA Atacora-Donga. Technical report Groupe Afriturible International (GAI) sarl (Cotonou, Bénin).
- Ouedraogo M. 2019. Evidence for Resilient Agriculture (ERA): Utilités et fonctionnalités actuelles. Presentation orale, Regional knowledge sharing and awareness raising workshop on CSA for the Africa SIDS and West Africa countries, 19-22 November 2019, Dakar, Senegal.
- Ouedraogo M., Zougmore R. B., Larwanou L., Houessionon P. 2019. Le Projet d'Appui à la Résilience Climatique pour un Développement Agricole Durable (PARC-DAD) au Niger est-il suffisamment climato-intelligent ? : Résultats des analyses participatives des projets terrain du PARC-DAD au Niger. CCAFS Info Note. Wageningen, Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 6 pages. <https://ccafs.cgiar.org/fr/publications/le-projet-dappui-%C3%A0-la-r%C3%A9silience-climato-intelligente-%C3%A9valuation-des-analyses-participatives-des-projets-terrain-du-parc-dad-au-niger>
- Quinney M, Bonilla-Findji O, Jarvis A. 2016. CSA Programming and Indicator Tool: 3 Steps for increasing programming effectiveness and outcome tracking of CSA interventions. CCAFS Tool Beta version. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Rosenstock, TS, C Lamanna, S Chesterman, P Bell, A Arslan, M Richards, J Rioux, AO Akinleye, C Champalle, Z Cheng, C Corner-Dolloff, J Dohn, W English, A-S Eyrich, EH Girvetz, A Kerr, M Lizarazo, A Madalinska, S McFatridge, KS Morris, N Namoi, A Poultouchidou, M Ravina da Silva, S Rayess, H Ström, KL Tully and W Zhou. 2015. The scientific basis of climate-smart agriculture: A systematic review protocol. CCAFS Working Paper no. 136. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark. Available online at: [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)
- Saj S., Torquebiau E., Hainzelin E., Pages J. & Maraun F. 2017. The way forward: An agroecological perspective for Climate-Smart Agriculture. *Agriculture, ecosystems and environment*, 20-24pages
- Azumah S. B. and Adzawla W. 2017. Effect of Urea Deep Placement Technology Adoption on the Production Frontier: Evidence from Irrigation Rice Farmers in the Northern Region of Ghana, *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* Vol:11, No:4, 2017
- Statista. 2019. Online data base. Site web consulté le 26/11/2019 <https://www.statista.com/markets/422/topic/1117/>
- Tovihoudji G. P., Djogbenou C. P., Akponikpè P.B. I., Kpadonou G. E., Agbangba C. E. & Dagbenonbakin D. G. 2015. Response of Jute Mallow (*Corchorus olitorius* L.) to organic manure and inorganic fertilizer on a ferruginous soil in North-eastern Benin. Original submitted in on 28th May 2015. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 31st August 2015 <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v92i1.5>.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2007. Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing

- countries. Information Services of the UNFCCC secretariat, Bonn, Germany.
- Vermeulen S. J., Campbell B. M. & Ingram S. J. I. 2012. Climate Change and Food Systems. Annual Review of Environment and Resources 37:195-222.
- Vidogbena F. & Simon S. 2013. Lutte physique contre les bio-agresseurs au Bénin : Amélioration sur chou et extension à la tomate. Communication personnelle, Ecole Chercheurs, 11-14 Mars 2013.
- Vissoh P. V., R. C. Tossou, H. Dedehouanou, H. Guibert, O. C. Codjia, S. D. Vodouhe & E. K. Agbosou. 2012. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. Les Cahiers d'Outre-Mer, Revue de géographie de Bordeaux.
- Vodounou J. B. K. 2016. Changements climatiques et production agricole : capitalisation des pratiques culturelles pour la sécurité alimentaire au Bénin. International Journal of Innovation and Scientific Research, ISSN 2351-8014 Vol. 23 No. 1 May 2016, pp. 78-97 © 2015 Innovative Space of Scientific Research Journals. <http://www.ijisr.issr-journals.org/>
- Williams T. O., Mul M., Cofie O., Kinyangi J., Zougmore R., Wamukoya G., Nyasimi M., Mapfumo P., Speranza C. I., Amwata D., Frid-Nielsen S., Partey S., Girvetz E., Rosenstock T. & Campbell B. 2015. L'agriculture Intelligente face au climat dans le contexte Africain, Document de référence, Banque Africaine de Développement, 32p.
- Yegbemey R., Humayun K., Awoye OHR. & Paraïso A. 2014. Managing the agricultural calendar as coping mechanism to climate variability: A case study of maize farming in Northern Benin, West Africa, Climate Risk Management 2212-0963.
- Yo T., Adanguidi J., Nikiema A., De Ridder B. & Akponikpè P. B. I. 2017. Pratiques et technologies pour une Agriculture Intelligente face au Climat (AIC) au Bénin. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Représentation FAO Bénin, ISBN 978-92-5-130038-1 © FAO, 2017.
- Zougmore R., Partey S., Ouédraogo M., Omitoyin B, Thomas T., Augustine Ayantunde A., Ericksen P., Said M. and Jalloh A. 2016. Toward climate-smart agriculture in West Africa: a review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors. Review, *Agriculture & Food Security, BioMed Central*, 16 pages. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Zougmore R., Sy Traore, A.; Mbodj, Y. (Eds.), 2015. Paysage scientifique, politique et financier de l'Agriculture Intelligente face au Climat en Afrique de l'Ouest. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) pp.47-59. (CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) Working Paper 118).



## Mise à échelle des innovations sur les légumes feuilles traditionnels : une expérience du projet MicroVeg au Bénin

Mohamed Nasser BACO<sup>1\*</sup>, Pierre B. Irénikatché AKPONIKPE<sup>2</sup>, Soulé Akinhola ADECHIAN<sup>1</sup>, Fructueuse Noudéhou OUIDOH<sup>1</sup>, André Jonas DJENONTIN<sup>3</sup>, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Société-Environnement (LaSEn), Université de Parakou, Bénin.

<sup>2</sup> Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Université de Parakou, Bénin.

<sup>3</sup> Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Faculté d'agronomie, Université de Parakou, Bénin

<sup>4</sup> Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires (DNSAA), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

### Scaling up innovations on indigenous leafy vegetables: an experience from MicroVeg project in Benin

**Abstract:** Innovation diffusion approaches are various because of dynamic of implementation context. Communication on diffusion approaches enables learning and constitutes a core factor of innovation adoption. Accordingly, this paper aims to analyse the process of innovations dissemination of indigenous leafy vegetables implemented by MicroVeg project in Benin. Inductive qualitative approach is used based on data from participating observations during the project implementation. Individual in-depth interview is also used to collect the perceptions of the project team and partners. It appeared the approaches focused on capacity building of actors allows innovation diffusion more likely than those focused on partnership. The combination of both principles, capacity building and partnership, the using of social network and mass Medias are revealed as the success factors of innovation process. Depending of implementation context, dissemination approaches are flexible by focusing on incremental adaptation to achieve targeted goals.

**Keywords:** Innovation process, Dissemination, Partnership, Capacity building, Benin.

**Résumé :** Les approches de diffusion des innovations sont hétérogènes du fait de la dynamique du contexte et les enjeux locaux de développement. La communication sur les processus de diffusion permet un meilleur apprentissage et constitue un facteur clé de l'adoption des innovations. Le présent article s'inscrit dans ce cadre à travers l'analyse du processus de diffusion des innovations sur les légumes feuilles traditionnels (LFT) mis en œuvre par le projet MicroVeg au Bénin. Il est basé sur l'approche qualitative par usage des données issues des observations participantes lors de la mise en œuvre de ce projet. Ces données ont été complétées par des entretiens non structurés individuels auprès de l'équipe et partenaires du projet afin de prendre en compte leurs perceptions sur le processus d'innovation mis en place. Il ressort que les approches de diffusion axées sur le principe de renforcement de capacité des acteurs favorisent une dissémination plus rapide des innovations technologiques contrairement à celles basées sur le partenariat. La combinaison des principes de renforcement de capacité et de partenariat ainsi que l'implication des réseaux sociaux et des mass médias constituent les facteurs clés de succès du processus de diffusion des innovations implémenté par le projet. Selon le contexte de mise en œuvre, les approches de diffusion se révèlent flexibles en se concentrant sur une adaptation progressive pour l'atteinte des objectifs.

**Mots clés:** Processus d'innovation, Diffusion, Partenariat, Renforcement de capacité, Bénin.

## 1. Introduction

La diffusion est le processus par lequel une innovation est communiquée par certains canaux au sein d'un groupe social (Rogers, 2010). La communication est un processus dans lequel les participants créent et partagent des informations les uns avec les autres afin de parvenir à une compréhension mutuelle. La diffusion est un type particulier de communication qui concerne la dissémination des messages perçus comme nouveau. La problématique de la diffusion des innovations reste la non standardisation des modèles de diffusion qui nécessitent une adaptation perpétuelle (Dearing, 2009). Cette remarque est soutenue par Rogers (2010) qui stipule que les promoteurs d'innovations et les agents de développement doivent réadapter ou réinventer les modèles de diffusion lors des usages. La diffusion des innovations apparaît donc comme un processus de changement social qui nécessite un formatage des approches de diffusion existantes afin de les adapter à un contexte (Dearing, 2009; Leem et Rogers, 2017; Mayer et Davidson, 2000). A cet effet, il ressort que les modèles de diffusion des innovations ont une « flexibilité interprétative », c'est-à-dire varie d'un contexte à l'autre et d'un point à un autre (Lyytinen et Damsgaard, 2011, 2001; Rogers, 2010; Mwangi et Kariuki, 2015). Par conséquent, même en se basant sur les mêmes principes, les institutions de recherche construisent le processus de diffusion différemment.

Les approches de diffusion des innovations sont des descriptions simplifiées à posteriori qui ne rendent pas compte des processus pratiques (Baco et Moumouni, 2014). La faible emprise sur les pratiques de mise en œuvre des modèles de diffusion reste une des raisons de faible adoption des innovations et ne permet pas leur reproduction dans d'autres contextes (Magrini et al., 2012). Selon Mwangi et Kariuki (2015), la communication sur les processus de diffusion permet un meilleur apprentissage et constitue de ce fait un facteur clé de l'adoption des innovations. Cette idée apparaît clairement dans les travaux de Rogers (2010) qui expliquait que les interventions des projets et programmes de développement sont les sources potentielles des informations pour améliorer les processus de diffusion des innovations.

Plusieurs approches de diffusion des innovations existent (Rollin et Vincent, 2007 ; Tui et al., 2013). Elles ont débuté par les approches top down, en passant par les systèmes agricoles de recherche (Farming Systems Research FSR), les systèmes d'information et de connaissances agricoles (Agricultural Knowledge and

Information System AKIS) pour aboutir aux approches d'innovations sociales (Rollin et Vincent, 2007). Ces approches sont axées sur deux principes qui ont également évolué du « renforcement de capacité » des acteurs sur les innovations introduites au « partenariat » entre les acteurs (Rollin et Vincent, 2007 ; Tui et al., 2013). Ces approches de diffusion sont hétérogènes du fait de la dynamique du contexte institutionnel et les enjeux locaux de développement. Il importe alors de communiquer sur les facteurs de succès de la mise en œuvre des approches de diffusion afin de ressortir les leçons apprises (Mwangi et Kariuki, 2015 ; Rogers, 2010). Le présent article s'inscrit dans cette perspective à travers la communication sur l'approche de diffusion des innovations sur les légumes feuilles traditionnels (LFT) mis en œuvre par le projet MicroVeg au Bénin. La question principale de recherche est qu'est-ce qui caractérise la particularité de l'approche de diffusion des innovations mise en œuvre par ce projet ? Dans la suite, l'article est organisé respectivement autour du cadre théorique d'analyse, approche méthodologique, résultats et discussion et enfin la conclusion et les implications de l'étude.

## 2. Cadre théorique d'analyse

La littérature sur la diffusion des innovations est abondante mais des propositions méthodologiques relatives à la mise en œuvre pratique des approches de diffusion restent encore peu développées (Rey-Valette et Mathé, 2012). De ce fait, l'analyse des approches de diffusion ou des dispositifs d'intervention des projets de développement permet un meilleur apprentissage et constitue de ce fait un facteur clé de l'adoption des innovations (Mwangi et Kariuki, 2015). Pour Ruault et Lemery (2008) l'analyse des approches d'intervention ou de gouvernance part de la description de leurs caractéristiques pour aboutir aux résultats obtenus. Pour ces auteurs, les instances, les procédures de travail, les configurations et les dynamiques des systèmes d'acteurs dans lesquels ils s'insèrent constituent les éléments caractéristiques. A travers l'analyse des résultats produits par les approches d'intervention, Ruault et Lemery (2008) spécifient la possibilité de confrontation des points de vue, la formalisation et le traitement des problèmes, la production de connaissance et la construction collective de nouvelles règles.

Pour d'autres dont Chia et al. (2008), la manière dont les acteurs sont mobilisés constitue le point clé de l'analyse des approches d'intervention. Ainsi, elles doivent être analysées du point de vue d'engagement volontaire ou non des acteurs. La capacité à mobiliser les divers types d'acteurs puis à les traiter de façon équitable doit être le cœur de la présentation des approches d'intervention (Lardon et al., 2008).

---

\* Auteur Correspondant : [nasserbaco@yahoo.fr](mailto:nasserbaco@yahoo.fr)  
Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin



Au regard de cette littérature, l'analyse d'une approche d'intervention en vue de la diffusion des innovations peut se focaliser sur quatre points essentiels : le descriptif du dispositif mis en place, les acteurs, les interactions et les effets. Cette synthèse rejoint le cadre analytique de Rey-Valette et al. (2014) et Triomphe et al. (2016) qui regroupent l'analyse d'une approche d'intervention en cinq points à savoir : la compréhension des institutions et des dispositifs, l'analyse des interactions fonctionnelles, l'analyse des interactions territoriales et contextuelles, l'analyse du système d'acteurs, des représentations et des controverses et enfin l'évaluation des pratiques, des produits ou résultats et des effets. Ce cadre d'analyse de Rey-Valette et al. (2014) et Triomphe et al. (2016) semble prendre en compte les propositions des auteurs comme Chia et al.

(2008), Lardon et al. (2008) et Ruault et Lemery (2008). L'analyse du dispositif de diffusion des innovations mis en place par le projet MicroVeg sera faite en s'appuyant sur le cadre de Rey-Valette et al. (2014) et Triomphe et al. (2016) à travers quatre points principaux (Figure 1) :

- La description des dispositifs de diffusion : présentation de l'approche de diffusion des innovations utilisées par le projet MicroVeg ainsi que la nature des innovations ;
- Les acteurs clés : institutions, organisation, dynamiques sociales, cartographie des acteurs ;
- Les interactions : dynamiques fonctionnelles, flux d'informations et relation entre les acteurs ;
- Les effets : résultats obtenus, perceptions des acteurs sur l'approche de diffusion.

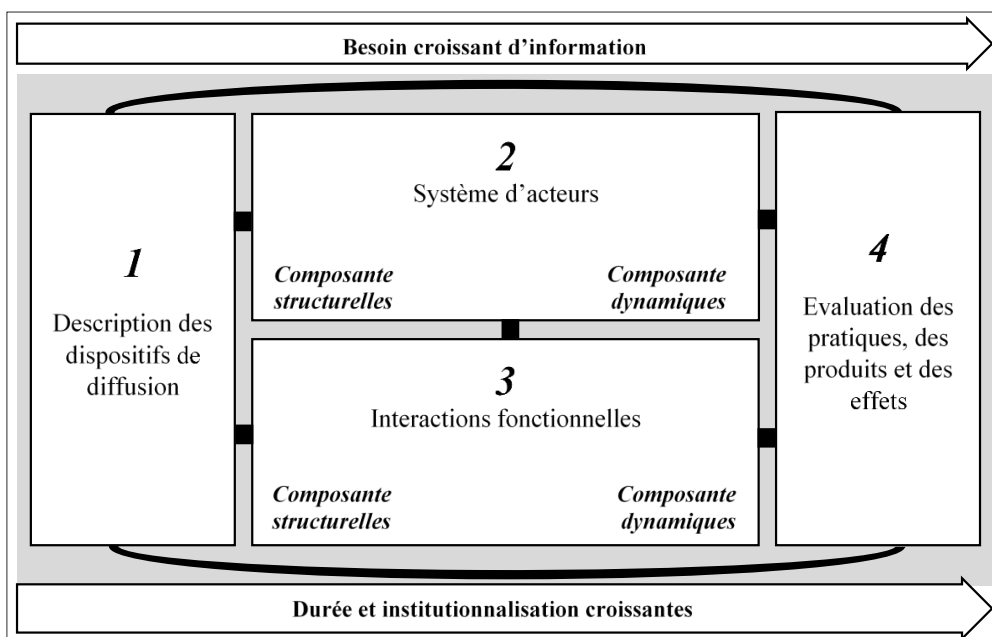


Figure 1: Cadre d'analyse du processus de diffusion des innovations sur les légumes feuilles traditionnels au Bénin

Figure 1: Analytic framework of diffusion process of indigenous leafy vegetables innovations in Benin

Source : Adapté de Rey-Valette et al. (2014) et Triomphe et al. (2016).

### 3. Approche méthodologique

#### 3.1. Présentation du projet MicroVeg

Le projet MicroVeg (Microdosing indigenous vegetable to combat poverty) vise la promotion des LFT à travers l'intégration de la fertilisation microdose dans la production pour améliorer la sécurité alimentaire et économique des agriculteurs ouest-africains. Il est fi-

nancé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et le Ministère des affaires étrangères du Canada. De façon spécifique, MicroVeg vise à:

- Développer des technologies de fertilisation microdose, gestion de l'eau, valeur ajoutée et semences pour les LFT ;
- Mettre à l'échelle les innovations de légumes feuilles traditionnels ;

- Mettre à l'échelle la production, la commercialisation, la consommation et la valeur ajoutée sur les LFT ;
- Intégrer les modèles réussis dans le programme de sécurité alimentaire au niveau local, régional et Afrique de l'ouest.

Il a été mis en œuvre au Bénin et au Nigéria. Au Bénin, le projet a couvert 14 communes réparties dans les départements de Borgou, Alibori, Atacora, Donga, Zou, Mono, Atlantique et Littoral (Figure 2). A travers son intervention au Bénin, le projet vise à toucher dix mille (10 000) ménages dont 50% de femmes.

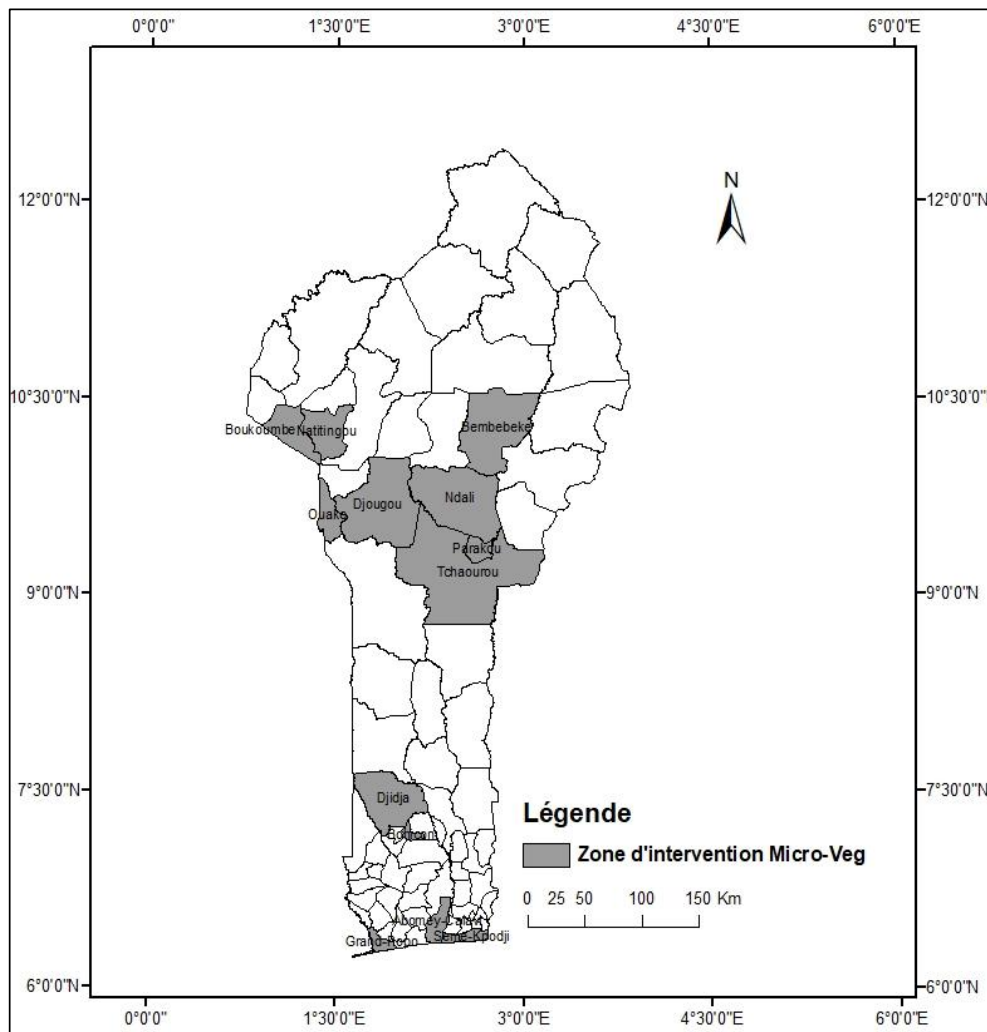


Figure 2 : Zone d'intervention du projet MicroVeg au Bénin

Figure 2: Intervention area of MicroVeg project in Benin

Source : Adapté des données de l'Institut Géographique National IGN-Bénin

Les légumes feuilles promus par le projet au Bénin sont le *solanum macrocarpum* (gboma), *amaranthus viridis* (alefo au Nord et fotètè au Sud) et *basilic africain* (tchiayo en Fon et éfirin en Yoruba). Les innovations de LFT mises au point et diffusées sont essentiellement les semences de LFT, la fertilisation microdose,

les produits dérivés de LFT, les modèles de vente et le séchoir solaire (Tableau 1). Cet article s'insère dans le cadre de la mise à échelle des innovations de LFT à travers l'analyse de l'approche de diffusion mise en place par le projet.

Tableau 1: Types d'innovations de légumes feuilles traditionnels

Table 1: Types of Indigenous leafy vegetable innovations

Innovations	Descriptif	Type d'innovation
Semences de LFT	Semences de <i>Solanum macrocarpum</i> ; <i>Amaranthus cruentus</i> ; <i>ocimum gratissimum</i>	Technologique
Microdose	Technique de fertilisation utilisant moins d'engrais	Technique
Produits de LFT	LFT séchés, LFT blanchis, sirop et jus, aliments enrichis en LFT (Toubani, Ablo, Amuse-gueule, Ata, etc)	Techniques
Modèle de commercialisation	Kit-comptoir de vente de LFT (KCV), distribution de LFT à domicile et dans les bureaux, dépôt dans les supermarchés et poissonnerie	Organisationnelle
Séchoir solaire	Appareil de séchage de LFT	Technologique

### 3.2. Sources de données, techniques de collecte et d'analyse de données

L'article est essentiellement basé sur l'approche qualitative. Les informations rapportées proviennent des observations participantes lors :

- du suivi des activités des ONG et Entreprises partenaires du projet ;
- du suivi des activités du projet relatives à la diffusion.

Les observations participantes sont réalisées tout le long de la mise en œuvre du projet par les auteurs. Elles sont facilitées par le fait que les auteurs font partie de l'équipe du projet. En plus de cette source principale de collecte, des compléments d'informations ont été recherchés auprès de l'équipe de projet et de ses partenaires lors des entretiens non structurés individuels. Ces entretiens ont pris en compte au total 21 personnes dont les chercheurs et assistants chercheurs du projet ainsi que les agents des ONGs partenaires du projet. L'objectif de ces entretiens était de recueillir leurs perceptions sur les modèles de diffusion des innovations utilisés par le projet.

Les données recueillies ont fait l'objet d'un rapportage en se basant sur l'analyse de discours. Trois étapes caractérisent l'analyse de discours réalisée. Premièrement, les discours des acteurs ont été examinés et transcrits fidèlement. Ensuite, les discours transcrits ont été confrontés afin de ressortir les concepts caractéristiques. Enfin, les différents concepts sont regroupés pour en faire une catégorisation. Les statistiques descriptives telles que les fréquences ont permis d'analyser les perceptions des acteurs sur les dispositifs de diffusion des innovations mis en œuvre par le projet.

## 4. Résultats

### 4.1. Dispositifs de diffusion des innovations

La diffusion des innovations s'est basée sur deux principes qui définissent les dispositifs mis en place. Il s'agit du renforcement de capacité et le partenariat entre les acteurs (Tableau 2).

Le renforcement de capacité a été réalisé à travers les démonstrations, les formations, les émissions radios,

les participations aux fora et aux foires. L'objectif est de permettre aux acteurs de s'informer, se former et de découvrir les innovations de LFT mises en place.

Tableau 2: Approches de diffusion des innovations sur les légumes feuilles traditionnels

Table 2: Approaches of innovations diffusion on Indigenous leafy vegetables

Approche	Outils/dispositifs	But/vision
Renforcement de capacité	Formations Démonstrations Emission radio Participation aux fora Participation aux foires	Diffusion des innovations de LFT à travers la formation des acteurs relais dans la production, transformation et commercialisation de LFT
Partenariat	Plateforme d'innovations Plateforme virtuelle à travers les réseaux sociaux : groupes Facebook et WhatSapp, site web, Skype meeting	Mise en relation des acteurs de la filière pour une réflexion commune sur les contraintes de la filière LFT, les acteurs au niveau micro sont les essentiellement représentants des OP
Approche mixte	Club de jeunes scolaires Publication scientifique (article, poster, manuels, bulletin d'information)	Pérenniser les acquis et innovations sur les LFT à travers les formations qualifiantes des jeunes et les publications scientifiques

Le partenariat vise la création d'un cadre d'échange entre les acteurs de la filière afin d'identifier les problèmes qui sont les leurs et de les résoudre ensemble. A cet effet, des plateformes d'innovation (PI) ont été installées dans les zones d'interventions du projet. Au niveau village, les PI opérationnelles sont mises en place et dont les regroupements constituent les PI stratégiques au niveau communal puis régional. Ces PI ont été essentiellement orientées vers la co-conception des innovations dans la production, la transformation et la commercialisation des LFT.

De même, des PI virtuelles ont été mises en place à travers les réseaux sociaux : Facebook, WhatSapp, site web, Skype meeting et regroupent tous les acteurs intéressés par la filière LFT.

En addition, des approches mixtes, intégrant les deux principes sont développées à travers les Clubs de Jeunes Scientifiques (CJS) et les publications scientifiques.

#### 4.2. Acteurs clés impliqués et dynamique relationnelle

La diffusion des innovations sur les LFT est un processus multi-acteurs. Le Tableau 3 présente une synthèse de ces acteurs ainsi que leurs rôles respectifs.

Au niveau méso, se distinguent les universitaires et les acteurs de développement. Les universitaires sont les enseignants-chercheurs et assistants de recherche des universités. Au Bénin, le projet est piloté par la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou, en collaboration avec quatre autres universités (University of Manitoba et University of Saskatchewan au Canada ; Obafemi Awolowo University et Osun State University au Nigéria).

Les rôles des universitaires dans le processus de diffusion se résume au diagnostic des contraintes de la filière LFT, coconception des protocoles de recherche et des activités, coconception des solutions (innovations) avec les autres acteurs, suivi-évaluation de la mise en œuvre des protocoles, formations et appuis techniques aux ONGs partenaires. Les chercheurs sont en collaboration directe avec les ONGs et les autres acteurs au niveau méso.

Les acteurs de développement, en particulier les ONGs à travers leurs techniciens sont en contact direct avec les bénéficiaires. Ils assurent la mise en œuvre des activités de développement du projet. Leurs rôles se résument à la facilitation et la mobilisation des acteurs (dans le cas des PI) et la formation sur les innovations (dans le cas des PI) et la formation sur les innovations et l'organisation et le suivi des démonstrations sous gestion paysan (renforcement de capacités des acteurs au niveau micro). Le Centre de Développement Entrepreneurial (CDE) de l'Université de Parakou accompagne le projet dans la formation des jeunes entrepreneurs sur les innovations de LFT (productions de semences ou de LFT sous microdose, transformation de LFT et commercialisation des produits à base de LFT). Les Agences Territoriales de Développement Agricole (ATDA) et les Mairies jouent essentiellement le rôle de facilitateurs entre les acteurs au niveau méso et ceux au niveau micro (bénéficiaires du projet).

Les acteurs au niveau micro sont les bénéficiaires du projet. Ces acteurs sont mobilisés de manière à avoir des acteurs directs de la filière LFT (fournisseurs d'intrants, producteurs, commerçants, transformateurs et transporteurs) et des acteurs indirects (Ecoliers, lycéens et étudiants et autres entrepreneurs intéressés par les produits de LFT). En plus de la production et de la transformation des LFT, ces acteurs participent à la réflexion d'ensemble sur les contraintes de la filière LFT, expérimentent, appliquent et diffusent des innovations co-conçues sur les LFT.

Tableau 3: Acteurs impliqués dans la diffusion des innovations sur les légumes feuilles traditionnels

Table 3 : Actors involved in the diffusion process of indigenous leafy vegetables innovations

Institution	Acteurs	Rôles	Niveau d'implication
Universitaire	Chercheurs et assistants chercheurs (sciences sociales, sciences agronomiques, nutrition et sciences alimentaires)	Diagnostic ; Coconception des protocoles et innovations ; Formation et appuis techniques aux ONGs partenaires Suivi-évaluation des activités	Méso
Acteurs du développement	ONGs (AOE, AR2PI, ZACOZA) ; Agences Territoriales de Développement Agricole (ATDA) ; Mairies ; Centre de Développement Entrepreneurial (CDE) ; Acteurs de Médias : Radio et télévision nationales	Facilitation et mobilisation ; Renforcement de capacité des acteurs Coconception des innovations Diffusion des innovations et informations sur les LFT Participation à la formation qualifiante de nouveaux acteurs intéressés par la filière (élèves, étudiants, jeunes déscolarisés, etc.)	Méso
	Entreprises partenaires (Sahel Entreprise, Amdagri, ZACOZA)	Achat des LFT auprès des producteurs, transformation à grande échelle et mise à disposition des consommateurs finaux	Micro
Bénéficiaires, acteurs direct de la filière	Distributeurs d'intrants Producteurs de LFT Transformateurs de LFT Commerçants de LFT Consommateurs	Réflexion commune, sous gestion des ONGs, sur les contraintes de la filière LFT ; Expérimentation, et diffusion des innovations et informations sur les LFTs ;	Micro
Bénéficiaires, acteurs indirect de la filière	Ecoliers, lycéens et étudiants Autres entrepreneurs intéressés par les produits de LFT	Production et transformation des LFT en jus, sirop et autres produits alimentaires dont amuse-gueule, ablo, toubani, etc.	

La dynamique fonctionnelle du processus de diffusion des innovations de LFT se résume à la Figure 3. Le projet est en étroite collaboration avec les acteurs du développement, principalement ses ONGs partenaires. Les ONGs appuient les acteurs au niveau micro à travers les appuis techniques, la mise en réseau, la coconception des innovations sur les LFT, etc. (cf. Tableau

3). Les interventions du projet (chercheurs) s'effectuent principalement à travers les ONGs partenaires. Dans la mise en œuvre des approches de partenariat, on assiste également à un renforcement de capacité des acteurs sur les innovations de LFT au besoin et sous gestion des techniciens des ONGs.

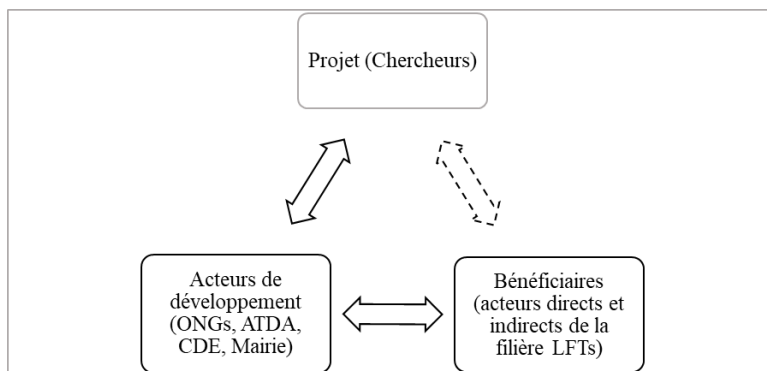


Figure 3: Fonctionnement du processus de diffusion des innovations sur les légumes feuilles traditionnels

Figure 3: Functioning of the diffusion process of indigenous leafy vegetable innovations

### 4.3. Perceptions sur les pratiques de diffusion des innovations sur les LFT

Les perceptions des acteurs au niveau méso sur la mise en œuvre des approches de diffusion permettent de comprendre que la diffusion des innovations est un processus dynamique (Tableau 4). A cet effet, les acteurs du projet et des ONGs estiment que la diffusion des innovations semble être favorisée par la combinaison des approches. La mise en œuvre des approches nécessite donc une flexibilité et un ajustement progressif afin de pouvoir atteindre les résultats escomptés.

Selon les acteurs des ONGs, la mise en œuvre des approches de partenariat nécessite la disponibilité et une implication stratégique du facilitateur. Cette perception soulève la question de dynamisme des facilitateurs dans la mise en place des plateformes d'innovation. La réussite des approches de partenariat repose sur les facilitateurs.

Il se dégage de l'analyse de ces perceptions quelques leçons qu'il importe de mettre au clair :

- (i) Les innovations technologiques, comme la fertilisation microdose, sont facilement disséminées à travers les approches axées sur le principe de renforcement de capacités des acteurs.
- (ii) Pour les projets de développement de très courtes durées, les approches axées sur le principe de partenariat semblent faiblement adapter. Elles pourraient être associées au principe de renforcement de capacité pour faciliter une diffusion des innovations à court termes.

- (iii) L'implication des réseaux sociaux et les mass médias dans la diffusion des produits dérivés de LFT constitue une innovation dans la mise en œuvre des approches axées sur le partenariat.

### 4.4. Synthèse du processus d'innovation du projet MicroVeg

Le processus d'innovation du projet MicroVeg se résume en trois étapes essentielles (Figure 4) :

- l'émergence : cette phase a permis de faire un diagnostic participatif de la filière et de dégager les contraintes qui entravent son développement. Ensuite, des approches de solutions sont identifiées en impliquant les acteurs aux niveaux méso et micro du processus.
- l'expérimentation : les approches de solutions co-identifiées sont testées et réadaptées selon les observations et les perceptions des bénéficiaires.
- la diffusion : c'est la phase de la mobilisation et de l'organisation des acteurs pour la mise à échelle des innovations les approches de solutions réussies, (ces solutions étant mises en place avec un nombre limité d'acteurs). Les renforcements de capacité des acteurs à travers les démonstrations, les formations, les participations aux foires, etc. sont organisés au niveau des acteurs relais volontaires pré-identifiés ou dans les plateformes au besoin.

Tableau 4: Perceptions sur la mise en œuvre des approches de diffusion

Table 4: Perceptions on the implementation of dissemination approaches

Type d'acteurs	Perceptions sur les pratiques	Fréquences (%)
Projet (chercheurs)	La diffusion des innovations sur les LFT a été facilitée par la combinaison des approches	100
	La mise en réseau des acteurs de la filière semblent la solution idéale mais la durabilité reste à vérifier	85
	Les réseaux sociaux et les mass médias ont contribué à la diffusion des innovations et favorisé la collaboration entre les acteurs	90
	Les approches de renforcement de capacité semblent plus rapides pour les innovations techniques	90
	La diffusion des innovations est une activité très dynamique et nécessite l'ingéniosité des techniciens	98
Acteurs de développement (ONGs)	Les approches de partenariat sont difficiles à mettre en place et prennent de temps	90
	Les approches de partenariat nécessitent une disponibilité et une implication stratégique du facilitateur	100
	Les démonstrations permettent de convaincre les acteurs et de favoriser l'adoption	100
	La combinaison des approches semble avoir un effet meilleur sur la diffusion des innovations	100
	La mobilisation des acteurs s'est révélée difficile, ils assimilent les interventions aux actions politiques pour lesquelles il faut les récompenser	90
	L'utilisation des réseaux sociaux et les mass médias a favorisé la collaboration entre les acteurs et la diffusion des informations sur les innovations de LFT	95

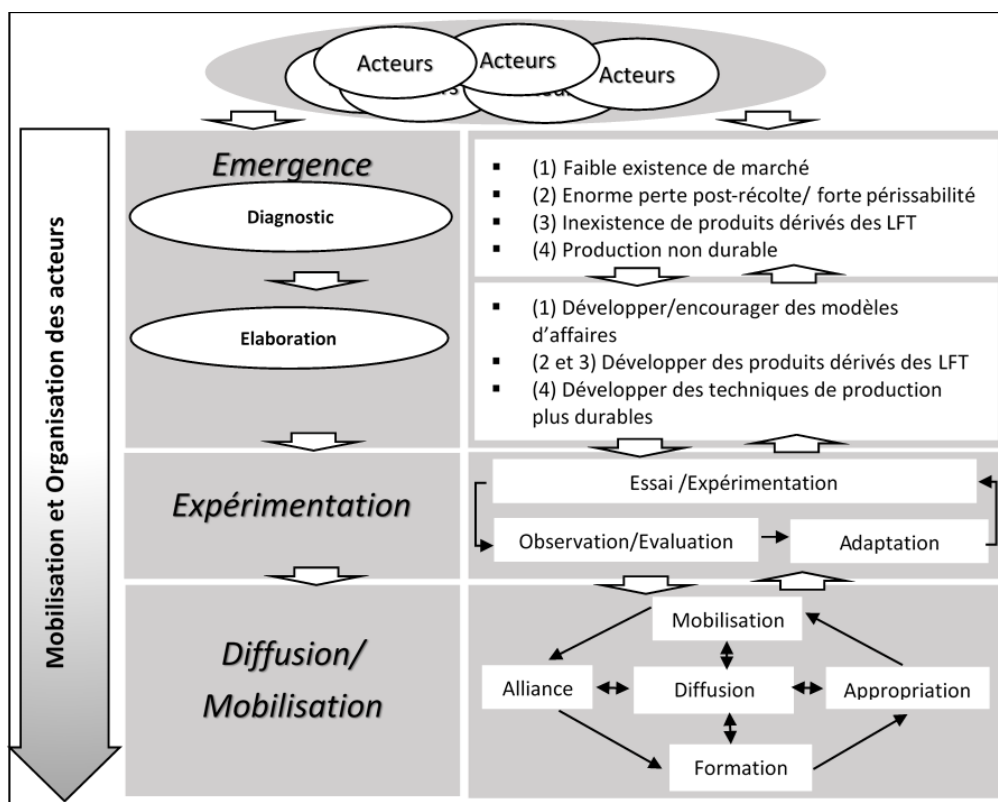


Figure 4 : Processus d'innovation du projet MicroVeg au Bénin

Figure 4 : Innovation process of MicroVeg project in Benin

## 5. Discussion

La diffusion des innovations sur les LFT au Bénin s'est basée sur deux approches principales à savoir le renforcement de capacité et le partenariat entre les acteurs.

Le renforcement de capacité s'est réalisé à travers les démonstrations, les formations, les participations aux foires et fora ainsi que les émissions radios. Le renforcement de capacité des acteurs ne s'est pas limité spécifiquement aux acteurs de la filière. Sa particularité se trouve dans l'insertion de nouveaux acteurs dans le processus de diffusion des innovations. En effet, l'implication des élèves, étudiants et même les jeunes déscolarisés dans la chaîne de diffusion permet de renforcer la durabilité des actions du projet. Les nouveaux acteurs sont motivés par la formation qualifiante qui leur permet d'avoir un diplôme professionnel, ce qui facilite leur insertion dans la vie professionnelle. Cette stratégie conduit à un enrichissement et une diversification des acteurs de la filière LFT, gage d'un développement de cette filière. A cet effet, Faber et Naidoo (2014) et Teisserenc (1994) expliquaient que la mobilisation des acteurs est une politique de développement local qui consiste généralement à enrichir les ressources existantes et à les diversifier, en s'appuyant sur un projet de développement. Une autre force des dispositifs mis en place est l'implication des médias, particulièrement les radios communautaires, qui diffusent des informations sur les avantages liés à la consommation des LFT, les innovations développées pour faciliter la production, la transformation et la commercialisation.

L'utilisation de l'approche axée sur le principe de partenariat a permis de créer une plateforme de réflexion sur les contraintes de la filière LFT afin de faciliter son développement. Dans ce cas, les acteurs des plateformes sont principalement des représentants des groupements ou associations d'acteurs (OP). Les bonnes pratiques apprises lors des séances de renforcement de capacité sont répliquées par les acteurs dans leurs OP respectives. Ainsi, il se dégage un couplage d'approche dans le processus d'innovations mis en œuvre par le projet MicroVeg : le renforcement de capacité des acteurs en partenariat. Cette forme d'approche mixte se remarque également à travers les Clubs de Jeunes Scolaires qui sont des regroupements de jeunes scolaires et universitaires, formés sur les bonnes pratiques de production ou de transformation puis mis en connexion avec les autres acteurs de la filière. De même, l'utilisation des réseaux sociaux (Facebook, WhatsApp, Site Web, etc.) dans la diffusion des innovations consiste également un atout dans la mise en œuvre des approches de partenariat. Les réseaux sociaux ont permis de regrouper des acteurs de plusieurs horizons et de différentes couches sociales autour du développement de la filière. L'implication des médias et des réseaux sociaux dans la diffusion des innovations sur les LFT traduit ainsi le dépassement du niveau de

diffusion micro-social par usage de l'imaginaire technique qui alimente le développement d'une innovation (Millerand, 2008).

Par ailleurs, la plupart des recherches qui relèvent de l'utilisation des approches de diffusion des innovations prêtent peu attention à l'étape de la conception du produit qu'elle étudie. Les questions de recherche s'attachent d'une part à savoir comment se diffusent les innovations et qui en sont les adoptants, en élaborant des modèles comportementaux, et, d'autre part, à mesurer l'impact de leur adoption à travers les changements opérés dans les pratiques (Millerand, 2008). De plus en plus, l'évaluation des modèles de diffusion se base sur la prise en compte des perceptions des acteurs à la base dans la conception des innovations (Chiffolleau et Prevost, 2012; Rollin et Vincent, 2007). Ce facteur crucial d'appréciation des modèles constitue la force des dispositifs mis en place par MicroVeg à travers les phases de l'émergence et de l'expérimentation, traduisant le caractère social de la diffusion des innovations sur les LFT.

Les perceptions des acteurs sur la mise en œuvre pratique des approches ont permis de comprendre quelques avantages et limites de ces approches mais qui restent à approfondir (Tableau 4). Il ressort que la mise en œuvre des approches de diffusion des innovations nécessite une flexibilité et un ajustement progressif afin de pouvoir atteindre les résultats escomptés. Cette remarque soutient les idées de Dearing (2009) qui estime que les approches de diffusion doivent être flexibles en se concentrant sur l'adaptation progressive dans sa mise en œuvre.

## 6. Conclusion et perspectives

L'article a permis de rendre compte des expériences du projet MicroVeg sur la diffusion des innovations de LFT au Bénin. La diffusion des innovations s'est basée sur un couplage des approches de renforcement de capacité et de partenariat entre les acteurs. L'historique synthétique de la mise en œuvre pratique de ces approches a permis de comprendre que les approches de diffusion sont flexibles. L'application est essentielle fonction de contexte, de la compréhension et des objectifs visés par les promoteurs des innovations et les développeurs. A ce titre, l'article contribue aux théories de la diffusion des innovations à travers la communication sur les dispositifs de diffusion des innovations sur les LFT au Bénin.

L'historique de la mise en œuvre pratique des différentes étapes de chaque approche est abordé dans d'autres articles ainsi que leur efficacité. Les effets de ces approches restent encore à démontrer et constituent des champs de recherche à explorer.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAI), Projet n° 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project]. Les auteurs remercient également les partenaires : Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en oeuvre dudit projet.

## CONFLIT D'INTERET

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

## REFERENCES

- Baco, M.N., Moumouni, I., 2014. Diffusion et déterminants de l'adoption de la pileuse électromécanique d'igname dans les villes de Parakou et de Cotonou au Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, 75: 17–25.
- Chia, E., Torre, A., Rey-Valette, H., 2008. Conclusion: Vers une «technologie» de la gouvernance territoriale! Plaidoyer pour un programme de recherche sur les instruments et dispositifs de la gouvernance des territoires. *Noréis Environ. Aménagement. Société*, 209:167–177.
- Chiffolleau, Y., Prevost, B., 2012. Les circuits courts, des innovations sociales pour une alimentation durable dans les territoires. *Noréis Environ. Aménagement. Société*, 224: 7–20.
- Dearing, J.W., 2009. Applying diffusion of innovation theory to intervention development. *Res. Soc. Work Pract.* 19(5): 503–518.
- Faber, E., Naidoo, J., 2014. Innover par la mobilisation des acteurs: 10 propositions pour une nouvelle approche de l'aide au développement. Rapport pour le ministère des Affaires étrangères et du Développement international, direction générale de la mondialisation, du développement et des partenariats. Paris.
- Lardon, S., Tonneau, J.-P., Raymond, R., Chia, E., Caron, P., 2008. Dispositifs de gouvernance territoriale durable en agriculture Analyse de trois situations en France et au Brésil. *Noréis Environ. Aménagement. Société*, 209: 17–36.
- Leem, B.H., Rogers, K.J., 2017. The moderating effect of supply chain role on the relationship between social capital and performance. *Int. J. Serv. Oper. Manag.* 26(1): 18–48. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2017.080676>
- Lyytinen, K., Damsgaard, J., 2001. What's wrong with the diffusion of innovation theory?, in: Working Conference on Diffusing Software Product and Process Innovations. Springer, 173–190.
- Lyytinen, K., Damsgaard, J., 2011. Inter-organizational information systems adoption—a configuration analysis approach. *Eur. J. Inf. Syst.* 20(5): 496–509.
- Magrini, M.-B., Triboulet, P., others, 2012. Transition agroécologique, innovation et effets de verrouillage: le rôle de la structure organisationnelle des filières. *Cah. Agric.* 21(1), 34–45.
- Mayer, J.P., Davidson, W.S., 2000. Dissemination of innovation as social change, in: *Handbook of Community Psychology*. Springer, 421–438.
- Millerand, F., 2008. Usages des NTIC: les approches de la diffusion, de l'innovation et de l'appropriation (1ère partie). *Composité*, 2(1): 1–19.
- Mwangi M.M., Kariuki, S. 2015. Factors determining adoption of new agricultural technology by smallholder farmers in developing countries. *J. Econ. Sustain. Dev.* 6(5):208-16.
- Rey-Valette, H., Chia, E., Mathé, S., Michel, L., Nougardès, B., Soulard, C.-T., Maurel, P., Jarrige, F., Barbe, E., Guiheneuf, P.-Y., 2014. Comment analyser la gouvernance territoriale? Mise à l'épreuve d'une grille de lecture. *Géographie Economie Société* 16(1): 65–89.
- Rey-Valette, H., Mathé, S., 2012. L'évaluation de la gouvernance territoriale. Enjeux et propositions méthodologiques. *Rev. D'Économie Régionale Urbaine*, 5: 783–804.
- Rogers, E.M., 2010. Diffusion of innovations. Simon and Schuster.
- Rollin, J., Vincent, V., 2007. Acteurs et processus d'innovation sociale au Québec. Université de Québec. Québec.
- Ruault, C., Lemery, B., 2008. La mise en place de dispositifs de gestion concertée de la ressource en eau: questions de méthode, in: *La Gestion Concertée Des Ressources Naturelles*. Méral PH., Castellanet C., Lapeyre R., Paris, 87–104.
- Teisserenc, P., 1994. Politique de développement local: la mobilisation des acteurs. *Sociétés Contemp.* 18(1): 187–213.
- Tui, S.H.-K., Adekunle, A., Lundy, M., Tucker, J., Birachi, E., Schut, M., Klerkx, L., Ballantyne, P., Duncan, A., Cadilhon, J., others, 2013. What are innovation platforms? Innovation platforms practice brief 1. *Innovation platforms practice brief* 1 1–7.
- Triomphe, B., Floquet, A., Letty, B., Kamau, G., Almekinders, C., Waters-Bayer, A., 2016. Mieux évaluer et accompagner l'innovation agricole en Afrique. Leçons d'une analyse transversale de 13 cas d'études. *Cah. Agric.* 25(6): 64003. <https://doi.org/10.1051/cagri/2016050>.





# Influence du contexte socioculturel sur l'efficacité des approches de mise à échelle : cas des plateformes d'innovation sur les légumes feuilles traditionnels au Bénin

Mohamed Nasser BACO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Société-Environnement (LaSEn), Université de Parakou, Bénin

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

## Sociocultural context influence on the effectiveness of scaling up approaches: case of indigenous leafy vegetables platforms in Benin

**Abstract:** Infrastructure weakness, institutional failure, weak technical capacity of stakeholders and the failure of the market structure are among factors that determine the performance of innovation systems. But how can sociocultural factors influence the performance of an innovation system, especially an innovation platform? To achieve this, we use in-depth case study to analyse the process of innovation platform implemented by MicroVeg project on indigenous leafy vegetables in Boukoubé district (Benin Republic). It emerged that sociocultural factors are able to divert the initial goal of innovation platform to an unexpected goal over the time. For this purpose, the study supports firstly that the orientations of an innovation system emerge by the time according to its implementation context. Secondly, the study contributed to the analysis of the performance of innovation platforms by highlighting the determining role of sociocultural factors. We recommend its involvement in the implementation of innovation scaling approaches.

**Keywords:** Innovation platform, effectiveness, sociocultural factor, indigenous leafy vegetable, Benin.

**Résumé :** La défaillance infrastructurelle, l'échec institutionnel, la faible capacité technique des acteurs et la défaillance de la structure de marchés sont entre autres les facteurs qui déterminent la performance des systèmes d'innovation. Mais comment les facteurs socioculturels peuvent-ils influencer la performance d'un système d'innovation, en particulier une plateforme d'innovation ? Afin de contribuer à répondre à cette question, la présente étude s'est basée sur une étude de cas de plateforme d'innovation mise en œuvre par le projet MicroVeg sur les légumes feuilles traditionnels à Boukoubé. L'analyse de données est qualitative diachronique et a combiné les données sur le fonctionnement (acteurs, évolution des activités, contraintes, perceptions) collectées lors des suivis de la mise en œuvre de la plateforme d'innovation sur trois ans. Il ressort de l'étude de cas que les exigences socioculturelles sont susceptibles de détourner les principaux objectifs visés à l'initiation d'une plateforme d'innovation vers un objectif inespéré avec le temps. A cet effet, l'étude supporte d'une part la pensée théorique qui conçoit que les orientations d'un système d'innovation émergent avec le temps selon sa mise en œuvre. D'autre part, l'étude a contribué à l'analyse de la performance des plateformes d'innovation en ressortant le rôle déterminant des facteurs socioculturels qu'il urge de prendre en compte dans la mise en œuvre des approches de mise à échelles des innovations.

**Mots clés:** Plateforme d'innovation, efficacité, facteur socioculturel, légume feuille traditionnel, Bénin.

## 1. Introduction

Les Approches de diffusion des innovations ont connu des évolutions au fil du temps en fonction de la compréhension de la manière dont l'innovation se produit et les acteurs en présence impliqués (Nederlof et al., 2011; Wigboldus et al., 2016). De nos jours les approches multi-acteurs sont les plus promues. Elles ont été utilisées pour plusieurs fonctions et les dénominations utilisées varient selon les contextes (réseaux d'innovation, réseaux d'intervenants, plateformes multi-acteurs et récemment plateforme d'innovations) (Wigboldus et al., 2016). Une plateforme d'innovation (PI) est un espace de co-apprentissage et d'échange (Tui et al., 2013). Elle est un groupe d'individus avec différents milieux et d'intérêts qui se réunissent pour diagnostiquer les problèmes, identifier les opportunités et trouver des moyens d'atteindre leurs objectifs dans une filière donnée (Tui et al., 2013). De ce fait, l'importance des PI se trouve dans la prise en compte d'une diversité d'acteurs dans le processus d'innovations (chercheurs, agriculteurs, entrepreneurs privés, organisations non gouvernementales, acteurs gouvernementaux et autres partenaires), supposant une diffusion et une adoption plus facile des innovations (Hall et Clark, 2010). Dans ce sens, plusieurs études ont prouvé l'importance des plateformes dans la diffusion des innovations en agriculture (Adekunle et Fatunbi, 2012; Hall et Clark, 2010; Isckia, 2011; Teno, 2013, 2013). Néanmoins, ces approches de diffusion, holistiques qu'elles soient, ne sont pas des acquis en soit.

Les récents critiques à propos de ces approches de diffusion des innovations restent le fait qu'elles conduisent fréquemment vers les effets indésirables et non anticipés (Floquet et al., 2014; Wigboldus et al., 2016). Par exemple, Floquet et al. (2014) avaient rapporté au Bénin le cas d'une PI de transformation de soja en aliments de nourrissons (farine de soja pour bébé) qui a été déroutée vers la fabrication de fromage de soja et l'offre de grains de soja à d'autres entreprises de production. Cette idée ressort clairement à travers les explications de Hall et Clark (2010) qui estimaient que les approches d'innovations multi-acteurs se déroulent dans un environnement qui peut favoriser ou au contraire restreindre l'innovation. Par ailleurs, d'autres auteurs (voir par exemple Libmann et al., 2011) estiment que les systèmes d'innovations constituent des « boîtes noires » et ne permettent pas l'accès aux innovations aux acteurs extérieurs.

En se basant ces critiques de Floquet et al. (2014), Hall et Clark (2010) et Wigboldus et al. (2016), il apparaît que l'efficacité des PI semble une problématique

et est influencée par les facteurs sociaux, économiques (marchés) et institutionnels (Floquet et al., 2014; Klerkx et al., 2012; Ouidoh et al., 2018). Le contexte socioculturel reste faiblement pris en compte dans l'analyse de l'efficacité des systèmes d'innovation (Doloreux et Bitard, 2005; Kahn, 2010). L'objectif de cet article est de contribuer aux théories des systèmes d'innovations à travers l'analyse de l'influence du contexte socioculturel sur l'efficacité des PI. Cette analyse sera basée sur un cas d'étude de PI mise en œuvre sur les légumes feuilles traditionnels (LFT) dans la commune de Boukoubé au Bénin.

## 2. Cadre théorique de l'étude

Un système d'innovation est un groupe de composantes travaillant vers un objectif commun (Bergek et al., 2008; Tui et al., 2013). Les composantes d'un système d'innovation sont les acteurs, les réseaux et les institutions contribuant à la fonction globale de développement, diffusion et utilisation de nouveaux produits (biens et services) et de nouveaux procédés (Bergek et al., 2008). La fonction principale d'un système d'innovation est la mise en partenariat des acteurs pour la réalisation des objectifs communs de développement (Bergek et al., 2008). Pour ces auteurs, la performance du système est appréciée à travers l'efficacité du système ou simplement l'atteinte de ces objectifs. Pour d'autres auteurs dont Pan et al. (2010), la performance d'un système d'innovation doit intégrer l'analyse de l'efficacité en termes de rapport entre investissement et résultats obtenus. Quel que soit le cas, il apparaît clairement que la réalisation de l'objectif à l'initiation du système d'innovation est primordiale (Bergek et al., 2008; Lebas, 1995; Pan et al., 2010). En conséquence, l'efficacité (l'atteinte des objectifs de départ) est utilisée pour apprécier la performance du système d'innovation étudié, en particulier, la plateforme d'innovation sur les LFT.

En s'inspirant des travaux de Klerkx et al. (2012) les facteurs qui entravent la performance des systèmes d'innovation se résument à la défaillance infrastructurelle, l'échec institutionnel, la faible capacité technique des acteurs en interaction et la défaillance de la structure du marché. En addition, il ressort des travaux de Mondal et al. (2010) que des facteurs liés à une technologie ainsi que les connaissances et compétences connexes peuvent conduire à une contre-performance d'un système d'innovation.

L'échec institutionnel au sens de Klerkx et al. (2012) fait référence à la faiblesse du système de gouvernance du processus d'innovation. L'institution dans ce cas occulte les facteurs socioculturels qui constituent un des facteurs importants du développement territorial (Doloreux et Bitard, 2005; Kahn, 2010). Les facteurs socioculturels sont relatifs aux structures sociales et à une

---

\* Auteur Correspondant : [nasserbaco@yahoo.fr](mailto:nasserbaco@yahoo.fr)  
Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin

culture spécifique qui contribue à les caractériser (Ak-pavi et al., 2013). La plupart des travaux qui s'intéressent à l'analyse de la mise en œuvre des systèmes d'innovation se focalisent sur les questions de marchés (Floquet et al., 2014; Ouidoh et al., 2018) ou la dynamique des acteurs et réseaux d'acteurs (Adechian et al., 2019; Bisseleua et al., 2018). Les facteurs socioculturels sont faiblement impliqués dans l'analyse de la performance des systèmes d'innovation. A travers l'étude de cas d'une plateforme d'innovation autour des LFT, le présent papier contribue à préciser l'importance des facteurs socioculturels dans la mise à échelle des innovations.

### 3. Méthodologie

#### 3.1. Contexte et zone d'étude

La plateforme d'innovation étudiée dans le cadre de cette étude est mise en place en 2015 par le projet MicroVeg (Microdosing indigenous vegetable to combat poverty) mise en œuvre au Bénin entre Mars de 2015 et Mars 2018. L'objectif global du projet est de faire la promotion des légumes feuilles traditionnels (LFT) à travers la fertilisation microdose pour améliorer la sécurité alimentaire et économique des agriculteurs ouest-Africains. Il est mis en œuvre au Bénin et au Nigeria et financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et le Ministère des affaires étrangères du Canada. Au Bénin, MicroVeg a intervenu dans 14 communes répartis dans les départements de Borgou, Alibori, Atacora, Donga, Zou, Mono, Atlantique et Littoral. Trois principaux LFT sont promus par ce projet à savoir *Solanum Macrocarpum* (gboma), *Amaranthus Cruentus* (aléfo), *Ocimum Gratissimum* (tchiayo). Afin d'atteindre son objectif, deux types de PI sont installés :

- Plateforme opérationnelle : elle est installée au niveau village.
- Plateforme stratégique : elle est installée au niveau communal et régional. Elle est un regroupement des PI opérationnelles.

Les analyses dans cet article portent sur les PI opérationnelles afin d'apprécier l'influence du contexte socioculturel des acteurs au niveau micro sur l'efficacité des PI. La PI cas d'étude est installée à Kounakogou dans la commune de Boukoubé. Cette PI a été choisie du fait qu'elle présente la dynamique recherchée à travers l'objectif de cette étude. Cette idée est soutenue par Steyaert et Landström (2011) qui recommandent le choix d'un cas qui présente la dynamique à expliquer dans le cadre d'une étude qualitative compréhensive. Une présentation complète de cette PI est faite à la première section des résultats.

#### 3.2. Données collectées et techniques de collecte

Les données collectées portent sur la structure et le fonctionnement de la PI étudiée. Il s'agit des types d'acteurs en présence, l'évolution des activités des acteurs, les contraintes majeures rencontrées et les perceptions sur le fonctionnement du système. Ces données sont collectées durant le suivi des activités des PI établies à travers une combinaison de technique de collecte :

- *Observation directe* : elle a consisté à prendre part aux différentes activités de PI afin de comprendre les comportements des acteurs, leur implication aux activités, les rapports de force entre les acteurs, la présence aux rencontres, etc. ;
- *Enquête d'opinion* : elle a consisté à s'entretenir individuellement avec quelques participants après les séances d'activités dans la PI.

#### 3.3. Analyse de données

L'analyse de discours thématique est utilisée pour analyser les données. Elle s'est faite en trois étapes. Le discours des acteurs a été transcrit fidèlement dans un premier temps. Ensuite, les discours transcrits ont été examinés afin de repérer les facteurs socioculturels qui transparaissent dans les opinions des acteurs. Enfin, les différents facteurs ont été confrontés pour faire émerger les groupes de facteurs qui sont interprétés dans les résultats à la lumière de l'objectif de l'étude. Des illustrations ont été faites dans l'article en rapportant des extraits de discours des acteurs en italique et entre guillemets.

### 4. Résultats

#### 4.1. Présentation de la PI de Kounakogou

La PI étudié est installé dans le village de Kounakogou dans la commune de Boukoubé, département de l'Atakora. Elle a été initiée en 2015 par l'ONG Alpha-Oméga Environnement (AOE) dans le cadre du projet MicroVeg.

L'activité principale dans ce village est le maraîchage. Les principales cultures maraîchères par ordre d'importance sont le gombo, crinrin, piment, Tikôkti (*Ceratotheca sesamoides*) oignon, tomate, amarante, bissap vert, solanum. La commune de Natitingou est la principale zone urbaine de l'Atacora qui draine le marché de produits maraîchers et des LFT en particulier. Kounakogou étant un village enclavé et situé derrière les collines. Les voies qui mènent dans ce village sont difficilement praticable, rendant la commercialisation des légumes cultivés difficile. Les LFT produits sont essentiellement vendus à Natitingou.

Afin de faciliter la mise à échelle des innovations sur les LFT dans cette zone, le projet MicroVeg à travers l'ONG AOE a initié la mise en place de cette PI. Les innovations du projet sont essentiellement les LFT

(principalement *Solanum macrocarpum* (gboma); *Amaranthus cruentus* (Alefo) et *ocimum gratissimum* (Tchayo)), semences améliorées de ces LFT, la technique microdose et les produits alimentaires dérivés de LFT (tableau 1).

Tableau 1: Innovations promues par le projet MicroVeg

Table 1 : Innovations promoted by MicroVeg project

Innovations	Descriptif
Légumes feuilles traditionnels	Semences de <i>Solanum macrocarpum</i> ; <i>Amaranthus cruentus</i> ; <i>ocimum gratissimum</i>
Semences de LFT	Semences de <i>Solanum macrocarpum</i> ; <i>Amaranthus cruentus</i> ; <i>ocimum gratissimum</i>
Microdose	Technique de fertilisation utilisant moins d'engrais
LFT transformés	LFT séchés, LFT blanchis, sirop et jus, aliments enrichis en LFT (Toubani, Ablo, Amuse-gueule, Ata, etc)

#### 4.2. Type d'acteurs dans la plateforme d'innovation

Cinq types d'acteurs sont impliqués dans la PI. Il s'agit des fournisseurs d'intrants, producteurs, commerçantes, transformateurs, transporteurs de LFT. L'effectif total des acteurs en interaction à la création de la PI était 21. En plus de ces acteurs, les acteurs de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA) et de la Mairie de la commune sont également impliqués afin de faciliter la prise en compte des plaidoyers des acteurs de la filière. Le technicien de l'ONGs joue le rôle de facilitation entre les acteurs.

Les producteurs de LFT impliqués dans la PI sont issus des organisations de producteurs (OP), lesquels ont été identifiés par leurs OP respectives pour les représenter. Selon ces acteurs, ils ont été choisis en se basant sur leur capacité à assimiler les apprentissages et à rendre compte aux membres de leur groupe.

Tableau 2: Acteurs de la PI à l'initiation

Table 2 : Actors involved in innovation platform at initiation

Type d'acteurs dans la PI	Effectif à l'initiation		
	Homme	Femme	Ensemble
Fournisseurs d'intrants	1	0 (0%)	1
Producteurs	8	4 (50%)	12
Commerçantes	0	3 (100%)	3
Microindustrie/ Transformateur	0	1 (100%)	1
Transporteurs	1	0 (0%)	1
Cantines des Lycées et collèges	0	2 (100%)	2
ATDA	1	0 (0%)	1
Mairie	1	0 (0%)	1
Total	12	10 (45%)	22

#### 4.3. Evolution de la production des principaux légumes feuilles traditionnels

La figure 1 présente la dynamique des quantités de LFT vendus par producteur membre de PI. Les principaux LFT produits par les acteurs de la PI sont *Corchorus olitorius* (crincrin en Français, Tifanhanti en langue locale Otamari), *Solanum macrocarpum* (gboma); *Amaranthus cruentus* (Alefo) et *ocimum gratissimum* (Tchayo).

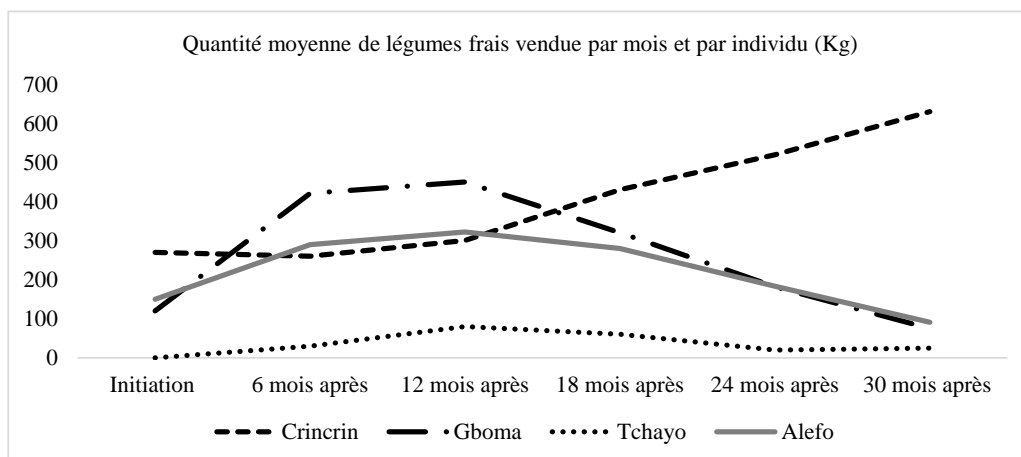


Figure 1: Evolution de la quantité moyenne de légumes frais vendue par mois par producteur membre de plateforme d'innovation (en Kg). Une botte de légumes feuilles frais pèse environ 0,3kg.

Figure 1 : Evolution of the average monthly quantity of fresh vegetables sold per producer member of innovation platform (in Kg). A bunch of fresh leafy vegetables weighs about 0.3kg.

D'après cette figure, il ressort que les maraîchers de la PI produisaient faiblement les LFT promus par le projet. Ainsi, à l'initiation, les différents LFT étaient cultivés (à l'exception de Tchayo) mais avec une prépondérance de crinrin. Pendant la première année d'intervention du projet, la production des LFT promus par le projet a connu un accroissement et cela se remarque à travers l'augmentation de la quantité moyenne vendue par individu (figure 1). Pendant cette période, la quantité de crinrin vendu est restée pratiquement constante.

La première année d'intervention du projet semble être une phase d'apprentissage des producteurs. Pendant cette période, les bonnes pratiques de productions, en particulier la fertilisation microdose a été expérimentée sur les LFT promus sous accompagnement des facilitateurs des ONGs partenaires du projet. De même, la mise en réseau a constitué une ouverture de nouvelles opportunités de marchés (partenariat avec les commerçantes, entreprises de transformation, restaurants, hôtels, etc.) aux producteurs qui ont adopté les LFT promus par le projet.

A partir de la deuxième année, une chute progressive des quantités moyennes vendues est observée pour les LFT promus alors qu'un accroissement se remarque au niveau de crinrin (figure 1).

Selon les producteurs de la PI, les innovations introduites dans la production de LFT, particulièrement la fertilisation microdose a permis d'améliorer la productivité des légumes. De la même manière, ils estiment que la commercialisation des LFT est devenue plus facile du fait qu'ils sont directement en contact avec les commerçantes des milieux urbains. Pour les acteurs de PI la chute de la production des LFT promus dérive d'une habitude socioculturelle de la zone. La demande de ces LFT semble faible du fait que la population de l'Atacora privilégie les sauces gluantes (crinrin, gombo) dans leur habitude alimentaire. Ces perceptions se comprennent aisément à travers cet extrait d'opinion d'un producteur de la PI.

*« La création de cette association est pour nous une très bonne chose. Avant, pour vendre nos légumes, il faut aller à Natitingou ou au Marché Manta (Boukoubé centre). Mais actuellement, plus de difficultés, nous sommes en relation avec les commerçantes et les écoles.... Les légumes du projet sont bons mais nous nous n'aimons pas ces légumes. Dans l'Atacora ici, nos parents nous ont éduqués avec les sauces gluantes accompagnées de la pâte de sorgho ou de mil. C'est l'arrivée des Danhomè (Danhomè est l'appellation de ceux qui sont venus du Sud-Bénin) qui a fait que nous connaissons ces légumes. »*

Pour d'autres producteurs :

*« La vente de ces légumes (solanum, amarante et basilic) n'est pas intéressante comme celle de crinrin. Par exemple, le crinrin se vend en paniers (en gros), mais c'est difficile de trouver des ventes en gros pour les légumes de l'ONG (légumes promus par le projet MicroVeg). Les détaillantes quittent les communes environnantes comme Cobly, Matéri, Tanguiéta, Natitingou et même le Togo pour acheter le crinrin. »*

Les mêmes perceptions ressortent des opinions des commerçantes détaillantes. Pour elles, « la plupart des acheteurs de gboma sont les Danhomè. Nous vendons quand même mais la vente n'est pas importante comme gombo et crinrin...qui ne nécessite pas assez de condiments pour la cuisine ». Il ressort donc que les LFT promus par le projet semblent être exigeants en condiments pour la cuisine contrairement aux gluants. Ainsi, la population aurait préféré les gluants pour réduire les dépenses de cuisines. Dans ce sens, ces légumes sont qualifiés de « sauces des riches » dans cette zone du Bénin. La demande des consommateurs régulièrement enregistrée par les commerçantes détaillantes de la PI a amené les producteurs à progressivement substitué la production des LFT promus par le projet par celle de crinrin.

#### **4.4. Incidence du contexte socioculturel sur le système d'innovation mise en œuvre**

Il ressort que la consommation des légumes gluants dont crinrin est une des caractéristiques socioculturelles de la population de l'Atacora, en particulier celle de Boukoubé. Cette importance socioculturelle a contribué à la place de choix accordée aux légumes gluants dans le système de production de la zone. En conséquence, les bonnes pratiques culturelles introduites par le projet sont détournées par les acteurs vers la mise à échelle des légumes d'intérêt (figure 2). La première année du fonctionnement de la PI semble une année d'apprentissage des pratiques innovantes de production des LFT qui ont été par la suite adaptées aux légumes d'intérêts dans la zone au détriment des légumes promus par le projet. De même, la mise en connexion avec les commerçantes détaillantes et des consommateurs a favorisé une mise à échelle rapide des légumes d'intérêt, en particulier le crinrin dont la quantité commercialisée a doublé dans le temps. L'objectif à l'initiation de la plateforme d'innovation, qui était la mise à échelle de la consommation des LFT promus (solanum, amarante et basilic) par intégration de la fertilisation microdose dans la production, semble être dérouté. Les pratiques de fertilisation microdose ont été néanmoins adoptées mais au profit des légumes gluants qui constituent le principal légume demandé par les consommateurs.

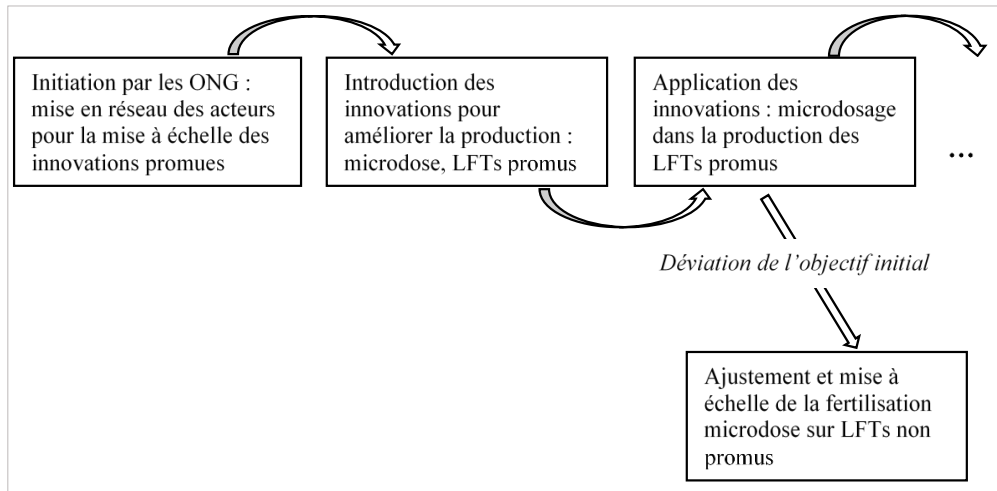


Figure 2: Processus d'application de la fertilisation microdose dans la commune de Boukoubé

Figure 2 : Application process of microdosing fertilization in Boukoubé

## 5. Discussion

La mise à échelle des légumes feuilles traditionnels par intégration de la fertilisation microdose dans la commune de Boukoubé est un exemple idéal pour illustrer la mesure dans laquelle un système d'innovation peut conduire à un résultat inattendu. Cette caractéristique des systèmes d'innovation, en particulier les PI, constitue un débat fréquent dans la littérature sur la diffusion des innovations dans des contextes africains (Dearing, 2009; Floquet et al., 2014; Hall et Clark, 2010; Lee et al., 2012; S. Nederlof et al., 2011; Ouidoh et al., 2018). Une PI, initialement perçue comme un espace de co-apprentissage pour l'atteinte d'un objectif commun, est fréquemment initiée par des organisations de recherche-développement dans le but de faire la promotion d'une innovation donnée (Nederlof et al., 2011). Dans la recherche de l'atteinte de cet objectif, les caractéristiques du contexte de la mise en œuvre, parfois difficilement maîtrisable, sont faiblement diagnostiquées et conduit fréquemment aux échecs (Hall et al., 2003). Selon Floquet et al. (2014) les systèmes d'innovations ne devraient pas être orientés vers le développement d'une chaîne de valeur ajoutée (CVA) spécifique. A travers le cas de soja, ces auteurs (Floquet et al., 2014) ont montré que les trajectoires des processus d'innovation sont en grande partie inattendues et non planifiées au tout début de l'initiative. Ces résultats témoignent donc que les plateformes d'innovation sont faiblement adaptées à la dissémination d'une innovation technologique

comme les LFT dans le cadre de cette étude. Elles semblent plus efficaces pour l'introduction des innovations organisationnelles (Tui et al., 2013).

Pour la plupart des auteurs, le débat sur la réussite de la mise en œuvre d'un système d'innovation est orienté vers le contexte socio-économique (Dorosh et al., 2016; Floquet et al., 2014; Lee et al., 2012; Ouidoh et al., 2018). Par exemple, Ouidoh et al. (2018) ont montré que la mise en œuvre des PI semble plus facile dans un contexte d'existence de marchés. A travers le cas d'étude de la commune de Boukoubé, le contexte socioculturel s'est révélé comme un facteur crucial dans la mise en œuvre d'un système d'innovation. Tout a commencé dans l'optique de mettre à échelle des CVA des légumes promus par un projet, mais du fait des exigences culturelles de la zone, une autre CVA a été promue. Du fait des éléments de contexte difficilement maîtrisable, les processus de co-innovantes sont difficiles à imiter et à reproduire (Lee et al., 2012). La prise en compte de ces facteurs dans la mise en œuvre des PI semblent importante. Sous la pression socioculturelle, les systèmes d'innovation subissent des déviations très rapides et peuvent générer des résultats inattendus (Klein et al., 2009).

Par ailleurs, le cas d'étude présenté permet de confirmer la relation étroite entre les facteurs économiques et culturels (Doloreux et Bitard, 2005; Kahn, 2010). La valeur culturelle attribuée à un produit favorise son importance économique et cela se constate aisément à travers le cas des légumes gluants culturellement appr-

ciés par la population de la zone d'étude. Cette imbrication pourrait expliquer le fait que la plupart des études s'intéressent aux facteurs socio-économiques dans l'explication de l'efficacité des systèmes d'innovation. Néanmoins, dans le même sens que Kahn (2010) et Klein et al. (2009), la dimension socioculturelle semble plus importante dans les processus de co-innovation pour un développement territorial.

## 6. Conclusion et implications

A travers l'analyse de la plateforme de LFT mise en œuvre dans la commune de Boukoubé, l'étude a permis de montrer que les facteurs socioculturels constituent un déterminant de l'efficacité des systèmes d'innovation. L'objectif de la plateforme à l'initiation était la mise à échelle de la consommation de trois principaux LFT (*Solanum Macrocarpum* (gboma), *Amaranthus Cruentus* (aléfo), *Ocimum Gratissimum* (tchiayo)) par intégration de la fertilisation microdose dans la production. Mais cet objectif s'est vu dévié vers la mise à échelle de *Corchorus olitorius* (crinclin) du fait des exigences socioculturelles de la zone.

En premier lieu, l'étude permet de confirmer les travaux de Floquet et al. (2014) qui estimaient que les systèmes d'innovation, en particulier les PI ne devraient pas se focaliser sur le développement d'une chaîne de valeur donnée à l'initiation. Les orientations possibles émergent avec le temps selon le contexte dans lequel le système opère.

En deuxième lieu, l'étude a contribué à l'analyse de l'efficacité des plateformes d'innovation en ressortant le rôle déterminant du facteur socioculturel. Les approches de mise à échelle des innovations devraient intégrer ce facteur afin de limiter les résultats inespérés.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAI), Projet n° 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project]. L'auteur remercie ses collègues Akponikpè P.B.I., Djènontin A.J., et Sossa-Vihotogbé C.N.A. à l'Université de Parakou, et les partenaires : Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet.

## CONFLIT D'INTERET

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

## REFERENCES

- Adechian, S.A., Baco, M.N., Akponikpe, P.B.I., Djenontin, A.J., Sossa-Vihotogbe, C.N.A., Ouidoh, F.N., 2019. Actors' mobilization for indigenous leafy vegetables sector development: an experience from MicroVeg project in Benin. *Acta Hort.*, 1238: 1–10. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.1>
- Adekunle, A.A., Fatunbi, A.O., 2012. Approaches for setting-up multi-stakeholder platforms for agricultural research and development. *World Appl. Sci. J.*, 16 (7): 981–988.
- Akpavi, S., Kanda, M., Odah, K., Akpakpah, K.E., Kossi-Titrikou, K., Boutaré, I., and Akpagana, K. (2013). Valeur socio-culturelle des plantes alimentaires: un facteur de préservation. *Eur. Sci. J.* 9, 383–395.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., Rickne, A., 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Res. Policy*, 37(3): 407–429.
- Bisseleua, D.H.B., Idrissou, L., Olurotimi, P., Ogunniyi, A., Mignouna, D., Bamire, S.A., 2018. Multi-stakeholder process strengthens agricultural innovations and sustainable livelihoods of farmers in Southern Nigeria. *J. Agric. Educ. Ext.*, 24(1): 29–49.
- Dearing, J.W., 2009. Applying diffusion of innovation theory to intervention development. *Res. Soc. Work Pract.*, 19(5): 503–518.
- Doloreux, D., Bitard, P., 2005. Les systèmes régionaux d'innovation: discussion critique. *Géographie Économie Société*, 7(1): 21–36.
- Dorosh, P.A., Rashid, S., van Asselt, J., 2016. Enhancing food security in South Sudan: the role of markets and regional trade. *Agric. Econ.*, 47(6): 697–707.
- Floquet, A., Vodouhê, G., Michaud, A., Bridier, B., Vodouhê, S.D., 2014. How innovation processes unfold along unexpected trajectories: the case of soy in Benin. In *Agricultural Innovation Systems in Africa (AISA)*, 29–31 May 2013, Nairobi, Kenya, 104–108.
- Hall, A., Clark, N., 2010. What do complex adaptive systems look like and what are the implications for innovation policy? *J. Int. Dev.*, 22(3): 308–324.
- Hall, A., Sulaiman, V.R., Clark, N., Yoganand, B., 2003. From measuring impact to learning institutional lessons: an innovation systems perspective on improving the management of international agricultural research. *Agric. Syst.*, 78(2): 213–241.
- Isckia, T., 2011. Ecosystèmes d'affaires, stratégies de plateforme et innovation ouverte: vers une approche intégrée de la dynamique d'innovation. *Manag. Avenir*, 6:157–176.

- Kahn, R., 2010. La dimension culturelle du développement territorial. *Rev. DEconomie Reg. Urbaine*, 4: 625–650.
- Klein, J.-L., Fontan, J.-M., Harrisson, D., Lévesque, B., 2009. L'innovation sociale au Québec: un système d'innovation fondé sur la concertation. *Cahiers du CRISES, Collection Études théoriques – no ET0907*, 66p.
- Klerkx, L., Van Mierlo, B., Leeuwis, C., 2012. Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions, in: *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer, 457–483.
- Lebas, M.J., 1995. Performance measurement and performance management. *Int. J. Prod. Econ.*, 41(1): 23–35.
- Lee, S.M., Olson, D.L., Trimi, S., 2012. Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values. *Manag. Decis.*, 50(5): 817–831.
- Libmann, F., Breesé, P., Versailles, D.W., Mérindol, V., 2011. Innover, oui mais comment? *Doc.-Sci. Inf.*, 48(1): 38–49.
- Mondal, M.A.H., Kamp, L.M., Pachova, N.I., 2010. Drivers, barriers, and strategies for implementation of renewable energy technologies in rural areas in Bangladesh—An innovation system analysis. *Energy Policy*, 38(8): 4626–4634.
- Nederlof, E.S., Wongtschowski, M., van der Lee, F., 2011. *Putting heads together: agricultural innovation platforms in practice*. KIT publishers, Amsterdam.
- Ouidoh, F.N., Baco, M.N., Akponikpe, P.I., Djenontin, A.J., Sossa-Vihtogbe, C., Adechian, S.A., 2018. Facteurs influençant la mise en oeuvre des plateformes d'innovation: Cas des plateformes de légumes feuilles traditionnels au Bénin. *Afr. J. Rural Dev.*, 3(1): 705–721.
- Pan, T.-W., Hung, S.-W., Lu, W.-M., 2010. DEA performance measurement of the national innovation system in Asia and Europe. *Asia-Pac. J. Oper. Res.*, 27(3): 369–392.
- Steyaert, C., Landström, H., 2011. Enacting entrepreneurship research in a pioneering, provocative and participative way: on the work of Bengt Johannisson. *Small Bus. Econ.*, 36(2): 123–134.
- Teno, G., 2013. Impact evaluation of an innovation platform on improvement of crop and livestock productions in four villages of Yatenga province, Northern Burkina Faso (Master Thesis). University of Montpellier 1.
- Tui, S.H.-K., Adekunle, A., Lundy, M., Tucker, J., Birachi, E., Schut, M., Klerkx, L., Ballantyne, P., Duncan, A., Cadilhon, J., others, 2013. What are innovation platforms? *Innovation platforms practice brief 1. Innov. Platf. Pract. Brief 1*, 1–7.
- Wigboldus, S., Klerkx, L., Leeuwis, C., Schut, M., Muilerman, S., Jochemsen, H., 2016. Systemic perspectives on scaling agricultural innovations. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 36(3): 46–66. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0380-z>.





## Quels défis pour le développement des chaînes de valeurs des légumes feuilles traditionnels au Bénin ?

Soulé Akinhola ADÉCHIAN<sup>1\*</sup>, Larissa U. Bayébafe AKPONIKPÈ<sup>1</sup>, Mohamed Nasser BACO<sup>1</sup>, Pierre B. Irénikatché AKPONIKPÈ<sup>2</sup>, André Jonas DJÈNONTIN<sup>3</sup>, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBÉ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Société-Environnement (LaSEn), Université de Parakou, Bénin

<sup>2</sup> Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Université de Parakou, Bénin

<sup>3</sup> Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (DAGR), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

<sup>4</sup> Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires (DNSAA), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

### What challenges for the development of indigenous leafy vegetable value chains in Benin?

**Abstract:** This article aims to identify the challenges for sustainable development of indigenous leafy vegetable (ILVs) sector in Benin. The data used are from two sources: primary data collected from 130 small agropreneurs and secondary data by using database of the Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche (MAEP) and FaoStat. Diachronic analysis and descriptive statistics (frequency, average comparison) were used for data analysis. It appeared the lack of improved seeds, the low quality of the ILV produced, the difficulty of access to land by gender, unsuitable practices of fertilization are the main constraints in ILV production. At marketing level, the constraints are: low income related to ILV, low motivation of farmers for entrepreneurial initiatives and the high level of perishability of ILV. The perishable nature of the ILV is at the heart of the marketing constraints according to the farmers' perception. Each of these constraints are the challenges for scientific research for improving ILV sector in Benin.

**Keywords:** Benin, challenges of development, indigenous leafy vegetable, agricultural value chain.

**Résumé :** Le présent article a pour objectif d'identifier les défis pour une promotion durable de la filière légumes feuilles traditionnels (LFT) au Bénin. Les données utilisées sont de deux types : données primaires collectées auprès de 130 maraîchers et les données secondaires par exploitations des données du Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche (MAEP) ainsi que celles de FaoStat. L'analyse diachronique et les statistiques descriptives (fréquence, moyenne, comparaison de moyennes) ont servi à analyser les données. Les défis de la production se résument à l'inexistence de semences de qualité, à la qualité des LFT produits, aux difficultés d'accès à la terre par les femmes et à la faible maîtrise des pratiques culturales. Quant à la commercialisation au niveau des maraîchers, les défis sont le faible revenu lié aux LFT, le faible esprit entrepreneurial des acteurs et le niveau de périssabilité élevé des LFT. Le caractère périssable est à la base des contraintes de commercialisation selon la perception des acteurs. Chacune de ces défis identifiés constitue une piste de recherche qui mérite d'être explorée pour le développement des chaînes de valeur de LFT au Bénin.

**Mots clés:** Bénin, défis de développement, légumes feuilles traditionnels, chaîne de valeur agricole.

## 1. Introduction

Les deux décennies passées sont marquées par la lutte contre l'insécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté particulièrement dans les pays africains. Dans cette dynamique, la consommation des légumes feuilles traditionnels (LFTs) est encouragée. Cette stratégie s'insère également dans la ligne directrice de l'initiative mondiale de l'OMS visant réduire la faim et la pauvreté en Afrique (Gido et al., 2017). Ce choix porté sur les LFTs s'expliquait par le fait que les LFTs sont une source de nutrition de haute qualité, facilement accessibles, peu coûteux pour les pauvres et contiennent des minéraux et des vitamines dépassant ceux de la plupart des légumes exotiques (Singh et al., 2011). A ces potentialités s'ajoutent celles socio-économiques à travers la génération de revenu et la création des emplois (Nouatin and Bachabi, 2010) et environnementales à travers le recyclage des déchets, effets antiérosifs et l'assainissement des villes (Temple and Moustier, 2004).

A cet effet, plusieurs projets et programmes de recherche-développement ont été mis en œuvre pour promouvoir la filière LFTs. C'est l'exemple des projets Microveg, Projet de Sécurité Alimentaire par l'Intensification Agricole, etc. Il s'en est suivi une augmentation de la production, mais qui s'est accompagnée des contraintes qui minent la durabilité du système (Temple and Moustier, 2004). L'une des contraintes majeures est celle liée à la difficulté de commercialisation engendrée par le caractère périssable des LFTs (Akinlade et al., 2016 ; Diouf et al., 1999 ; Kouame et al., 2013). Dans ce sens, Neilson and McKenzie (2016) estiment que le recours à la technologie appropriée dans la production ne suffit pas pour encourager une adoption des innovations de façon durable. Mais la commercialisation des produits issus de l'application de l'innovation semble plus importante que l'innovation elle-même. La qualité sanitaire des LFTs produits sont de plus en plus mise en cause du fait des pratiques de production peu respectueuses de l'environnement développées par les maraîchers (Assogba-Komlan et al., 2007). Par conséquent, il advient que les initiatives de lutte contre l'insécurité alimentaire et de réduction de la pauvreté à base de LFTs devront faire face à plusieurs défis. Un diagnostic de ces défis contribuerait à faciliter la prise de décision de recherche-développement. Le présent article s'insère dans cette dynamique et vise à identifier les principaux défis à relever pour le développement de la filière LFTs au Bénin.

## 2. Cadre théorique et analytique

Cette étude repose sur l'approche filière agricole. Cette approche a fait l'objet d'une multitude utilisation sous diverses formes en fonction des auteurs et domaines de recherche (Fontan, 2006; Gereffi and Fernandez-Stark, 2011; Madi, 2010). L'approche filière agricole est utilisée pour décrire les différentes opérations nécessaires en passant d'une matière première à un produit fini (Fontan, 2006) ou aboutissant à la production des biens (Madi, 2010). Pour Gereffi and Fernandez-Stark (2011), la filière agricole est une description complète des activités que les exploitations agricoles et les travailleurs réalisent pour amener un produit de sa conception à l'utilisation finale et au-delà. Elle inclut la recherche-développement, la conception, la production, le marketing, la distribution et le soutien au consommateur final (Gereffi and Fernandez-Stark, 2011). La filière agricole est un concept d'analyse et non un type d'organisation existant ou que l'on chercherait à promouvoir (Duteurtre et al., 2000).

En se référant à Ponte and Sturgeon (2014), l'approche filière agricole en tant que méthode d'analyse prend en compte deux dimensions : la dimension technique et la dimension socio-économique. La dimension socio-économique s'intéresse au chemin orienté et reliant les différents maillons partant de la fourniture des intrants à la consommation finale en passant par la production, le transport, la transformation, la commercialisation, etc. Pour ce dernier auteur et au sens de Duteurtre et al. (2000), l'intérêt de l'analyse technique d'une filière agricole est d'identifier et de caractériser les contraintes à la production et à la commercialisation d'un produit, afin de concevoir des actions pour lever ces contraintes. La dimension socio-économique permet de comprendre la dynamique et les stratégies d'acteurs, les mécanismes et stratégies de structuration des prix afin de repérer les contraintes stratégiques (Ponte and Sturgeon, 2014).

Il apparaît donc clairement que la finalité des deux dimensions de l'approche filière en tant que méthode d'analyse concoure à l'identification des goulots d'étranglement pour la production et la commercialisation d'un produit agricole donné. La présente étude s'inscrit dans cette dynamique afin de contribuer à l'identification des défis à de la filière LFTs au Bénin.

---

\* Auteur Correspondant : [adechians@yahoo.com](mailto:adechians@yahoo.com)

Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin

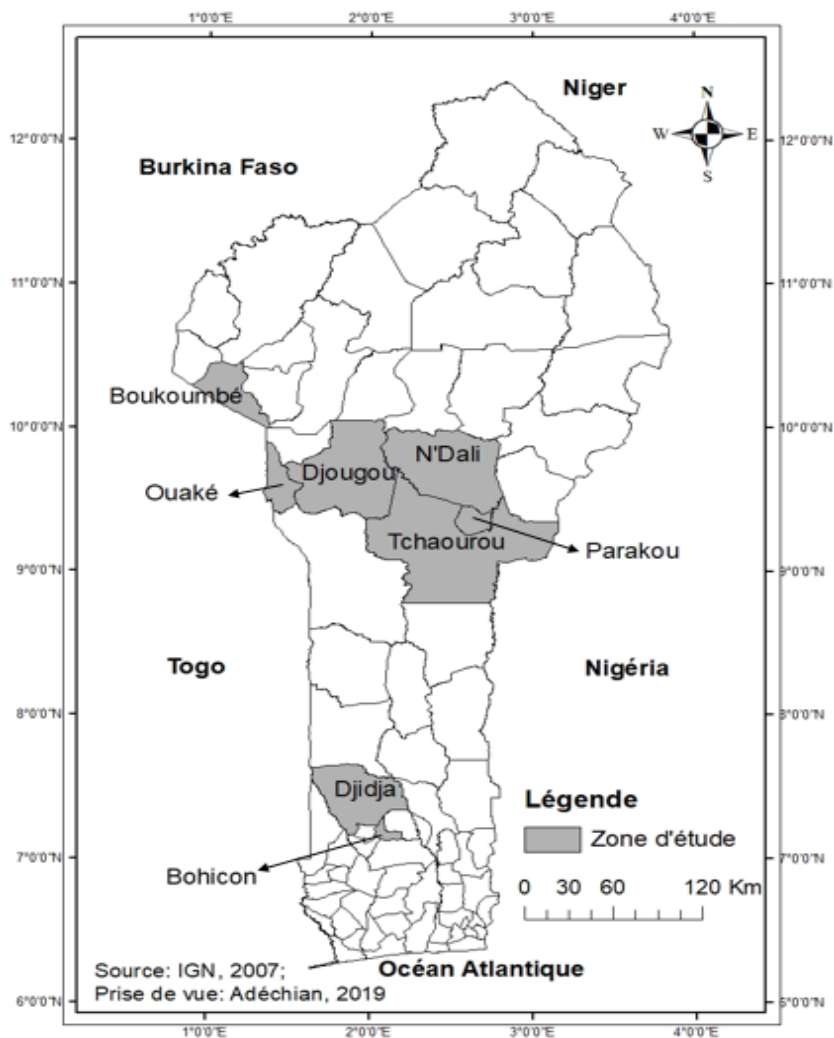


Figure 1 : Zone d'intervention du projet Micro-Veg au Nord et au Centre du Bénin

Figure 1 : Micro-Veg project intervention area in northern and central Benin

### 3. Méthodologie

#### 3.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans les départements de Borgou, Atacora, Donga et Zou. Au total, 9 communes ont été impliquées dans la collecte de données (Figure 1). Ces communes constituent les zones d'intervention du projet Micro-Veg qui vise l'amélioration du pouvoir économique des petits producteurs à travers la promotion des LFT. Cette zone est caractérisée également par des difficultés de commercialisation des LFTs qui offrent un contexte idéal pour l'identification des contraintes de mise en marché.

#### 3.2. Unité d'observation et échantillonnage

Les unités d'observation sont les exploitations maraîchères représentées par le chef d'exploitation. Les sites de productions des produits maraîchers ont été identifiés lors d'une phase exploratoire. Le choix des enquêtés est raisonné. Les critères de choix sont la production la production d'au moins un LFT et la disponibilité du maraîcher à participer à l'entretien. Au total, 130 producteurs de LFTs ont été impliqués dans la collecte de données (Tableau 1).

Tableau 1 : Taille de l'échantillon

Table 1 : Size of sample

Département	Commune	Effectif		Total
		Homme	Femme	
Borgou	Parakou	8	4	12
	Tchaourou	18	7	25
	N'Dali	1	13	14
Donga	Djougou	10	1	11
	Ouaké	10	5	15
Atacora	Boukoubé/Natitingou	15	14	30
Zou	Bohicon	10	2	12
	Djidja	7	5	12
Total	-	79	51	130

### 3.3. Collecte des données

Deux types de données sont utilisés dans le présent article. Il s'agit des données primaires et des données secondaires.

Les données primaires collectées sont relatives aux sources d'approvisionnement en intrants (eau, semences, engrais), les types de terres utilisées et le mode de faire valoir, le mode d'utilisation des intrants, les superficies emblavées, les modes de commercialisation et les formes sous lesquelles les LFTs sont commercialisées ainsi que les modes de commercialisation, les perceptions des acteurs sur la contribution des LFTs au revenu des exploitations maraîchères. Une combinaison de techniques a été utilisée lors de la collecte de ces données primaires. Il s'agit principalement des :

- entretiens non structurés de groupe sur les sites de production et sur les places d'échange commercial en utilisant un guide d'entretien et un enregistreur audio. Cette technique a permis d'avoir une idée générale sur la production et l'organisation de la commercialisation des LFT par les producteurs.

- entretiens structurés individuels par usage d'un questionnaire préétabli à cet effet. Cette technique constitue la principale technique de collecte utilisée.

- observations directes sur les sites de production afin de constater les espèces de LFT prédominantes. A cet effet, un appareil photo a été utilisé.

Les données secondaires collectées sont relatives aux superficies, productions et rendements des légumes feuilles au Bénin. Ces données ont été obtenues dans la base de données de countrystat de la FAO (cf. <https://countrystat.org/home.aspx?c=BEN> consulté 4 avril 2019) entre 2004 et 2012. Du fait de l'inexistence des données pour les autres périodes, des compléments ont été réalisés avec les données du Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (MAEP) du 2013 à 2016.

### 3.4. Analyse des données

L'analyse de données a combiné les approches qualitatives et quantitatives. La statistique descriptive a été utilisée à travers le calcul des fréquences et des

moyennes. L'analyse diachronique a permis d'analyser l'évolution des superficies et rendements des légumes feuilles au cours du temps et de dégager les défis afférents. Cette technique d'analyse a permis aussi d'apprécier l'évolution de la production de légumes feuilles en relation avec le niveau de consommation. Pour ce fait, le niveau de consommation de légumes feuilles considérée est de 6 kg par personne par an au Bénin (Dansi et al., 2008). Ainsi, la consommation annuelle de légumes feuilles pour une année  $i$  a été obtenue en multipliant la taille de la population de cette année  $i$  par la consommation moyenne annuelle de légumes feuilles par individu. Les données démographiques annuelles ont été obtenues sur le site de l'université de Sherbrooke consulté de 5 avril 2019 ([perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/BEN/fr/SP.POP.TOTL.html](http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/BEN/fr/SP.POP.TOTL.html)).

Le test de comparaison de moyenne sur échantillon unique a été utilisé pour comparer la dose moyenne d'engrais minéraux appliquée à celle recommandée par les services publics de vulgarisation agricole (Adechian et al., 2015). Les doses recommandées considérées sont celles publiées par Assogba-Komlan et al. (2007) et variant entre 75 kg à 150 kg à l'hectare. L'analyse de discours thématique ont permis respectivement de rendre compte et d'interpréter les verbatims des informateurs clés (acteurs de la filière LFTs, ONGs, Services publics de vulgarisations agricoles, etc.) en restant fidèle aux objectifs de recherche (Charaudeau, 2009).

Afin d'apprécier la contribution des LFTs au revenu des exploitations maraîchères, les produits agricoles cultivés par les exploitations maraîchères prospectées ont été catégorisés en trois :

- le premier groupe comprend les LFTs. il s'agit des LFTs les plus consommés au Bénin et fréquemment cultivés par les maraîchers. Il comprend entre autres *Solanum Macrocarpum* (gboma), *Amaranthus Cruentus* (aléfo), *Ocimum Gratissimum* (tchiayo) *Corchorus olitorius* (Ayôyô), *Vernonia amygdalina* (amanvivè), etc.
- le deuxième groupe est celui des autres produits maraîchers. Il inclut les légumes feuilles exotiques (laitue par exemple), les légumes fruits (tomates par exemple) et les légumes racines (dont la carotte) ;

- les autres produits agricoles : il s'agit des autres cultures pratiquées par les exploitations maraîchères enquêtées dont le maïs, le riz, l'igname, etc.

## 4. Résultats

Cette section présente les résultats obtenus. Ces résultats sont décrits par sous-section selon les types de contraintes traitées.

### 4.1. Evolution des superficies, rendements et production de légumes feuilles au Bénin

La Figure 2 présente l'évolution des superficies, rendements et productions des légumes feuilles au Bénin entre 2004 et 2016.

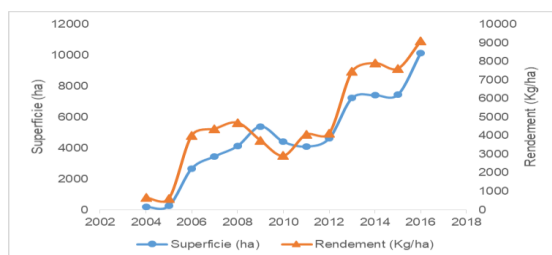


Figure 2 : Evolution des superficies, rendements et productions de légumes feuilles traditionnels au Bénin

Figure 2 : Evolution of cultivated land, yields and production of leafy vegetables in Benin

Source : Adapté de countrystat consulté le 04 avril 2019

Les superficies de légumes feuilles au Bénin ont connu une augmentation globale entre 2004 et 2016. Toutefois, une baisse remarquable a été enregistrée entre 2010 et 2011. La même tendance est observée au niveau du rendement de légumes feuilles.

L'évolution de la production et de la consommation de légumes feuilles traditionnels au Bénin entre 2004 et 2016 est présentée à la Figure 3. D'après cette figure, la production de légumes feuilles a une tendance croissante de même que la consommation moyenne annuelle.

Avant 2012, la production a connu une croissance légère, mais en restant toujours en dessous de la consommation annuelle. A partir de 2012, la production a connu un redressement important jusqu'à dépasser la consommation annuelle autour de 2013. Ensuite, cette production nationale a connu une chute en dessous du niveau de consommation entre 2014 et 2015 avant de remonter à la valeur maximale enregistrée en 2016.

Malgré les fluctuations notées au niveau de la production des légumes feuilles, l'évolution a une tendance croissante polynomiale contrairement à la consommation qui semble être linéaire conformément à l'augmentation démographique. Entre 2013 et 2016, la production annuelle moyenne de légumes feuilles serait est de 69949T contre 62609T de consommation annuelle moyenne. Il advient donc que la production annuelle moyenne serait supérieure à la consommation annuelle moyenne. En conséquence, la commercialisation des légumes feuilles serait problématique.

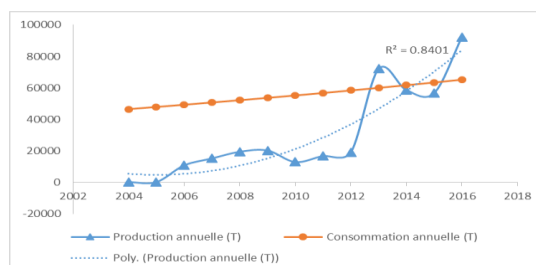


Figure 3 : Evolution de la production et de la consommation de légumes feuilles traditionnels au Bénin

Figure 3 : Evolution of production and consumption of leafy vegetables in Benin

Source : Auteur à partir des données de countrystat consulté le 04 avril 2019

### 4.2 Place des LFT dans le système maraîcher

Les usages faits des LFT produits se résument en autoconsommation, la vente, les dons et les pertes. La figure 4 présente l'importance de chaque type d'usages par département

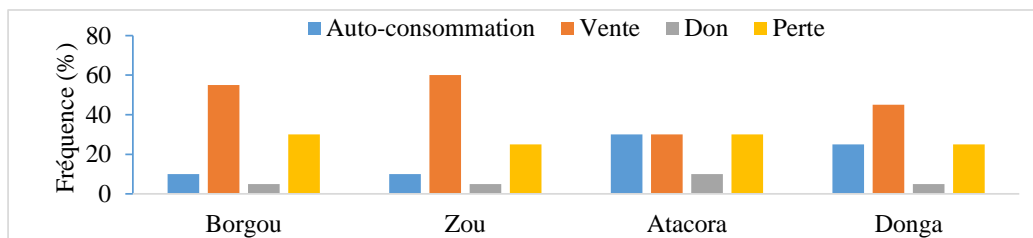


Figure 4 : Usages faits des légumes feuilles traditionnels

Figure 4 : Using of indigenous leafy vegetables

Source: Enquête de terrain 2015

Les usages sont essentiellement orientés vers la vente, traduisant la fonction marchande des LFT. Les pertes occupent une place importante et avoisinent près de 30 % des récoltes. Ces pertes sont induites par le caractère périssable des LFT couplé aux difficultés de commercialisation. Le caractère périssable des LFT se révèle donc comme une contrainte majeure de production à laquelle font face les acteurs de la filière.

### 4.3. Sources d’approvisionnement en semences de LFT

Quatre sources principales d’approvisionnement en semences de LFT ont été identifiées (Figure 5). Il s’agit des épargnes de la saison passée, les dons, usages de jeunes plantules sauvages et l’achat à une source informelle.

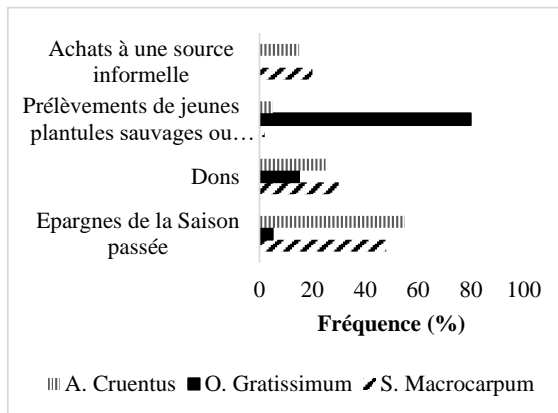


Figure 5 : Sources d’approvisionnement en semences des légumes feuilles traditionnels

Figure 5 : Indigenous leafy vegetables seed supply sources  
Source: Enquête de terrain 2015

L’épargne des saisons passées constitue la source prépondérante d’approvisionnement en semences de *Solanum Macrocarpum* et de *Amaranthus Cruentus* respectivement à 48% et 55%. Les semences sont prélevées des plants arrivés à maturité puis conservées dans des sacs (en sachet) et fréquemment dans des calesasses. Les photos a et b de la figure 6 montrent respectivement la technique de récupération des semences de *Solanum Macrocarpum* et celle de conservation des semences d’*Amaranthus Cruentus*. Ces semences obtenues font parfois objet de dons ou de vente aux autres maraîchers (15%). L’usage de jeunes plantules sauvages prélevées dans les champs est faiblement rencontré dans le cas de ces deux espèces de LFT.

Par contre dans le cas de l’*Ocimum Gratissimum*, la quasi-totalité (80 %) des maraîchers estime qu’ils utilisent les jeunes plantules sauvages ou les rejets prélevés dans les champs. En plus de cette source majeure, s’ajoutent les dons (15 %) et les épargnes des saisons passées (5 %). Les semences sont achetées pour d’autres cultures dont la tomate, la laitue, le chou, la carotte, etc. dans les boutiques de Bénin-semences, UCCoopMa (Union Communale des Coopératives des Maraîchers) et même sur les marchés locaux.

### 4.4 Types de terres utilisées et mode de faire valoir

Trois types de terres sont principalement utilisés dans la production de LFT dans le Nord-Bénin. Il s’agit des terres de bas-fond, des terres de plateau et des terres de cases (figure 7).



(a) Récupération des semences de solanum à Tchatchou, commune de Tchaourou, Borgou



(b) Conservation des semences d’amarante à Sokounon, commune de Parakou, Borgou

Figure 6 : Récupération et conservation des semences de LFT au Nord-Bénin

Figure 6 : Recovery and Conservation of indigenous leafy vegetable seeds in Northern Benin

Source: Auteur, 2015.

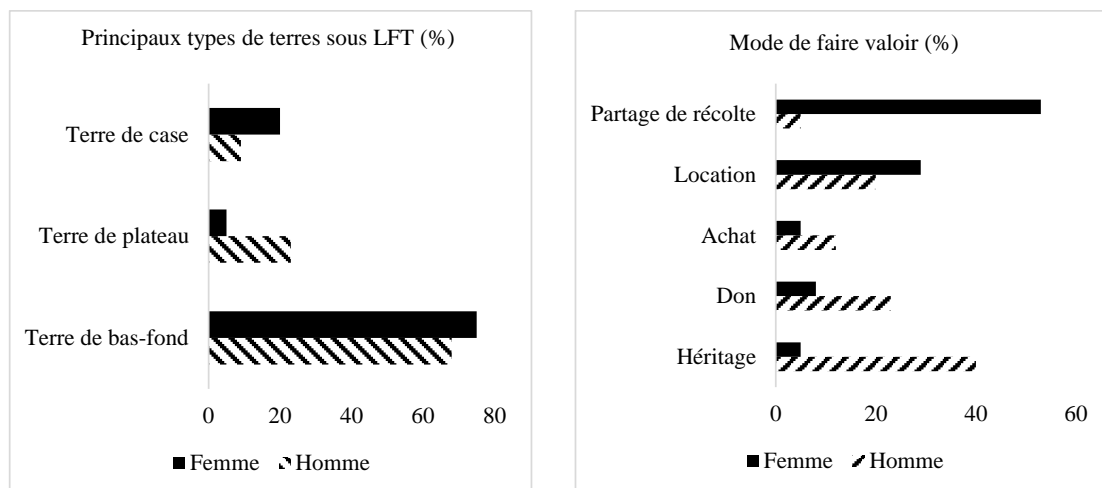


Figure 7 : Principaux types de terres utilisées dans la production de LFT au Nord-Bénin et mode de faire valoir

Figure 7 : Main land types used in indigenous leafy vegetable production in Northern Benin and acquisition method

Source: Enquête de terrain 2015

Quel que soit le sexe, les LFT sont essentiellement cultivés sur les terres de bas-fond ou riveraines d'un cours d'eau selon plus de 75% des enquêtés. Cette pratique est motivée par la facilité d'accès à l'eau pour l'irrigation, la richesse du sol en humus et sa facilité à labourer selon les perceptions des maraîchers. Les terres de plateau sont essentiellement utilisées par les hommes (23%) et nécessite un investissement en système d'irrigation afin de pouvoir faciliter l'accès en eau. Dans le cas contraire, le site maraîcher est installé de manière à recycler les eaux usées provenant des usines. C'est le cas par exemple de la Société des huileries du Bénin (SHB) à Bohicon.

Le mode de faire valoir de ces terres varie selon le sexe. Le mode direct (achat, héritage et don) est principalement observé au niveau des hommes avec une prépondérance de l'héritage (40%). Néanmoins, à en croire les femmes, le mode indirect (location, partage de récolte) est observé avec une prépondérance du partage de récolte (53%). L'achat des terres est essentiellement noté dans le Zou.

#### 4.5. Pratique de fertilisation sous les LFT

La fumure organique est utilisée dans la moindre mesure et apportée en fumure de fond. Elle organique est constituée de bouses de ruminants (bovin, ovin et caprin). L'utilisation de l'urée semble être systématique, mais a des doses très variées (Tableau 2).

La dose d'engrais minéraux pratiquée varie selon les maraîchers (Ecart-type = 385,13 kg/ha). La dose minimale pratiquée est 15,40 kg/ha et celle maximale est 1500 kg/ha. La dose moyenne d'engrais pratiquée est

403,52 kg/ha et est significativement ( $p < 0,01$ ) quatre (04) fois environ plus grande que la dose moyenne recommandée par les services nationaux de recherches agricoles. L'urée est appliquée à la volée sur les planches et au poquet sur billon (pratique spécifique à la commune de Djidja).

Tableau 2 : Doses d'engrais minéraux pratiquées sur les légumes feuilles traditionnels

Table 2 : Doses of mineral fertilizers practiced on indigenous leafy vegetables

	Min	Max	Moy	Ecart-type
Dose pratiquée (kg/ha)	15,40	1500,00	403,52	385,13
Dose recommandée* (kg/ha)	75,00	150,00	112,50	53,03
Test - t de Student	t = 5,671 ; ddl = 64 ; P = 0,000*			

\*Dose recommandée selon Assogba-Komlan et al. (2007)

#### 4.6. Contribution des LFT au revenu agricole des exploitations maraîchères

Les perceptions des producteurs sur la contribution des différents produits agricoles au revenu agricole sont présentées sur la figure 8.

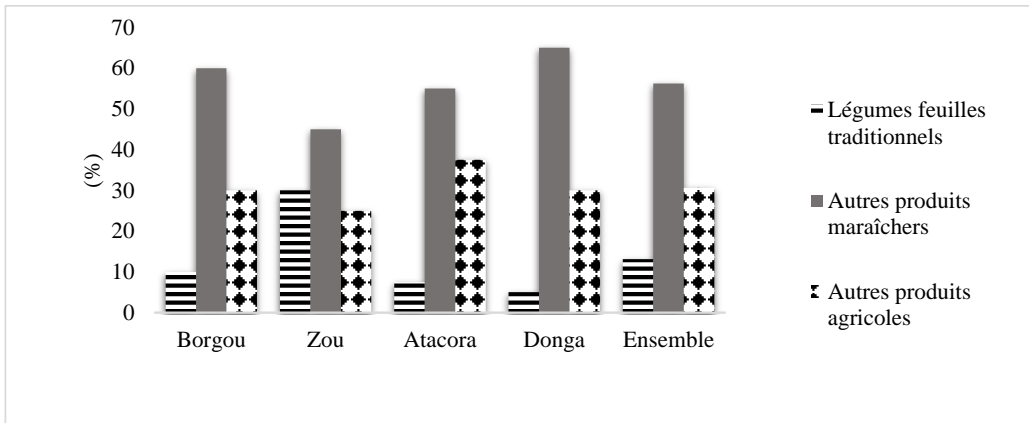


Figure 8 : Contribution des légumes feuilles traditionnels au revenu agricole des exploitations maraichères

Figure 8 : Contribution of indigenous leafy vegetables to farmers' farm income

Source: Enquête de terrain 2015

Les légumes feuilles exotiques et les légumes fruits et racines contribuent essentiellement au revenu agricole des exploitations maraichères (56 %). La même tendance est observée au sein des départements. Les autres produits agricoles (vivriers et autres) viennent en deuxième position en termes de contribution au revenu agricole selon 31 % des maraichers. La contribution des LFT au revenu agricole est en moyenne de 13 % sur l'ensemble des zones. Toutefois, la contribution des LFT au revenu agricole est particulièrement considérable (30 %) du fait de la proximité de Cotonou. Par contre dans les départements de Borgou, Atacora et Donga, la contribution des LFT au revenu est inférieure à la tendance générale.

#### 4.7. Modèles de commercialisation des LFT au Nord-Bénin

Le modèle classique et prépondérant de commercialisation des LFT est la vente de type bord-champ (figure 9). Il consiste à la vente des LFT sur le site de production aux commerçantes détaillantes et parfois aux consommateurs. Dans la moindre mesure, le producteur transporte aussi sa récolte aux marchés pour une vente en gros aux commerçantes. Ce cas est fréquent dans la commune de Djidja.



(a) Vente bord-champ



(b) Vente en gros sur un marché de niche

Figure 9 : Modèles de commercialisation des légumes feuilles traditionnels au niveau des producteurs

Figure 9 : Indigenous leafy vegetables marketing models at farmers' level

Source: Auteur, 2017



Les LFT, principalement *Solanum spp. (Gboma)*, *Amaranthus spp. (Alefo)* et *Ocimum spp. (Tchiayo)* sont vendus sous forme fraîche. Les formes transformées (sèche, précuite, congelée, etc.) sont méconnues par les producteurs. Ces formes sont rencontrées pour les produits forestiers non ligneux dont les feuilles de *Vitex*

*doniana* (Fonma en Fon), certains LFT encore à l'état sauvage dont *Sesamum radiatum* (dossi en Bariba) et parfois les sous-produits de certaines légumineuses (exemple des feuilles de niébé) et racines (exemple des feuilles de manioc) (Figure 10).



Figure 10 : Quelques légumes feuilles traditionnels transformés

Figure 10 : Some indigenous leafy vegetables processed

Source: Auteur, 2018

## 5. Discussion

Les différents résultats présentés ont expliqué les éléments de fonctionnement du maillon production de la filière LFT au Nord et au centre Bénin. L'analyse de ces résultats ainsi présentés permet de dégager les contraintes de production et commercialisation qui constituent le développement de cette filière.

### 5.1. Défis dans la production des légumes feuilles traditionnels

#### 5.1.1. Inexistence des semences de légumes feuilles traditionnels de qualité

L'étude a révélé l'inexistence de sources formelles d'approvisionnement en semences de qualité de LFT par les producteurs. En effet, les maraîchers utilisent les semences fermières ou des rejets sauvages prélevés dans les champs. Cette pratique qui consiste à utiliser les semences fermières serait une adaptation des maraîchers à l'inexistence de sources de vente des semences améliorées de ces espèces de LFT contrairement à d'autres cultures maraîchères comme la tomate, la laitue, la carotte, le chou, etc. En plus de ces sources d'approvisionnement qui ne garantissent pas la viabilité des semences utilisées, s'ajoutent les techniques de production et de conservation de ces semences qui les exposent aux infestations (cf. figure 4). Il est reconnu que l'usage des semences fermières qui consiste à ressemer une partie du grain récolté sur sa propre exploitation ne garantit pas un bon rendement (Bonneuil et al., 2006).

Cette contrainte d'accès aux semences de qualité dans la filière LFT a été également soulevée au Burkina-Faso dans les travaux de (Dao et al., 2016) où plus de 80 % des maraîchers utilisent les semences fermières. De même au Togo, Kanda et al. (2014) ont affirmé quant à eux que les semences sont rarement disponibles en production maraîchère. Cette même problématique a été identifiée au Sud-Bénin par Agré et al. (2016) qui ont précisé que l'absence de variétés améliorées et de semences de qualité constituait un frein à la production d'Amarante.

#### 5.1.2. Qualité douteuse des légumes feuilles traditionnels produits

Les résultats révèlent que la production des LFT s'observe essentiellement dans les bas-fonds. L'utilisation des terres de bas-fond s'explique par la recherche d'un accès facile à l'eau en saison sèche qui constitue une problématique pour la production maraîchère. Mais cette pratique n'est pas sans conséquence sur la qualité sanitaire des LFT produits du fait de la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation. En effet, les bas-fonds constituent les réceptacles finaux des pesticides chimiques agricoles utilisés dans les champs (Adechian et al., 2015), le Nord et le Centre Bénin étant des zones de production cotonnière. Ainsi l'irrigation des LFT avec les eaux de bas-fonds ou provenant des usines sans traitement préalable augmente les risques de contamination des légumes par les métaux lourds (Assogba-Komlan et al., 2007). Cette pratique qui remet en cause

la santé des consommateurs constitue une alternative pour les maraîchers afin de réduire les dépenses liées à l'eau. La problématique de l'eau en production maraîchère a été soulignée également au Togo par Kanda et al. (2014) qui ont montré que les maraîchers s'installent le long des cours d'eau et des zones de dépressions pour faciliter l'accès à l'eau.

### 5.1.3. Difficulté d'accès à la terre cultivable par le genre

Il ressort des résultats présentés que la difficulté d'accès à la terre cultivable en LFT semble affecter plus les femmes que les hommes. En effet, les terres utilisées par la majorité des femmes sont obtenues par le mode de faire valoir indirect. Assogba (2014) avait soulevé cette problématique d'accès à la terre agricole par les femmes au Nord-Bénin. Il parvient à la conclusion selon laquelle cette couche sociale se trouve dans une situation de sécurité foncière fragile. De même, au nombre des défis à relever par l'agriculture ouest-africaine, Jayne et al. (2010) spécifiaient l'accès à la terre par les femmes comme un des défis cruciaux. Ce résultat constitue une contrainte majeure pour le développement de la filière LFT en ce sens qu'elle mobilise une part importante de femme (Dao et al., 2016). L'adoption des pratiques durables de gestion de la fertilité des sols devient ainsi une problématique au niveau des femmes dans la mesure où il est démontré que la motivation des producteurs à investir dans les bonnes pratiques (innovations) s'accroît avec leur degré de sécurisation foncière (Assogba, 2014).

### 5.1.4. Faible maîtrise des techniques de fertilisation minérale

Les résultats montrent que la dose moyenne d'engrais minéraux pratiquée est quatre fois plus grande que celle recommandée par les services nationaux de recherches agricoles. Pour Pasquini et al. (2010) l'utilisation des engrais minéraux dans la production maraîchère est systématique au Bénin contrairement en Côte d'Ivoire. Le même constat a été fait au Sud-Bénin par Assogba-Komlan et al. (2007). Selon ces auteurs, la dose moyenne d'engrais pratiquée par les maraîchers sur les LFT est cinq fois plus grande que la dose moyenne recommandée. Mais ces auteurs attribuent cette surfertilisation à la qualité des sols (sols sableux) de leur zone d'étude (cordon littoral : Grand-Popo et Sèmè-Kpodji). De même, selon les résultats de Assogba-Komlan et al. (2007), l'utilisation d'engrais minéraux n'est pas systématique dans les zones de dépression et si elle en existe, les plus faibles doses sont appliquées. A cet effet, dans les conditions de la présente étude où la majorité des maraîchers utilise les terres de bas-fond, la pratique de surfertilisation constatée s'expliquerait par le mode d'épandage qui occasionne de perte aux producteurs. Cette raison pourrait être couplée à la petitesse des superficies cultivées en LFTs qui

rendent difficiles les estimations au niveau des producteurs. Malgré que la dose moyenne d'engrais minéraux pratiquée au Nord et au Centre soit inférieure à celle du Sud-Bénin, cette pratique engendre dans les plantes des résidus de nitrates, ce qui affaiblit la valeur nutritionnelle des feuilles et met en danger la santé des consommateurs (Agré et al., 2016).

## 5.2. Défis dans la commercialisation des LFT au niveau des maraîchers

### 5.2.1. Faible revenu lié aux légumes feuilles traditionnels

La faible contribution des LFT au revenu des ménages explique également leur faible implication dans le système de production maraîchère. En effet, les maraîchers estiment que les autres produits maraîchers contribuent mieux à leur revenu. Au nombre de ces produits maraîchers, se trouvent la laitue, la carotte, la tomate, le chou, etc. Cette perception ressort clairement dans les propos d'une maraîchère enquêtée à Kilir dans la commune de Djougou : « *Aléfo* (Amarante en langue nationale Dendi) n'a pas de l'argent comme *Salada kossou* (Salade en langue nationale Dendi). L'argent que tu auras si tu vends 4 voire 5 planches de *Aléfo*, tu peux l'avoir en vendant une seule planche de *Salada kossou* ». Ce résultat spécifique est retracé virtuellement dans les travaux de Yolou et al. (2015) menés dans le Borgou (cf. tableau 3). Il ressort aisément des travaux de ces auteurs que la marge nette de la production d'Amarante est quatre fois inférieure à celle de la laitue (légumes feuilles exotiques). Cette nette différence de rentabilité financière entre les LFT et les légumes feuilles exotiques expliquerait la faible importance accordée à la production des LFT au Nord-Bénin. Dans ce sens, Orsini et al (2013) avaient conclu que si rien n'est fait pour la promotion des LFT, les légumes feuilles exotiques finiront par conquérir le monde.

Tableau 3 : Compte d'exploitation de production d'une planche de 10 m<sup>2</sup> d'Amarante et de laitue

Grandeurs	<i>Amaranthus spp.</i> (amarante)	<i>Lactuca spp.</i> (laitue)
Charge totale	775	850
Produit brut en valeur	1350	3000
Marge nette	575	2150

Source : Adapté de Yolou et al. (2015, p. 298)

### 5.2.2. Faible esprit entrepreneurial des producteurs de légumes feuilles traditionnels

Les modèles de commercialisation des LFT au niveau des producteurs se résument à la vente de type bord-champ ou sur un marché de niche sous forme fraîche. Les consommateurs préfèrent les légumes frais qui n'excèdent pas 24 après la récolte (Diouf et al., 1999). Dans ces conditions, le maraîcher se trouve dans

une incertitude de vente, l'obligeant à brader ses LFT afin de limiter la périssabilité (Diouf et al., 1999). Le caractère périssable des LFT induit alors des difficultés d'ajustement entre l'offre et la demande au niveau du maraîcher (Brousseau and Codron, 1998) et des pertes financières hebdomadaires considérables (Kouame et al., 2013). Face à ces contraintes, une redynamisation des modèles de mise en marché des LFT semble nécessaire afin de tirer sur la production. Les modèles de commercialisation utilisés par les producteurs semblent être perçus comme la solution idéale et très peu d'initiatives entrepreneuriales sont prises pour remédier à cette contrainte de marché. Ce constat rejoint celui de Hugon (2010) qui estimait qu'un manque de dynamiques entrepreneuriales endogènes est une des caractéristiques propres aux exploitations agricoles en Afrique. Jayne et al. (2010) ont ajouté que, du fait d'un faible dynamisme entrepreneurial, la performance des exploitations agricoles africaines est restée stagnante. Ce défi d'amélioration de la commercialisation semble primordial dans le contexte actuel où la production semble surpasser la consommation. Une mise en place de stratégies entrepreneuriales concurrentielles semble nécessaire au niveau des maraîchers afin de pouvoir se créer des avantages concurrentiels.

Par ailleurs, en plus de l'influence de la faiblesse des modèles de commercialisation qui ne favorise pas l'écoulement des produits, s'ajoute l'inexistence de produits dérivés de LFT, notamment *Solanum Macrocarpum*, *Amaranthus Cruentus* et *Ocimum Gratissimum*. En effet, pour ces trois LFT les invendus sont irrécupérables contrairement à d'autres LFT qui existent sur le marché sous forme séchée ou précuite. L'inexistence des produits dérivés contribue donc à la faible production de ces trois LFT (*Solanum Macrocarpum*, *Amaranthus Cruentus* et *Ocimum Gratissimum*). Ce résultat rejoint celui de (Agré et al., 2016) qui précisait, dans le cas d'*Amaranthus Cruentus*, que l'absence de produits alimentaires dérivés sur les marchés constituait la contrainte majeure.

## 6. Conclusion

L'article a contribué à l'identification des défis auxquels la recherche pourrait faire face dans la production et de la commercialisation des LFT au niveau des producteurs. Elle s'insère dans le cadre de la promotion des légumes locaux pour améliorer la sécurité alimentaire des ménages. Il ressort que l'inexistence des semences améliorées, la difficulté d'accès à l'eau en saison sèche et à la terre cultivable par le genre, la faible maîtrise des techniques de fertilisation minérale et le faible revenu lié aux LFT constituent les défis majeurs de la production. Ces défis ont impliqué une baisse progressive du rendement en légumes feuilles ces dernières années. La commercialisation quant à elle, est marquée par l'inexistence des produits alimentaires dérivés de LFT

et le faible esprit entrepreneurial des producteurs et commerçantes détaillantes de LFT. Cette dernière contrainte principalement ne permet pas de tirer sur la production des LFT alors que la demande reste non satisfaite dans les milieux urbains. Chacun des défis identifiés constitue une piste de recherche à explorer pour le développement de la filière LFT au Bénin, en particulier au Nord et Centre du pays.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAl), Projet n° 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project]. Les auteurs remercient également les partenaires : Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet.

## CONFLIT D'INTERET

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

## REFERENCES

- Adechian, S.A., Baco, M.N., Akponikpe, I., Toko, I.I., Egah, J., Affoukou, K., 2015. Les pratiques paysannes de gestion des pesticides sur le maïs et le coton dans le bassin cotonnier du Bénin. *VertigO* la revue électronique en sciences de l'environnement 15 (2).
- Agré, A.P., Sanoussi, A.F., Dossou-Aminon, I., Dassou, A., Rudebjer, P., Hall, R., Vodouhe, R., 2016. Plan d'actions stratégiques pour la promotion de la chaîne de valeur de l'Amarante (*Amaranthus* spp) au Bénin. *International Journal of Neglected and Underutilized Species*, 2: 33–41.
- Akinlade, R.J., Balogun, O.L., Obisesan, A.A., 2016. Commercialization of urban vegetable farming. *International journal of vegetable science*, 22 (1) : 24–34.
- Assogba, S.C.-G., 2014. Représentations de l'environnement et adoption des pratiques durables de production par les cotonculteurs du Bénin. Gembloux Agro-Bio Tech Université de Liège, Gembloux, Belgique.
- Assogba-Komlan, F., Anihouvi, P., Achigan, E., Sikirou, R., Boko, A., Adje, C., Ahle, V., Vodouhe, R., Assa, A., 2007. Pratiques culturelles et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides)

- du *Solanum macrocarpum* au sud du Bénin. *African journal of food, agriculture, nutrition and development*, 7(4): 1–21.
- Bonneuil, C., Demeulenaere, E., Thomas, F., Joly, P.-B., Allaire, G., Goldringer, I., 2006. Innover autrement ? La recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, 30 : 29–51.
- Brousseau, E., Codron, J.-M., 1998. La complémentarité entre formes de gouvernance [Le cas de l'approvisionnement des grandes surfaces en fruits de contre saison]. *Économie rurale*, 245 (1) : 75–83.
- Charaudeau, P., 2009. Dis-moi quel est ton corpus, je te dirai quelle est ta problématique. *Corpus*, 8 : 37–66.
- Dao, M., Sanou, J., Pare, S., 2016. Maraichage urbain et semi-urbain de *Moringa oleifera* Lam. par des associations de femmes au Burkina Faso : contraintes et opportunités. [Vertigo] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 16 (1).
- Diouf, M., Diop, M., Loc Drame, K.A., Séné Ba, C.O., Guéyè, M., Fayé, B., 1999. Prospection de légumes feuilles traditionnels de type Africain au Sénégal. In: *Biodiversity of traditional leafy vegetables in Africa*. I4200145, Rome, Italie, 111–150.
- Duteurtre, G., Mian Oudanang, K., Leteuil, H., 2000. Une méthode d'analyse des filières. Synthèse de l'atelier du 10-14 avril 2000, LRZV, N'Djaména. : document de travail. Synthèse de l'atelier du 10-14 avril 2000 LRZV, N'Djaména. Document de travail, PRASAC, Tchad.
- Fontan, C., 2006. L'outil filière agricole pour le développement rural. Bordeaux, CED, Université Montesquieu-Bordeaux, 4 : 23 p.
- Gereffi, G., Fernandez-Stark, K., 2011. Global value chain analysis: a primer. *Center on Globalization, Governance & Competitiveness (CGGC), Duke University, North Carolina, USA*.
- Gido, E.O., Ayuya, O.I., Owuor, G., Bokelmann, W., 2017. Consumption intensity of leafy African indigenous vegetables: towards enhancing nutritional security in rural and urban dwellers in Kenya. *Agricultural and Food Economics*, 5(1): 14. <https://doi.org/10.1186/s40100-017-0082-0>
- Hugon, P., 2010. L'économie de l'Afrique, quatrième. ed. La découverte.
- Jayne, T.S., Mather, D., Mghenyi, E., 2010. Principal challenges confronting smallholder agriculture in sub-Saharan Africa. *World development*, 38(10): 1384–1398.
- Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R., Gianquinto, G., 2013. Urban agriculture in the developing world: a review. *Agron. Sustain. Dev.*, 33 (4) : 695–720.
- Kanda, M., Akpavi, S., Wala, K., Djaneye-Boundjou, G., Akpagana, K., 2014. Diversité des espèces cultivées et contraintes à la production en agriculture maraîchère au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(1): 115–127.
- Kouame, C., Batcherp, R., others, 2013a. Evaluation des pertes post-recolte dans la chaîne de production et de commercialisation des légumes feuilles traditionnels à Yaounde (Cameroun). *Agronomie Africaine*, 25 (1) : 61–70.
- Madi, A., 2010. Analyse des filières de production agricole : Fondements théoriques et démarches méthodologiques. L'harmattan, Cameroun.
- Neilson, J., McKenzie, F., 2016. Business-oriented outreach programmes for sustainable cocoa production in Indonesia: an institutional innovation, in: *Innovative Markets for Sustainable Agriculture – How Innovations in Market Institutions Encourage Sustainable Agriculture in Developing Countries*, By Loconto, A., Poisot, A.S. & Santacoloma, P. (Eds.) Rome, Italy.
- Nouatin, G., Bachabi, F.-X., 2010. Urbanisation et viabilité de l'activité maraîchère : cas d'une ville à statut particulier au Bénin (Parakou). *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], 10 (2). <http://vertigo.revues.org/10038> ; DOI : 10.4000/vertigo.10038 10.
- Pasquini, M.W., Weinberger, K., Assogba-Komlan, F., Kouame, C., Akpogan, F., Djidji, H., Achigan-Dako, E.G., Young, E.M., 2010. Characterising urban and peri-urban production systems for African indigenous vegetables in four cities in Benin and Côte d'Ivoire, in: *International Symposium on Urban and Peri-Urban Horticulture in the Century of Cities: Lessons, Challenges, Opportunities* 1021, 137–151.
- Ponte, S., Sturgeon, T., 2014. Explaining governance in global value chains: A modular theory-building effort. *Review of International Political Economy*, 21(1): 195–223.
- Singh, S., Singh, D.R., Salim, K.M., Srivastava, A., Singh, L.B., Srivastava, R.C., 2011. Estimation of proximate composition, micronutrients and phytochemical compounds in traditional vegetables from Andaman and Nicobar Islands. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(7): 765–773.
- Temple, L., Moustier, P., 2004. Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cahiers agricoles*, 13 (1) : 15–22.
- Yolou, F.I., Yabi, I., Kombiéni, F., Tovihoudji, P.G., Yabi, J.A., Paraïso, A.A., Afouda, F., 2015. Maraîchage en milieu urbain à Parakou au Nord-Bénin et sa rentabilité économique. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 19(2): 290–302.



## Processus de mise en œuvre de l'approche plateforme d'innovation : leçons apprises de l'expérience du projet Micro-Veg sur les légumes feuilles traditionnels au Bénin

Fructueuse Noudéhou OUIDOH<sup>1\*</sup>, Mohamed Nasser BACO<sup>1</sup>, Traoré Kabirou BIO COMADA<sup>1</sup>, Soulé Akinhola ADECHIAN<sup>1</sup>, Pierre B. Irénikatché AKPONIKPE<sup>2</sup>, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE<sup>3</sup>, André Jonas DJENONTIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Société-Environnement (LaSEn), Université de Parakou, Bénin

<sup>2</sup> Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Université de Parakou, Bénin

<sup>3</sup> Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires (DNSAA), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

<sup>4</sup> Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (DAGRN), Faculté d'agronomie, Université de Parakou, Bénin

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

### Implementation process of the innovation platform approach: lessons learned from the experience of the Micro-Veg project on traditional leafy vegetables in Benin

**Abstract:** Access to innovation is still low in the agricultural sector of the Africa developing countries. The Innovation Platforms (IPs) approach has recently been introduced to strengthen the promotion of innovation in these countries. This study was conducted as part of the Micro-veg project in Benin and aims to analyze the process of scaling up innovations on traditional leafy vegetables through this new approach based on the cooperation and partnership of different value chain actors. This analysis is performed qualitatively using the data collected at the level of thirty-three (33) operational PIs installed by the project. These data are collected during the period of March 2016 to February 2018 at each stage of IP implementation by the project. The results show that the existence of markets and the proximity of stakeholders facilitated the implementation of IPs. The Innovation platforms have promoted better adoption of socio-technical innovations (improved seeds, microdose fertilizer) by both men and women. This adoption of technical innovations is supported by the development of new forms of traditional leafy vegetables' marketing. The platforms facilitate women's participation in agricultural advice.

**Keywords:** Scaling-up, innovation platform, value chain, traditional leafy vegetables, Benin.

**Résumé :** L'accès aux innovations reste encore faible dans le secteur agricole des pays sous-développés de l'Afrique. L'approche des plateformes d'innovations (PI) a été récemment introduite pour renforcer la promotion des innovations dans ces pays. La présente étude a été conduite dans le cadre du projet Micro-veg au Bénin et vise à analyser le processus de mise à l'échelle des innovations sur les légumes feuilles traditionnels avec cette nouvelle approche dont l'hypothèse de base est qu'une bonne diffusion des innovations se fait à travers la coopération et le partenariat entre les différents acteurs de la chaîne de valeur. Cette analyse est réalisée de façon qualitative à l'aide des données collectées au niveau de trente-trois (33) PI opérationnelles installées par le projet. Ces données sont collectées pendant la période de mars 2016 à février 2018 de mise en œuvre des PI et concernent les étapes de mise en œuvre des plateformes d'innovation, les résultats obtenus, les jeux d'acteurs, les leçons apprises. Il ressort des résultats que l'existence préalable de marchés et la proximité des acteurs ont facilité la fonctionnalité et la réussite des PI. Les plateformes d'innovation ont favorisé une meilleure adoption des innova-

tions socio-techniques (semences améliorées, la microdose d'engrais) aussi bien par les hommes que les femmes. Cette adoption des innovations techniques est soutenue par le développement de nouvelles formes de commercialisation de légumes feuilles traditionnels. Les plateformes facilitent la participation des femmes au conseil agricole.

**Mots clés:** Mise à l'échelle, plateforme d'innovations, CVA, légumes feuilles traditionnels, Bénin.

## 1. Introduction

L'accès aux innovations reste encore faible dans le secteur agricole des pays sous-développés de l'Afrique. Les difficultés de diffusion des innovations agricoles relevées dans ces pays ont amené au développement de diverses approches de mise à l'échelle de celles-ci. Ces approches regroupent les anciennes approches de renforcement de capacité des exploitants agricoles et les nouvelles approches basées sur le partenariat et la coopération entre les acteurs (Adekunle et Fatunbi, 2014; Davis, 2008; Hounkonnou et al., 2012). Les plateformes d'innovation (PI) sont perçues comme l'approche de partenariat pouvant permettre de réaliser la large diffusion des innovations dans un contexte où plusieurs contraintes institutionnelles ont limité l'adoption massive des technologies et pratiques bénéfiques aux petits producteurs (Jiggins et al., 2016; Kilelu et al., 2013).

Les PI prenant en compte tout un système d'innovation cherchent à corriger les insuffisances organisationnelles et institutionnelles afin de créer un environnement favorable à l'adoption des innovations par les petits producteurs. Elles se définissent comme un groupe d'individus (qui représentent souvent des organisations) de différents milieux et d'intérêts qui se réunissent pour diagnostiquer les problèmes, identifier les opportunités et trouver des moyens d'atteindre leurs objectifs (Tui et al., 2013). Elles accordent ainsi plus d'attention aux interactions entre les acteurs et englobent tous les éléments des réseaux d'institutions du secteur public et privé dont les interactions éthiques produisent, diffusent, réglementent et utilisent les connaissances et informations socialement responsables et économiquement utiles (Hall et al., 2006). Les PI s'intéressent aux actions de promotion des chaînes de valeur, des marchés, des modes de consommation et des valeurs citoyennes qui créent un environnement propice à un changement global (Klerkx et al., 2012; Wigboldus et al., 2016).

Abate et al. (2011) trouvent qu'en Ethiopie, la nouvelle approche de plateformes d'innovation a conduit à

une adoption accélérée de nouvelles variétés à haut rendement ou à faible risque de haricot, pois et lentille. Il ressort également des résultats du Sub-Saharan Africa Challenge Programme (SSA-CP) que les PI permettent une meilleure réduction de la pauvreté que les approches classiques de vulgarisation à travers le développement des stratégies d'accès au marché, l'adoption de nouvelles règles d'accès à la terre, l'amélioration d'accès aux ressources locales et l'adoption des technologies spécifiques (Hounkonnou et al., 2012; Pamuk et al., 2015). Plusieurs études ont montré des cas isolés de PI et les succès obtenus (Schut et al., 2016). La plupart de ces études ont eu tendance à présenter les succès des PI (Schut et al., 2016) sans pour autant s'intéresser au processus ayant conduit à ces résultats.

La présente étude est réalisée à cet effet et s'intéresse à l'analyse du processus de mise en œuvre des PI. Elle s'appuie sur l'intervention du projet Micro-Veg (*Fertilizer Micro-Dosing and Indigenous Vegetable Production and Utilization*) faisant la promotion d'innovations de légumes feuilles traditionnels (LFTs) et leur mise à l'échelle à travers les plateformes d'innovations au Bénin et au Nigéria. Ce projet est financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) du Canada et exécuté par la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou au Bénin et les Universités de Osun State et Obafemi Awolowo au Nigéria de mars 2015 à mars 2018. Il a eu pour objectif de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire et le pouvoir économique des communautés paysannes ouest africaine à faibles ressources à travers l'application de la microdose sur trois LFTs que sont le solanum (*Solanum macrocarpum*), l'amarante (*Amaranthus hybridus*) et le basilic (*Ocimum basilicum*). Ces trois légumes feuilles jouent un rôle central dans la lutte contre la pauvreté en générant des emplois et des revenus aux petits producteurs souvent marginalisés notamment les femmes qui s'adonnent à leur culture (Kakai et al., 2010; Moustier et Fall, 2004). Par ailleurs, Les résultats des expériences de projets antérieurs ont montré que la technique microdose, combinée à la gestion intégrée de l'eau ont permis de doubler le rendement de la production de céréales (Baco et al., 2015). Comment les PI de légumes feuilles traditionnels sont mises en œuvre au Bénin ? Quels ont été les acteurs et les jeux d'acteurs ? Quelles sont les leçons apprises de cette expérience ?

\* Auteur Correspondant : frudenou@yahoo.fr

Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin

## 2. Cadre théorique et d'analyse de l'étude

Les plateformes d'innovation ont émergé du concept de système d'innovation développant une perspective systémique, interactive, institutionnelle et évolutive de l'innovation (Hall et al., 2006). L'application de ce concept dans le secteur agricole consiste à impliquer tous les acteurs dans la production, la diffusion, l'adoption et l'utilisation de connaissances (Hall, 2006). S'inscrivant dans cette logique de partenariat et de coopération, les PI intègrent les dimensions technologiques, institutionnelles (y compris les politiques et les marchés) et les infrastructures du changement afin de soutenir de larges stratégies de développement (Adekunle et Fatunbi, 2014). Les plateformes d'innovation sont un moyen d'organiser des interactions multipartites, de rassembler des idées, des personnes et des ressources pour faire face aux défis et aux opportunités inhérents à des environnements complexes (Davies et al., 2018). Ce sont selon Kilelu et al. (2013) des configurations multipartites établies délibérément pour faciliter l'interaction et la formation de partenariats en vue d'entreprendre des activités conjointes liées à l'innovation agricole qualifiée au niveau de la région, du pays, du secteur ou de la chaîne de valeur. L'engagement des acteurs à divers niveaux est donc nécessaire pour induire des changements visés dans les PI. Il s'agit des agriculteurs, chercheurs, décideurs, commerçants, transformateurs, détaillants et des organisations de la société civile, considérés au regard de l'importance des rôles de champions qu'ils jouent dans les PI (Klerkx et al.,

2013). Adekunle et al. (2010) en concluent que les PI constituent un bon forum pour que ces acteurs puissent interagir et jouer leurs rôles dans le processus d'innovation. Toutefois, ce n'est que la mise en œuvre avec succès de ce forum qui permettra d'en tirer profit. Des stratégies sont proposées à cet effet, pour accompagner l'opérationnalisation effective de l'approche (Adekunle et Fatunbi, 2012; Ajayi et Fatunbi, 2018; Tenywa et al., 2011; Tui et al., 2013).

En effet, selon Tenywa et al. (2011), la formation des PI est un processus qui se réalise en six (6) étapes itératives, à savoir l'identification d'un (des) défi (s) de recherche et de développement, la sélection du site, l'étude consultative et exploratoire, le choix et l'analyse des parties prenantes, l'élaboration de plans d'action, et la mise en œuvre des plans d'action. Adekunle et Fatunbi, (2012) ont également proposé des étapes de mise en œuvre dont la première consiste à déterminer à la fois l'emplacement et le produit ou le système d'intérêt. Par la suite, une analyse du milieu devrait être réalisée pour montrer les opportunités et les défis dans la communauté donnée. Après avoir effectué l'analyse de la communauté, les initiateurs doivent effectuer une analyse de chaîne de valeur pour le produit d'intérêt. L'analyse de la chaîne de valeur fournit une vue d'ensemble sur le type de partenaires à inviter à la PI et permet ainsi la mobilisation des membres appropriés. Les plateformes de légumes feuilles traditionnels faisant l'objet de cette étude ont été mises en place suivant les étapes proposées par Tui et al. (2013). L'analyse des PI est alors basée sur ces différentes étapes résumées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Etapes de mise en place des PI

Table 1: IP Implementation steps

N°	Etapes	Activités
1	Initiation	Identification des zones d'intervention et les différentes parties prenantes qui seront réunies pour les premières réunions
2	Identification de la porte d'entrée	Des acteurs discutent et identifient les goulots d'étranglement, les problèmes et les opportunités
3	Identification des options de solution	Les acteurs de la plateforme décident ce qu'ils veulent faire pour résoudre les problèmes ou pour tirer profit des opportunités qu'ils ont identifiées
4	Test des solutions	Les solutions sont testées et adaptées pour s'assurer qu'elles fonctionnent bien
5	Développement de capacité	Renforcement de capacité des acteurs pour la réussite des solutions identifiées.
6	Mise en œuvre et vulgarisation	La plateforme travaille avec ses membres pour faire adopter largement l'innovation réussie. Il s'agit de documenter et de faire connaître cette innovation en organisant des formations, des visites d'échanges
7	Analyser et apprendre	Apprendre de ce qui a réussi et réfléchir sur ce qui ne n'a pas réussi. L'échec est renvoyé aux acteurs de la plateforme afin qu'ils puissent identifier d'autres modifications ou solutions

Source : adapté de Tui et al. (2013) / adapted from Tui et al. (2013)

### 3. Méthodologie

#### 3.1. Zone d'étude

L'étude est réalisée au Bénin et plus précisément dans les communes de N'dali, Djougou, Boukoubé, Parakou, Bohicon, Abomey-calavi, Cotonou, Sèmè-Kpodji et Grand-Popo (figure 1). Ces communes sont celles dans lesquelles le projet a installé des PI. Elles

ont été choisies sur la base de l'importance de production de légumes, en particulier les LFTs, l'importance des interventions antérieures des projets et ONG sur les légumes en général et notamment les LFTs puis la dynamique du marché organisé ou non organisé. Les caractéristiques de l'environnement de mise en œuvre des PI dans chaque commune sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Environnement de mise en œuvre des PI

Table 2: IP implementation environment

Commune	Caractéristiques de l'environnement
Bohicon	Faible production de LFTs, forte dynamique de marché de vente, faible appui des projets/ONGs et faible organisation des producteurs
Parakou	Forte production de LFTs, forte dynamique de marché de vente, appuis des projets/ONGs élevés et bonne organisation des producteurs
N'Dali	Forte production de LFTs, forte dynamique de marché de vente, appuis des projets/ONGs élevés et bonne organisation des producteurs
Djougou	Faible production de LFTs, faible dynamique de marché de vente, appuis des projets/ONGs élevés et bonne organisation des producteurs
Boukoubé	Faible production de LFTs, faible dynamique de marché de vente, faible appui des projets/ONGs et faible organisation des producteurs
Abomey-Calavi	Forte production de LFTs, forte dynamique de marché de vente, appuis des projets/ONGs élevés et bonne organisation des producteurs
Cotonou	Forte production de LFTs, forte dynamique de marché de vente, appuis des projets/ONGs élevés et bonne organisation des producteurs
Sèmè-Kpodji	Forte production de LFTs, forte dynamique de marché de vente, appuis des projets/ONGs élevés et bonne organisation des producteurs
Grand-Popo	Forte production de LFTs, forte dynamique de marché de vente, appuis des projets/ONGs élevés et bonne organisation des producteurs

Source : enquête exploratoire de terrain, 2016

Dans chaque commune le projet a installé des PI opérationnelles au niveau village, une PI semi-opérationnelle au niveau communal et une PI stratégique au niveau national. Au total quarante-trois (43) PI ont été installées par le projet. Le nombre de PI installé par commune et par catégorie est résumé dans le tableau 3. L'étude s'est focalisée sur les trente-trois (33) PI opérationnelles.

Tableau 3 : Nombre de PI installée par catégorie

Table 3: Number of IP installed per category

Commune	Nombre de PI opérationnelle	Nombre de PI sémi-opérationnelle	Nombre de PI stratégique
Bohicon	3	1	
Parakou	3	1	
N'Dali	3	1	
Djougou	3	1	
Boukoubé	3	1	1
Abomey-Calavi	5	1	
Cotonou	5	1	
Sèmè-Kpodji	2	1	
Grand-Popo	6	1	
Total	33	9	1

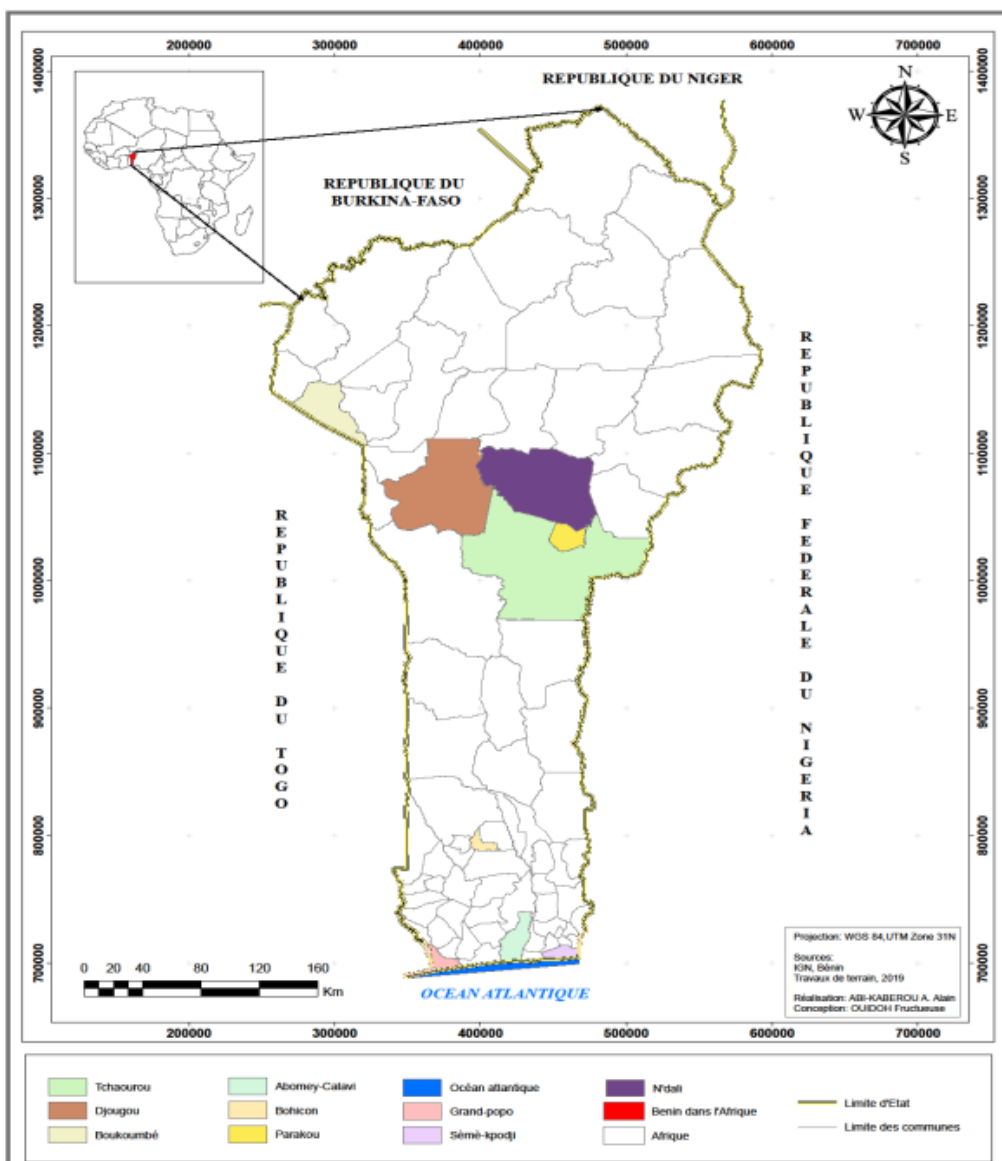
Source : Projet Micro-Veg

#### 3.2. Collecte et analyse des données

Les données ont été collectées au niveau des plateformes opérationnelles. Un suivi rapproché des activités réalisées à chaque étape de mise en œuvre a été fait de mars 2016 à février 2018, soit environ vingt-trois (23) mois. Les données sont collectées à travers des entretiens semi-structurés, des observations directes, des témoignages et des enquêtes d'opinions sur les types d'acteurs, leurs profils et rôles, les activités réalisées, les relations établies, les attitudes, pratiques et perceptions. Les rapports soumis au projet par les facilitateurs ont été également exploités. Les données sont collectées auprès des acteurs des PI constitués de producteurs, de commerçants, de distributeurs d'intrants et de consommateurs. En moyenne 20 producteurs, 2 commerçants, 1 distributeur d'intrant et 2 consommateurs ont participé aux différents focus group organisés par PI.

La méthode d'analyse est la méthode qualitative d'analyse du discours et du contenu qui a permis de présenter les résultats suivant les étapes de Tui et al. (2013) suivies dans la mise en œuvre de ces PI.





#### 4. Résultats de mise en œuvre des PI de LFT

##### 4.1. Préparation de l'installation des PI

Dans un premier temps, les responsables du projet Micro-Veg, initiateurs des PI ont contracté avec trois ONGs pour faciliter la mise en œuvre des PI autour des LFTs. Il s'agit de l'ONG Association pour la Recherche et la Promotion en Pisciculture Intégrée (AR2PI), l'ONG Alpha Oméga Environnement (AOE) et

ZACOZA-ONG. Des doctorants ont été aussi sélectionnés pour conduire des recherches sur cette approche de mise à l'échelle. Plusieurs formations ont été par la suite organisées au profit de l'équipe du projet constituée des enseignants chercheurs de l'Université de Parakou (responsables du projet), des doctorants et des techniciens mis à disposition par les ONGs pour la facilitation. Les différents thématiques et modules développés lors de cette formation sont résumés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Formations développées pour le renforcement de capacité des facilitateurs

Table 4: Training developed for building facilitators capacity

Intitulé de la formation	Les modules développés lors de la formation
Formation de l'équipe du projet et des facilitateurs sur les approches de mise à l'échelle des innovations	1 : introduction à l'approche de mise à échelle 2 : plateforme d'innovation : définition, fonctionnement et limites 3 : Dissémination par satellite : définition, méthodes, outils et limitation 4 : Intégration du genre dans la dissémination des innovations 5 : Suivi-évaluation : Données à collecter, outils de collecte, fréquence et période de rapportage 6 : Protocole de mise en œuvre des PI avec l'intégration du genre
Formation des facilitateurs sur la facilitation et l'animation de la mise en œuvre des PI sur les LFTs	1: Mise en place et fonctionnement d'une plateforme et des démonstrations : difficultés et approches de solutions 2: Principes, règles et gouvernance de la vie associative 3: Facilitation 4: Techniques et outils d'animation de groupe 5: Approches et mécanisme de gestion des conflits 6: Outils et démarche de gestion des partenariats 7: Fiche de collecte de données et canevas de rédaction de rapports 8: Capitalisation des approches de dissémination (PI et SDA)
Formation sur l'installation des tests en milieu paysan sur la microdose	1 : Utilisation de la bonne semence 2 : Gestion de l'eau 3 : Engrais et fertilisation microdose 4 : Installation et conduite des tests en milieu paysan

Ces différentes formations ont permis de renforcer la capacité de tous les membres de l'équipe impliqués dans la mise en œuvre en vue d'une bonne exécution des activités requises. Un plan opérationnel intégrant les types de PI à installer a été élaboré. Avant le démarrage des activités d'installation des PI dans les villages retenus, un atelier regroupant les représentants de l'État, les maraîchers, les commerçants de LFTs, les fournisseurs de semences et d'intrants, les transporteurs, les chercheurs et les chefs traditionnels a été organisé pour susciter la participation et le soutien de ces acteurs à divers niveaux.

## 4.2. Initiation

A cette étape, il a été identifié les différents acteurs ou parties prenantes impliqués dans la chaîne de valeur de LFTs dans chaque village. Ainsi les producteurs de légumes, les commerçants, les fournisseurs d'intrants (semences, engrais, pesticide, matériels), les transformatrices, les transporteurs, les consommateurs, les élus

locaux, les agents étatiques de services de vulgarisation ont été recensés. Une série de rencontre est organisée à l'endroit de ces acteurs pour les sensibiliser sur l'initiation d'une plateforme et demander leur coopération. La période de sensibilisation a duré environ trois mois. Les PI sont mises en place avec les acteurs ayant manifesté un intérêt pour la participation à ces PI. Le tableau 5 présente la structure d'un exemple de PI par commune.

Tableau 5 : Structure des PI

Table 5: IP structure

Commune	Exemple de PI opérationnelles	Structure de PI
Parakou	Woré	24 membres dont 18 producteurs, 03 commerçantes, 01 fournisseur d'intrant et 02 consommateurs
Boukoubé	Kouwen-takouangou	17 membres dont 15 producteurs, 01 entreprise de distribution d'intrants et d'achat de LFTs et 01 élu local
Djougou	Kilir	30 membres dont 27 producteurs, 02 commerçantes et 01 agent de vulgarisation de l'Etat
N'Dali	Boko	39 membres dont 35 producteurs, 03 commerçantes et 01 distributeur d'intrant
Bohicon	Sogba	19 membres dont 14 producteurs, 05 commerçantes
Abomey-Cavali	Tokan	39 membres dont 25 producteurs, 12 commerçantes et 02 distributeurs d'intrants
Cotonou	Fidjrossè	22 membres dont 19 producteurs, 02 commerçantes et 01 distributeur d'intrant
Sèmè-Kpodji	Village Maraîcher de Sèmè-Podji (VIMAS)	31 membres dont 20 producteurs, 08 commerçantes et 03 distributeurs d'intrant
Grand-Popo	Gahonou	37 membres dont 28 producteurs, 07 commerçantes et 02 distributeurs d'intrant

La figure 2 présente les membres de la PI de Wooré et la figure 3 donne un aperçu général de la représentation des différents types d'acteurs dans les PI opérationnelles.

Il ressort de ces résultats que les producteurs sont les acteurs les plus représentés dans les PI de légumes feuilles traditionnels (78%) suivis des commerçantes (17%). Les distributeurs d'intrant et les autres acteurs regroupant les agents de vulgarisation étatique, les consommateurs et élu local sont faiblement représentés avec des pourcentages de 4% et 1% respectivement.



Figure 2 : Membres de la PI de Wooré

Figure 2 : Members of Wooré IP

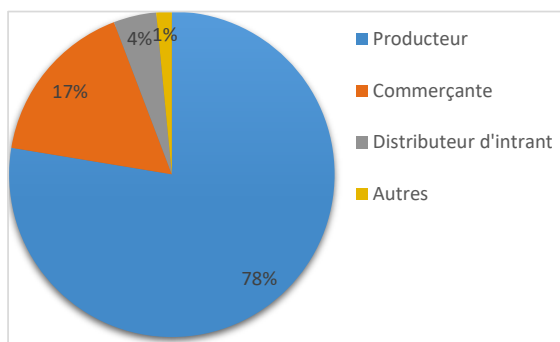


Figure 3 : Représentation des acteurs dans les PI

Figure 3: Representation of actors in IP

### 4.3. Identification de la porte d'entrée

Les deux premières réunions après l'installation des PI ont été consacrées à l'identification des problèmes auxquels les acteurs de LFTs font face et à leur priorisation suivant l'intérêt qu'accordent l'ensemble des acteurs ou groupe d'acteurs aux problèmes évoqués. Ce diagnostic des problèmes est fait avec l'appui du facilitateur qui a demandé aux acteurs d'énumérer de façon générale les goulots d'étranglement qui entravent leurs différentes activités dans les chaînes de valeur de LFTs. Une liste exhaustive des problèmes est établie par le facilitateur qui passe par la suite en revue avec les acteurs pour la validation et la priorisation. La figure 4 montre une réunion d'identification des problèmes dans une PI avec le facilitateur qui prend note des problèmes évoqués par les acteurs.

Les problèmes prioritaires relevés de commun accord par les acteurs des PI sont résumés dans le tableau 6 suivant les différents maillons de la CVA de LFTs. Il ressort de ce tableau huit (08) problèmes relatifs aux producteurs, deux (02) liés aux commerçantes, deux

(02) relatifs aux transformateurs et un (01) pour les consommateurs. Il faut noter que la forte dose d'utilisation d'engrais pour la fertilisation de LFTs qui préoccupe le projet Micro-Veg n'a pas directement été perçue comme problème par les producteurs. Ce problème n'est donc pas apparu dans les problèmes évoqués. Le projet à travers le facilitateur et les doctorants qui participaient aux réunions des PI a dû attirer l'attention sur l'utilisation abusive d'engrais chimique dans la production de LFTs. Ainsi sur les quatorze (14) problèmes identifiés au total, neuf (09) représentant environ 65% concernent le maillon production.



Figure 4 : Réunion d'identification des problèmes dans la PI de Wooré

Figure 4: Problem Identification Meeting in Wooré IP

Tableau 6 : Principaux problèmes identifiés dans les PI

Table 6: Main problems identified in IPs

Mailons de la CVA LFT	Problèmes
Fourniture d'intrants	Mauvaise qualité des semences,
Production	Attaques de parasites, destruction des produits par les animaux en divagation sur les sites de production, insuffisance d'eau pendant la saison sèche et submersion du site pendant la saison pluvieuse, manque de matériels agricoles (motopompe, pulvérisateur, râteau, brouette, sceau, bassine, binette, houe, gants, cache nez etc.)
Transformation	Très peu développée, absence de technologie professionnelle
Commercialisation	Manque de marchés d'écoulement des LFT, faible disponibilité de LFTs pendant la saison sèche, la qualité des LFTs
Consommation	Non disponibilité et cherté de LFTs pendant la saison sèche
Services agricoles	Manque d'encadrement technique pour les producteurs, les distributeurs d'intrants, les semenciers

#### 4.4. Identification des options de solutions

Les acteurs des PI ont organisé des réunions pour identifier des solutions aux problèmes relevés. Les solutions sont proposées par les acteurs en fonction de leurs expériences ou connaissances antérieures. Les diverses solutions proposées sont présentées dans le tableau 7. En effet, les acteurs ont également proposé sur la base de leurs expériences, connaissances antérieures les solutions qui sont notées par le facilitateur. Les propositions sont ensuite passées en revue et l'ensemble des acteurs valide celles qui apparaissent pertinentes et faisables. Les innovations de microdose d'engrais, de semences améliorées de LFTs, de gestion de l'eau et de nouvelles formes de commercialisation ont été également introduites à cette étape par le projet Micro-Veg.

Tableau 7 : Solutions identifiées par les acteurs

Table 7: Solutions identified by the actors

Mailons de la CVA LFT	Solutions
Fourniture d'intrants	L'achat des semences au niveau des structures de référence telles que le centre songhaï et le centre d'Atagara à Parakou, le Lycée technique d'Ina dans la commune de N'dali. L'autoproduction de semences
Production	Le test de nouveaux pesticides, une bonne conservation des semences, le respect de l'itinéraire technique de production des LFTs, l'application de microdose d'engrais, la réalisation des haies à base des épineuses ou avec de fil de fer pour ceinturer les sites de production, la demande d'appui auprès des autorités communales, politiques ou projets pour clôturer le site en matériels résistants. Faire des plaidoyers à l'endroit de la mairie et des projets pour forer des puits ou des retenues d'eau au niveau des sites.
Transformation	Développer de nouveaux produits de LFTs transformés
Commercialisation	Renforcer le partenariat existant entre les producteurs et les commerçantes, établir de nouveaux partenariats et développer de nouvelles formes de commercialisation en fonction des opportunités
Consommation	Augmenter la production pendant la saison sèche et augmenter les bottes de LFTs à la vente
Services agricoles	Faire des plaidoyers à l'endroit de la mairie et des projets pour organiser des formations techniques au profit des producteurs, distributeurs d'intrants et des semenciers, négocier des contrats d'achat de matériels agricoles à crédit auprès des fournisseurs puis rembourser selon un échéancier et ceci en fonction des revenus de chaque producteur

#### 4.5. Test de solutions et développement de capacité des acteurs

Les différents tests de solutions et les activités de renforcement de capacité développés dans les PI sont résumés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Solutions testées et développement de capacité des acteurs

Table 8: Solutions tested and capacity development of actors

Mailons de la CVA LFT	Test de solutions et développement de capacité des acteurs
Fourniture d'intrants	Test de produits phytosanitaires (SIBCYPER-TRIAZOS 180 EC, SIBEMAC 112 EC et SIBLAMBDACE 35 EC) offert par un fournisseur d'intrant Utilisation d'extraits de feuilles de neem contre les ravageurs
Production	Réalisation de tests de germination sur les semences de basilic, d'amarante et de solanum achetées et offertes à titre démonstratif par le projet MicroVeg avant production Réalisation des haies épineuses de façon collective par les producteurs pour faire face aux problèmes de destruction des plants par les animaux sur le site de Wooré Curage collectif des anciens puits et offre de moto-pompes, et des arrosoirs par le projet MicroVeg Creusement de petites retenues d'eau par des producteurs individuels Démonstrations de l'application de microdose d'engrais
Transformation	Développement de légumes pré-cuits emballés et congelés Intégration de jus de légumes feuilles dans divers aliments de grande consommation tels que le pain, les petits cailloux (amuses bouches), les sirops et jus Priorisation de vente de LFTs aux commerçantes membres des PI
Commercialisation	Introduction des stands modernes de vente de LFTs dans les marchés urbains Offres de LFTs à de potentielles entreprises, commerçantes et structures telles que Universités, internats, camps militaires, hôpitaux Etablissement de partenariat avec les poissonneries et supermarchés pour dépôt et vente de LFTs pré-cuits

Comme le montre le tableau 8, les tests de solutions sont développés au profit des maillons de fourniture d'intrants, de production, de transformation et de commercialisation. Les initiatives de plaidoyers prévues à l'endroit des mairies pour l'amélioration des services agricoles sont orientées vers les PI semi-opérationnelles et stratégique. Les négociations des contrats d'achat de matériels agricoles à crédit auprès des fournisseurs de même que la proposition d'augmentation des bottes de LFTs à la vente sont laissées aux initiatives individuelles des producteurs. Les différents tests techniques de production (produits phytosanitaires par exemple) sont d'une part réalisés par des producteurs démonstrateurs choisis de façon unanime par les membres de la PI en fonction de leur site de provenance puis des visites sont ensuite organisées au niveau des parcelles de démonstrations pour apprécier les résultats. D'autre part, les producteurs réalisent ces tests individuellement après l'organisation de formation générale

par le facilitateur. Tels sont les cas de test de germination des semences de LFTs et des démonstrations de l'application de microdose d'engrais. Les innovations de transformation de LFTs ont été testées à travers la formation générale des acteurs sur les l'organisation de la formation des facilitateurs sur les technologies de transformation par le projet Micro-Veg.

La mise en œuvre de ces différentes activités a permis aux acteurs notamment les producteurs d'acquérir de nouvelles connaissances techniques sur la production de LFTs et surtout des aptitudes de recherche de marchés de vente des produits. Un producteur a déclaré à cet effet « *La PI m'a ouvert les yeux et j'arrive désormais à rechercher les marchés non seulement pour les LFTs mais aussi pour les autres produits* ». La capacité entrepreneuriale des commerçantes et transformateurs s'est aussi renforcée avec le développement des nouvelles formes de commercialisation et l'appui en matériels modernes de vente de LFTs par le projet.

#### 4.6. Mise en œuvre de la vulgarisation

Les activités de mise à l'échelle sont focalisées sur les innovations de microdose, de semences améliorées, les nouvelles formes de commercialisation et la transformation des LFTs. Ces innovations sont diffusées à travers divers canaux d'informations à savoir le conseiller ou le facilitateur, de bouche à oreilles par les acteurs participant aux PI, les émissions et reportage radios et télévision, des journées de promotion de LFTs, des publications sur le site web et le compte Facebook du projet. Un sondage est fait auprès de 103 producteurs sélectionnés de façon aléatoire dans la zone d'intervention du projet pour savoir les canaux par lesquels ils ont été informés des innovations sur les LFTs. Il ressort des résultats de ce sondage que 40, 40% des producteurs ont reçu les informations sur les innovations de LFTs à travers le facilitateur, 57% de bouche à oreilles entre producteurs et 2,60% des autres canaux. La diffusion des innovations à travers des activités de vulgarisation du facilitateur et de bouche à oreilles entre producteurs constituent donc les principaux canaux de diffusion développés dans les PI. La vulgarisation à travers la radio et la télévision est restée limitée aux événements ponctuels organisés par le projet tandis que les publications sur le site et le compte Facebook du projet sont adressées aux chercheurs et intellectuels. Ces canaux modernes de diffusion des informations n'ont pas été accessibles aux acteurs des PI notamment les producteurs. Un dispositif de suivi de l'évolution des acteurs informés à travers les activités de diffusion des innovations réalisées dans les PI a été mis en place. Des fiches de suivi sont quotidiennement renseignées par les facilitateurs qui travaillent de façon permanente avec les différents acteurs. Il ressort des résultats de la capitalisation des fiches de suivi du projet que 84 177 producteurs avec 46% de femmes, 6948 commerçants avec 72,2% de femmes et 12562 transformatrices avec

98% de femmes, sont informés 24 mois après l'installation des PI (Adebooye et al., 2018). De même, les résultats de suivi du projet ont montré que les superficies de production de LFTs ont connu une augmentation de 161% en passant de 985 ha à 2 575 ha. Par ailleurs une évaluation du niveau d'application des innovations est réalisée auprès de 103 producteurs et a révélé que 78,5% et 67,7% des producteurs utilisent respectivement des semences améliorées de LFTs et appliquent la microdose d'engrais. Aussi les nouvelles formes de commercialisation telles que l'établissement de contrat de vente avec les entreprises ou commerçantes, la recherche de marchés de vente de LFTs dans les universités, les hôpitaux, les internats et les camps militaires sont adoptées par 75,4% des producteurs.

#### 4.7. Analyse et apprentissage

Les résultats des innovations développées dans les PI sont évalués par les membres qui analysent les avantages et les insuffisances et en tirent des leçons. En ce qui concerne l'innovation de microdose d'engrais par exemple, les démonstrations ont porté sur trois doses à savoir 20kg, 40kg et 60kg d'application d'urée à l'hectare de LFTs comparativement à la pratique paysanne d'application de 100-120kg/ha d'un mélange d'urée et de NPK. A l'issue de l'analyse des coupes de LFTs réalisées au cours de ces démonstrations, les producteurs ont trouvé la coupe de la dose de 60kg/ha évaluée à environ 7,29 kg de LFTs par planche de 5m<sup>2</sup> plus proche de celle de la pratique paysanne évaluée à 7, 33 kg de LFTs par planche de 5m<sup>2</sup>. Ils ont alors opté pour une large application de la dose de 60kg/ha d'urée. De même, l'utilisation des semences améliorées a permis d'améliorer la production. Par contre les solutions telles que la réalisation des haies épineuses, des petites retenues d'eau et le curage des puits n'ont pas permis de régler les problèmes majeurs de destruction des plants par les animaux et d'accès à l'eau. Les autres acteurs notamment privés (en particulier les commerçantes) se sont peu intéressés à ces problèmes touchant les producteurs. La contribution des acteurs à la mise en œuvre de ces solutions est principalement limitée à l'appui du projet et aux efforts d'accompagnement des facilitateurs aux producteurs. Le problème de l'aménagement des sites de production est resté sans de véritables solutions et les producteurs ont manifesté de déception par rapport à la persistance des problèmes de l'eau qui pourtant constituent un grand goulot d'étranglement du maillon production. Un autre exemple d'apprentissage connu est le non-respect du contrat partenariat des acteurs dans les PI. Tel est le cas de la PI de Kouwentakoungou à Boukoumbé, où l'entreprise « SAHEL » engagée pour acheter les LFTs après production n'a plus respecté le contrat comme convenu. Les producteurs ont appris à travers cette situation à rechercher avec l'appui du facilitateur de nouveaux marchés et ont vu leur capacité de recherche de marché renforcée.

Toutefois, les acteurs notamment les commerçantes dans un contexte de faible développement de marché de LFTs comme celui de Boukoubé n'ont pas manifesté de véritables intérêts pour le développement des activités dans les PI alors que les PI développées dans un contexte de forte dynamique de marché comme ceux de Parakou, Sèmè-Kpodji, Cotonou, Abomey-Calavi et Grand Popo ont connu de succès avec la forte participation des différents acteurs.

Avec ces diverses situations de succès et d'échec, les PI sont perçues par les acteurs en l'occurrence les producteurs comme un cadre d'apprentissage qui permet de relever les défis qui entravent le développement de leurs activités agricoles en générale et les CVA de LFTs ayant bénéficié en particulier de ces PI. Les initiatives de partenariat développées sur les LFTs sont élargies à d'autres CVA comme le piment qui bénéficie par exemple à Boukoubé d'une forte demande des commerçants togolais.

## 5. Discussion

Il ressort des résultats issus de cette étude que les PI constituent un cadre propice pour le développement de plusieurs innovations à la fois. Elles constituent en effet, un véritable réseau d'acteurs, d'institutions et de technologies (Davies et al., 2018). En effet, des innovations techniques de microdose d'engrais, de semences améliorées de LFTs, de produits de traitement phytosanitaire, de suivi des itinéraires techniques de production de LFTs etc. ont été accompagnées des innovations institutionnelles de recherche d'opportunités de nouveaux marchés et de gestion de l'eau pour apporter de solutions aux problèmes techniques de production de LFTs, d'aménagement des sites de production et d'accès aux marchés identifiés dans les PI. Comme le recommande Schut et al. (2018), le choix des PI est approprié pour la promotion des CVA de LFTs qui nécessite une combinaison de nouvelles technologies (innovation technologique), une collaboration efficace (innovation organisationnelle) et / ou de nouvelles règles, structures de financement et d'incitation (innovation institutionnelle ou politique). Les petits producteurs de LFTs ont développé dans ce contexte un comportement qualifié d'entrepreneur opportuniste par Biggs, (2008) en adoptant des innovations techniques et en apprenant à saisir ou à rechercher des opportunités de marchés pour la vente des LFTs et d'autres produits n'ayant pas même bénéficié de PI. Les forts taux d'adoption des innovations de microdose d'engrais et de semences améliorées enregistrés dans cette étude aussi bien au niveau des hommes que des femmes corroborent les résultats de Schut et al. (2016) sur le succès de développement des innovations techniques et la prise en compte du genre dans les PI.

Cependant les PI ne constituent pas une panacée (Schut et al., 2018) pour la mise à l'échelle des innovations car leur performance varie suivant le contexte de mise en œuvre. Les systèmes d'innovations subissent dans certains environnements des problèmes systémiques qu'ils n'arrivent toujours pas à résoudre (Negro et al., 2012). Les PI de LFTs ont souffert dans le contexte béninois, du manque d'implication des acteurs comme les structures étatiques, les projets et programmes qui développent des politiques d'aménagement des bas-fonds. Aussi, certaines PI comme celles de Boukoubé ont connu de difficultés de fonctionnement en absence de l'entreprise qui est sensée offrir selon Hekkert et al. (2007) de nouvelles opportunités d'affaires aux petits producteurs de LFTs. Ainsi, bien que le marché constitue l'un des changements institutionnels visés dans les PI (Djurfeldt et al., 2005; Hall, 2006; Hounkonnou et al., 2012; World Bank, 2006), ces dernières subissent en amont l'influence de la dynamique préexistante du marché de l'environnement de mise en œuvre qui se traduit par l'intérêt que les entreprises et commerçantes accordent précédemment à la chaîne de valeur dans le milieu. Jiggins et al. (2016) attirent à cet effet l'attention sur le choix des individus disposant de fortes capacités pouvant permettre d'atteindre les objectifs visés lors de la mise en place de la PI. Ceci dépend selon Triomphe et al. (2016) des compétences et capacités dont dispose alors le facilitateur qui joue l'indispensable rôle de mise en réseau des différents acteurs et de coordination des activités au sein de la PI (Adjei-Nsiah et Klerkx, 2016). Le fonctionnement des PI dépend de la prise en compte de divers facteurs qui regroupent selon Tenywa et al. (2011) les facteurs socio-économique, culturel, biophysique et politique présentant des défis et opportunités, communs pour la mise en œuvre des PI.

## 6. Conclusion

Cette étude a montré que la mise en œuvre des PI a permis d'apporter de solutions à certains problèmes qui entravent la promotion des CVA de LFTs au Bénin. Les innovations sont développées au profit des problèmes techniques et de marchés avec une large diffusion. Par contre les PI n'ont pas bénéficié de la participation des acteurs capables d'investir dans l'aménagement des sites de production pour apporter de solutions durables aux problèmes de gestion d'eau rencontrés. Avec l'échec de cette innovation institutionnelle, les potentialités des PI sont apparues réduites car la persistance des problèmes de gestion d'eau limite l'accroissement de la production des LFTs.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAI), Projet no 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project]. Les auteurs remercient également les partenaires : Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet.

## CONFLIT D'INTÉRÊT

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

---

## REFERENCES

- Abate, T., Shiferaw, B., Gebeyehu, S., Amsalu, B., Negash, K., Assefa, K., Eshete, M., Aliye, S., Haggmann, J., 2011. A systems and partnership approach to agricultural research for development: Lessons from Ethiopia. *Outlook on AGRICULTURE* 40, 213–220.
- Adebooye, O.C., Akponikpe, P.I., Aluko, E.R., Oyedele, D.J., Peak, D.J., 2018. CIFSRSF final technical report: Scaling up fertilizer micro-dosing and indigenous vegetable production and utilization in West Africa (CIFSRSF Phase 2). IDRC Grant 107983-003, 49 pages
- Adekunle, A.A., Fatunbi, A.O., 2014. A new theory of change in African agriculture. *Middle-East Journal of Scientific Research* 21, 1083–1096.
- Adekunle, A.A., Fatunbi, A.O., 2012. Approaches for setting-up multi-stakeholder platforms for agricultural research and development. *World Applied Sciences Journal* 16, 981–988.
- Adekunle, A.A., Fatunbi, A.O., Jones, M.P., 2010. How to set up an innovation platform. A concept guide for the Sub-Saharan African Challenge programme (SSA CP). Forum for Agricultural Research in Africa (FARA), Accra, Ghana 8 pages.
- Adjei-Nsiah, S., Klerkx, L., 2016. Innovation platforms and institutional change: the case of small-scale palm oil processing in Ghana. *Cahiers Agricultures* 25, 65005.
- Ajayi, T., Fatunbi, O., 2018. Strategies for scaling agricultural technologies in Africa. Forum for Agricultural Research in Africa (FARA), Accra, Ghana.
- Baco, M.N., Serge, L.R., Moutouama Fidèle, T., Irénikatché, A.P., Jonas, D.A., Rigobert, T., Nestor, S., 2015. Incidence des stratégies de conservation de l'eau et des sols sur la sécurité alimentaire des ménages au nord-ouest du Bénin. Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, June 4-6, 2013 341.
- Biggs, S., 2008. Learning from the positive to reduce rural poverty and increase social justice: institutional innovations in agricultural and natural resources research and development. *Experimental Agriculture* 44, 37–60.
- Davies, J., Maru, Y., Hall, A., Abdourhamane, I.K., 2018. Understanding innovation platform effectiveness through experiences from west and central Africa. *Agricultural Systems* 165, 321–334. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.12.014>
- Davis, K., 2008. Extension in sub-Saharan Africa: Overview and assessment of past and current models, and future prospects. *Journal of International Agricultural and Extension Education* 15, 15–28.
- Djurfeldt, G., Holmen, H., Jirstrom, M., Larsson, R., 2005. The African food crisis: lessons from the Asian Green Revolution. Cambridge, MA: CABI publishing.
- Hall, A., 2006. Public-private sector partnerships in an agricultural system of innovation: concepts and challenges. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development* 5, 3–20.
- Hall, A., Mytelka, L.K., Oyeyinka, B., 2006. Concepts and guidelines for diagnostic assessments of agricultural innovation capacity. UNU-MERIT Working Paper Series, 2006-017.
- Hekkert, M.P., Suurs, R.A., Negro, S.O., Kuhlmann, S., Smits, R.E., 2007. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological forecasting and social change* 74, 413–432.
- Hounkonnou, D., Kossou, D., Kuyper, T.W., Leeuwis, C., Nederlof, E.S., Röling, N., Sakyi-Dawson, O., Traoré, M., van Huis, A., 2012. An innovation systems approach to institutional change: smallholder development in West Africa. *Agricultural systems* 108, 74–83.
- Jiggins, J., Hounkonnou, D., Sakyi-Dawson, O., Kossou, D., Traoré, M., Röling, N., van Huis, A., 2016. Innovation platforms and projects to support smallholder development-experiences from Sub-Saharan Africa. *Cahiers Agricultures* 25, 64002.
- Kakai, H.F., Kakai, A.G., Tohouegnon, A.G., 2010. Agriculture urbaine et valorisation des déchets au Bénin: une approche de développement durable. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement* 10.
- Kilelu, C.W., Klerkx, L., Leeuwis, C., 2013. Unraveling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: Contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural systems* 118, 65–77.
- Klerkx, L., Adjei-Nsiah, S., Adu-Acheampong, R., Saïdou, A., Zannou, E., Soumano, L., Sakyi-Dawson, O., van Paassen, A., Nederlof, S., 2013. Looking at agricultural innovation platforms through an innovation champion lens: an analysis of three cases in West Africa. *Outlook on agriculture* 42, 185–192.

- Klerkx, L., Van Mierlo, B., Leeuwis, C., 2012. Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions, in: *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer, pp. 457–483.
- Koutsouris, A., 2012. Facilitating Agricultural Innovation Systems: a critical realist approach. *Studies in Agricultural Economics* 114, 64.
- Moustier, P. et Fall A. S., 2004, les dynamiques de l'agriculture urbaine: Caractérisation et évaluation, In Smith O. B., Moustier P., Mougeot L. J. A. et Fall A. Développement durable de l'agriculture en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthodes. CIRAD et CRDI. PP. 23-29.
- Negro, S.O., Hekkert, M.P., Smits, R.E., 2007. Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—a functional analysis. *Energy policy* 35, 925–938.
- Pamuk, H., Bulte, E., Adekunle, A., Diagne, A., 2015. Decentralised innovation systems and poverty reduction: experimental evidence from Central Africa. *European Review of Agricultural Economics* 42, 99–127.
- Pamuk, H., Bulte, E., Adekunle, A.A., 2014. Do decentralized innovation systems promote agricultural technology adoption? Experimental evidence from Africa. *Food Policy* 44, 227–236.
- Schut, M., Cadilhon, J.-J., Misiko, M., Dror, I., 2016. Do mature Innovation Platforms make a difference in agricultural research for development? A meta-analysis of case studies. *Experimental Agriculture* 54 (1) 96-119.
- Schut, M., Klerkx, L.W.A., Kamanda, J., Sartas, M., Leeuwis, C., 2018. Innovation Platforms: Synopsis of Innovation Platforms in Agricultural Research and Development. In Reference Module in Food Science. Elsevier. doi 10.1016/B978-0-08-100596-5.22197-5.
- Tenywa, M.M., Rao, K.P.C., Tukahirwa, J.B., Burchara, R., Adekunle, A.A., Mugabe, J., Wanjiku, C., Mutabazi, S., Fungo, B., Kshaija, N.I.M., others, 2011. Agricultural innovation platform as a tool for development oriented research: lessons and challenges in the formation and operationalization.
- Triomphe, B., Floquet, A., Letty, B., Kamau, G., Almekinders, C., Waters-Bayer, A., 2016. Mieux évaluer et accompagner l'innovation agricole en Afrique. Leçons d'une analyse transversale de 13 cas d'études. *Cahiers Agricultures* 25.
- Tui, S.H.-K., Adekunle, A., Lundy, M., Tucker, J., Birachi, E., Schut, M., Klerkx, L., Ballantyne, P., Duncan, A., Cadilhon, J., others, 2013. What are innovation platforms? Innovation platforms practice brief 1. *Innovation platforms practice brief* 1 1–7.
- Wigboldus, S., Klerkx, L., Leeuwis, C., Schut, M., Muilerman, S., Jochemsen, H., 2016. Systemic perspectives on scaling agricultural innovations. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36, 1–20.
- World Bank, 2006. Enhancing agricultural innovation: how to go beyond the strengthening of research systems. World Bank.





## Evaluation sensorielle et acceptabilité des amuse-gueules enrichis aux feuilles de *Ocimum gratissimum* (basilic africain)

Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE<sup>1</sup>, Roland M. HOUNKPATIN<sup>1,5</sup>, Modoukpè I. Djibril MOUSSA<sup>2</sup>, P. B. Irénikatché AKPONIKPE<sup>3,4</sup>, Mohamed N. BACO<sup>5</sup>, André J. DJENONTIN<sup>4</sup>, Houédougbe N. AKISSOE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Parakou, Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires, Faculté d'Agronomie, 03 BP 351 Parakou, République du Bénin

<sup>2</sup> Université d'Abomey-Calavi, Ecole de Nutrition, des Sciences et Technologies Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, 01 BP 526 Cotonou, République du Bénin

<sup>3</sup> Université de Parakou, Laboratoire d'Hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Bénin

<sup>4</sup> Université de Parakou Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (AGRN), Faculté d'Agronomie

<sup>5</sup> Université de Parakou Laboratoire Environnement & Société, Département d'Economie et Sociologie Rurales (ESR), Faculté d'Agronomie

Reçu le 10 Juillet 2019 - Accepté le 2 Septembre 2019

### Sensory evaluation and acceptability of cookies fortified with *Ocimum gratissimum* leaves (african basil)

**Abstract:** Traditional leafy vegetables are important food resources valued for human basic need and to prevent degenerative diseases. Fortification of cookies, by incorporating traditional leafy vegetables improve their nutritional quality. This study evaluates the effects of *Ocimum gratissimum* leaves' incorporation on the organoleptic properties of cookies. Fresh or dried ground leaves (FF or FS) were incorporated at 0, 1.5, 2.5 and 5% into oven – dried cookies, which were evaluated for their sensorial profile: visual color, taste, aroma, crispiness and for color parameters: L\* (lightness), a\* (redness), b\*(yellowness). The incorporation of *Ocimum gratissimum* leaves into cookies influenced all the sensorial parameters we tested ( $p < 0,001$ ). Data obtained permit to realize descriptive statistics (mean and standard deviation, etc ...) one-way analysis of variance with Turkey test and principal component analysis (PCA), dendrogram analysis and Pearson correlation. Cookies were depreciated regarding their visual color, taste, and crispiness, after fortification, and this rejection increases with the rate of leaf incorporated, regardless leaf form. A significant difference ( $p < 0,001$ ) was also observed in case of color parameters. Evaluation of the general acceptability indicated two major groups of cookies: those with low leaf incorporation rate (C, FSM1, FFM1, FSM2 and FFM2) and those with higher leafy incorporation rate ones (FFM3 and FSM3). Thus, a lower acceptability was obtained with 5% of *Ocimum gratissimum* leaf incorporating rate, while consumers did accept cookies with up to 2.5% incorporation.

**Keywords:** african basil, *Ocimum gratissimum*, fortification, cookies, acceptability, Benin.

**Résumé :** Les légumes-feuilles traditionnels (LFTs) constituent des ressources alimentaires importantes pour la satisfaction des besoins vitaux et la lutte contre les maladies dégénératives. La fortification des amuse-gueules par introduction des LFTs contribue à l'amélioration de leur qualité nutritionnelle. Cette étude a évalué l'effet de l'incorporation des feuilles de *Ocimum gratissimum* sur les caractéristiques organoleptiques des amuse-gueules. Les feuilles fraîches moulues (FFM) ou séchées moulues (FSM) ont été introduites à différentes doses (0 ; 1,5 ; 2,5 et 5%) dans la formulation originale. Les amuse-gueules obtenus sont cuits au four et soumis à l'évaluation de leur profil sensoriel (couleur visuelle, goût, arôme et croustillance) et ont été soumis à la détermination des paramètres de couleur tels que L\* (la luminance), a\* (la saturation en rouge vert), b\*(la saturation en jaune). Les données obtenues ont permis de réaliser une statistique descriptive (moyenne, écart-type, etc.), une

analyse de variance (ANOVA) à un facteur avec le test de Turkey, de même que l'analyse en composantes principales (ACP), l'analyse des dendrogrammes et la corrélation de Pearson. Les résultats ont montré un effet significatif ( $p < 0,001$ ) de l'incorporation des légumes-feuilles frais ou séchés sur tous les attributs. Du point de vue de la couleur visuelle, de la croustillance et du goût, on note une diminution dans l'appréciation des amuse-gueules avec l'augmentation du taux d'incorporation des légumes sous forme fraîche ou séchée. Aussi, une différence significative ( $p < 0,001$ ) a été enregistrée au niveau de tous les paramètres  $L^*$ ,  $a^*$  et  $b^*$  relatifs à la couleur. L'acceptabilité générale des amuse-gueules a permis de distinguer deux groupes : ceux à faible taux de fortification (C, FSM1, FFM1, FSM2 et FFM2) et ceux à fort taux (FFM3 et FSM3). L'évaluation sensorielle révèle donc qu'une incorporation de feuilles jusqu'à 2,5% de feuilles est acceptable.

**Mots clés:** basilic africain, *Ocimum gratissimum*, fortification, amuse-gueule, acceptabilité, République du Bénin.

## 1. Introduction

Les légumes-feuilles traditionnels (LFTs) ont montré leur importance dans la satisfaction des besoins vitaux et la lutte contre les maladies dégénératives de par leur composition en protéines, vitamines, minéraux et facteurs bioactifs tels que les polyphénols (Soro et al., 2012 ; Ojo et al., 2015 ; Das et al., 2017). Aussi, les feuilles de *O. gratissimum* ont démontré leur capacité à résoudre les problèmes d'infection pulmonaire, de maladies de peau, de pneumonie, de toux et de conjonctivite (Mahapatra et al., 2010; Kpèthoto et al., 2017). Récemment, il a été confirmé que les feuilles de *O. gratissimum* (basilic africain ou Tchayo en fon), de par leur composition en polyphénols ont la capacité d'inhiber la rénine, principe utilisé dans le traitement de l'hypertension artérielle (Djibrill-Moussa et al., 2019a). Au Bénin, la consommation des feuilles de *O. gratissimum* a eu un regain d'intérêt ces dernières années, ce qui fait qu'il se retrouve dans plusieurs espaces maraîchers et dans les jardins de case compte tenu de son importance en médecine traditionnelle (Sossa-Vihotogbé et al., 2015) et son caractère antibiotique qui lui est reconnu.

Les amuse-gueules sont des aliments consommés pour le plaisir par tous les âges partout au monde (Sebecic et al., 2007). Ces snacks généralement à base de blé sont pauvres et en certains nutriments (Nwakalor, 2014). Des études ont montré que l'incorporation des légumes-feuilles traditionnels, de plantes médicinales, de fruits, légumes ou algues améliorent leur qualité nutritionnelle (Sanjukta et al., 2013 ; Fradinho et al., 2015 ; Nur et al., 2015 ; Fasogbo et al., 2017 ; Kembabazy et al., 2018) et contribue à la résolution des problèmes de santé. D'autres auteurs ont montré que l'incorporation des aliments fonctionnels dans les biscuits contribuent un tant soit peu à l'émergence des marchés (Krutilyte et al., 2011). Bien qu'ayant un effet positif sur la qualité

des aliments, l'incorporation de ces aliments induisent certaines modifications des caractéristiques organoleptiques en particulier le goût et la couleur de ces derniers. Mais du fait de leur effet, les consommateurs acceptent le goût de certains aliments fonctionnels en espérant y trouver des effets positifs sur la santé (Westenhofer and Pudal, 1993).

Compte tenu de l'émergence des maladies dégénératives ces dernières années, il est important de trouver des stratégies peu coûteuses et sans grand impact économique pour lutter efficacement contre ces dernières.

C'est dans cet ordre d'idées et pour promouvoir la consommation des LFTs que cette étude se propose d'évaluer l'acceptabilité de différents échantillons d'amuse-gueules fortifiés par différentes proportions de feuilles fraîches ou séchées de *O. gratissimum*.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel

Les feuilles de *Ocimum gratissimum* ont été récoltées sur le site expérimental de l'Institut de Recherches Agronomiques du Bénin, Station de Ina (INRAB-CRA Nord). Quant à la farine de blé, le sucre, le beurre, etc... ils ont été achetés sur le marché local.

### 2.2. Méthodes

#### 2.2.1. Préparation des feuilles de tchayo

Les feuilles de *O. gratissimum* ont été utilisées aussi bien sous forme fraîche que sous forme séchée. Après lavage, elles ont été broyées finement dans un mixeur (Moulinex) avant leur incorporation sous forme fraîche (FFM). La forme séchée (FSM) a été obtenue après lavage, blanchiment au bain marie pendant 3min et séchage dans un séchoir solaire pendant 4 à 5 heures à une température variant entre 36 et 43°C. La teneur en matière sèche des feuilles fraîches a été déterminée par séchage dans une étuve ventilée à 105°C pendant 24h (Sossa-Vihotogbé et al., 2013b).

\* Auteur Correspondant : [sossanadiac@gmail.com](mailto:sossanadiac@gmail.com)  
Copyright © 2019 Université de Parakou, Bénin

### 2.2.2. Préparation des amuse-gueules

La méthode usuelle de préparation des amuse-gueules a été adoptée au cours de cette étude (figure 1). Différentes proportions de feuilles à savoir 0 ; 1,5 ; 2,5 et 5% sous forme fraîche ou séchée ont été introduites dans la formulation traditionnelle pour améliorer la qualité nutritionnelle du produit. Les proportions de légumes-feuilles ont été déterminées en se basant sur la masse de la farine de blé. La masse de légumes séchés à incorporer dans la formulation a tenu seulement compte de la masse de la farine de blé et est égale à :

$$ms = \frac{mbxP}{100}$$

Avec ms= masse de feuilles séchées, mb= masse farine de blé et P= pourcentage d'incorporation

Quant à la masse des feuilles fraîches, elle a été déterminée en tenant compte de la teneur en matière sèche des feuilles étudiées et est égale à

$$mf = \frac{mbxP}{MS}$$

Avec mf= masse de feuilles fraîches, MS : teneur en matière sèche des feuilles et P= pourcentage d'incorporation.

Les différents ingrédients achetés sur le marché local ont été correctement pesés (tableau 1) et mélangés avec les légumes-feuilles moulus dans un récipient pendant 5min. La farine de blé a été ensuite additionnée et mélangée pour obtenir une pâte. La pâte a été découpée en petites pièces étalées sur un plateau et déposées dans une étuve préchauffée (170°C) pendant 20mn (Fasogbon et al., 2017). A la fin de la cuisson, les amuse-gueules ont été refroidis à température ambiante et emballés dans des sachets de polyéthylène pour leur usage ultérieur.

Sept (7) types d'amuse-gueules ont été obtenus à la fin de l'expérimentation en tenant compte des taux d'incorporation ci-dessus cités :

- amuse-gueules obtenus sans addition de légumes feuilles (C)
- amuse-gueules fortifiés avec 1,5% de feuilles de *O.gratissimum* frais moulus (FFM1)
- amuse-gueules fortifiés avec 2,5% de feuilles de *O.gratissimum* frais moulus (FFM2)
- amuse-gueules fortifiés avec 5% de feuilles de *O.gratissimum* frais moulus (FFM3)
- amuse-gueules fortifiés avec 1,5% de feuilles de *O.gratissimum* séchés moulus (FSM1)
- amuse-gueules fortifiés avec 2,5% de feuilles de *O.gratissimum* frais moulus (FSM2)
- amuse-gueules fortifiés avec 5% de feuilles de *O.gratissimum* frais moulus (FSM3).

Tableau 1 : Recettes utilisés pour la production des amuse-gueules

Table 1 : Recipes used for cookies production

Ingrédients	C	FSM1/ FFM1	FSM2/ FFM2	FSM3/ FFM3
Farine de blé (g)	1000	1000	1000	1000
Légume-feuille (séché/frais)*(g)	0	15/123	25/205	50/410
Sucre (g)	300	300	300	300
Margarine (g)	125	125	125	125
Sel (g)	5	5	5	5
Levure (g)	5	5	5	5
Eau* (ml)	250	250/235	250/225	250/200

FFM: feuille fraîche moulue, FSM: feuille séchée moulue

\* la masse de légume-feuille frais a tenu compte de la teneur en eau des feuilles séchées.

\*\* les premières valeurs sont les quantités d'eau utilisées dans le cas de l'utilisation des légumes séchés, et les secondes dans le cas des légumes frais.

FFM: Raw grinded leaves, FSM: dried grinded leaves.

\* the mass of fresh leafy vegetable took into account the water content of the dried leaves.

\*\* the first values are related to water used in the case of dried leaves and the second in the case of fresh ones.

### 2.2.3. Détermination de la couleur des amuse-gueules fortifiés

La couleur des amuse-gueules a été déterminée avec un colorimètre MINOLTA (chromameter CR-210 b). Le colorimètre a été étalonné avant chaque analyse avec une céramique blanche de référence dont les paramètres de couleur sont : X= 94,8 ; Y= 0,315 et Z= 0,332. La couleur des échantillons a été mesurée dans le système CIE L\*a\*b\* où L\* représente la clarté ou la luminance, a\* la saturation en rouge-vert et b\* la saturation en jaune. La variation totale ou l'écart de couleur par rapport à la céramique blanche de référence est déterminée par ΔE.

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

### 2.2.4. Analyse sensorielle

Un test de dégustation a été réalisé auprès d'un panel de 120 dégustateurs composés d'hommes et de femmes âgés de plus de 15 ans et choisis de façon aléatoire. Le panel a été d'abord formé pour s'habituer à la méthodologie et aux différents attributs. Une échelle hédonique à 5 niveaux (allant de n'aime pas du tout à aime beaucoup) a été utilisée pour évaluer les attributs sensoriels (couleur, goût, arôme et texture) et l'acceptabilité globale. Les amuse-gueules ont été codés de façon aléatoire à l'aide de codes à trois chiffres avant d'être servis au dégustateur. A chaque session, le control avec trois autres échantillons disposés de manière aléatoire étaient servi aux dégustateurs.

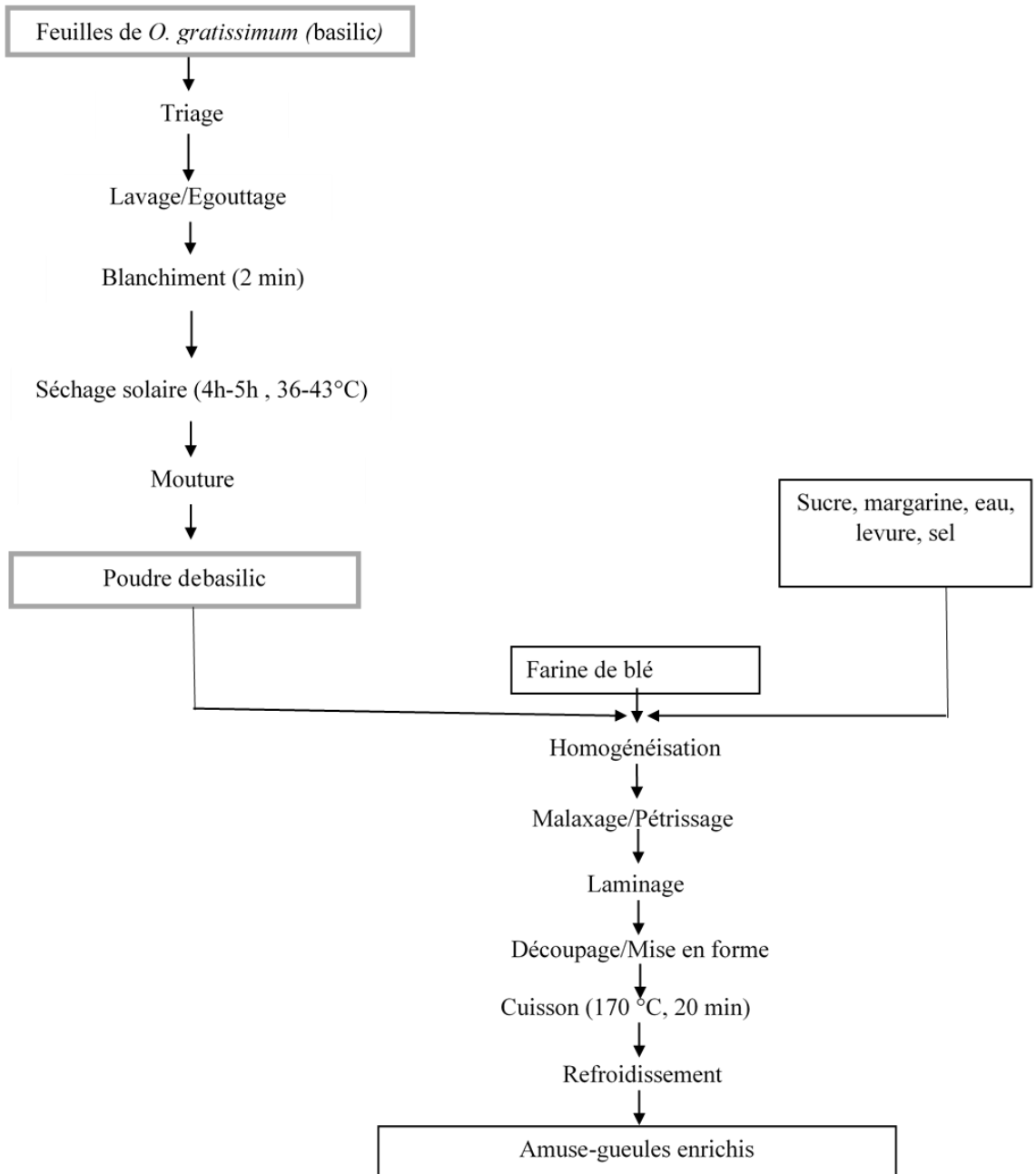


Figure 1 : Diagramme de production des amuse-gueules

Figure 1 : Process diagram of cookies

### 2.2.5. Analyse statistique

La statistique descriptive (moyenne, écart-type, etc.) et l'analyse de variance (ANOVA) à un facteur avec le test de Turkey ont été utilisées pour analyser les données relatives à la couleur et à l'analyse sensorielle. L'analyse en composantes principales (ACP), l'analyse des dendrogrammes et la corrélation de Pearson ont été réalisées au moyen du logiciel Past version 3.24 pour analyser la perception des consommateurs par rapport aux attributs et déterminer la meilleure formulation.

## 3. Résultats

### 3.1. Appréciation de la couleur des amuse-gueules

Le tableau 2 présente les résultats de la détermination des couleurs des différents amuse-gueules mis au point. L'analyse de variance réalisée montre une différence significative au niveau de tous les paramètres de tous les échantillons analysés ( $p < 0,001$ ). Tous les échantillons d'amuse-gueules ont présenté des données de  $L^*$  modérées (49,77-56,28) par rapport à l'échantillon témoin (66,62). Cela voudrait dire que l'échantillon témoin est beaucoup plus clair que tous les autres échantillons.

Concernant le paramètre  $a^*$ , les valeurs obtenues sont significativement différentes ( $p < 0,001$ ) et révèlent que les échantillons C, FSM1, FSM2 et FSM3 ont des valeurs positives (0,65-3,74) donc de couleur tendant vers le rouge d'intensité croissante avec une diminution d'incorporation en légumes-feuilles séchés. Les autres échantillons FFM1, FFM2 et FFM3 provenant de l'incorporation de légumes frais ont des valeurs négatives (-0,39 à -0,89) donc de couleur tendant vers le vert d'intensité croissante avec l'augmentation du taux d'incorporation.

Les valeurs positives (6,77-19,75) de  $b^*$  sont significativement différentes ( $p < 0,001$ ) et dénotent la tendance de la couleur des amuse-gueules à tirer vers le jaune. La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de l'échantillon témoin.

Quant aux valeurs de l'écart de couleur par rapport à la céramique blanche, elles sont significativement différentes au niveau de tous les échantillons ( $p < 0,001$ ). Cet écart de couleur est d'autant plus élevé que le pourcentage de légumes-feuilles ajoutés est élevé avec des valeurs les plus élevées (24,79 et 29,29) enregistrées au niveau des échantillons FSM3 et FFM3. La valeur la plus faible a été notée au niveau du contrôle.

Tableau 2 : Effet des différents taux de d'incorporation de légume-feuille sur les paramètres de couleur des amuse-gueules

Table 2 : Effect of different level of leafy vegetable incorporation on cookies color parameters

Echantillons	Paramètres de la couleur			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
C	66,62±0,01g	3,74±0,01g	19,75±0,03g	15,13±0,01a
FSM1	56,28±0f	1,78±0,01f	13,24±0e	22,54±0,01b
FSM2	55,51±0d	1,09±0e	13,77±0f	23,35±0,01d
FSM3	53,92±0,02b	0,65±0,01d	11,30±0b	24,79±0,02f
FFM1	55,87±0,01e	-0,89±0,01a	12,46±0,05d	22,95±0,09c
FFM2	54,45±0,09c	-0,79±0b	11,79±0c	24,33±0,01e
FFM3	49,77±0,01a	-0,39±0c	6,77±0a	29,29±0,01g
p(ANOVA)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Les valeurs portant des lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de 1%. C= échantillon sans incorporation de feuilles, FSM1= échantillon avec incorporation de 1,5% de poudre de légume, FSM2= échantillon avec incorporation de 2,5% de poudre de légume, FSM3= échantillon avec incorporation de 5% de poudre de légume, FFM1 : échantillon avec incorporation de 1,5% de pâte de légume frais, FFM2= échantillon avec incorporation de 2,5% de pâte de légume frais, FFM3= échantillon avec incorporation de 5% de pâte de légume frais.

Values with the same letters within a column were not significant different from each other at  $p < 0.001$ . C= sample without leaves, FSM1 : sample with addition of 1.5% of leaf powder, FSM2 : sample with addition of 2.5% leaf powder, FSM3 : sample with addition of 5% of leaf powder, FFM1 : sample with addition of 1.5% mixture of raw leaves, FFM2 : sample with addition of 2.5% mixture of raw leaves, FFM3 : sample with addition of 5% mixture of raw leaves

### 3.2. Profil sensoriel et acceptabilité générale des amuse-gueules

Le tableau 3 présente les valeurs moyennes des attributs sensoriels des différents types d'amuse-gueules. L'incorporation des légumes-feuilles frais ou séchés a un effet significatif ( $p < 0,001$ ) sur tous les attributs sen-

soriels (tableau 3). Du point de vue de la couleur, croustillance et du goût, on note une diminution dans l'appréciation des amuse-gueules avec une augmentation du taux d'incorporation des légumes sous forme fraîche ou séchée. Quant à l'arôme, une augmentation de son appréciation a été notée avec des taux de 1,5 et 2,5 de feuilles fraîches par rapport au contrôle.

Tableau 3 : Valeurs moyennes des attributs sensoriels des amuse-gueules

Table 3 : Mean values of sensorial attributes of the cookies

Code	Couleur	Goût	Arôme	Croustillant
C	4,27±0,79 <sup>a</sup>	3,84±0,94 <sup>a</sup>	3,6±1,13 <sup>c</sup>	4,25±0,98 <sup>a</sup>
FSM1	4,16±0,66 <sup>a</sup>	4,16±0,89 <sup>ab</sup>	3,32±1,16 <sup>b</sup>	3,92±0,73 <sup>b</sup>
FSM2	2,65±1,17 <sup>c</sup>	3,16±1,16 <sup>abc</sup>	3,78±1,13 <sup>b</sup>	3,07±1,07 <sup>c</sup>
FSM3	2,31±1,05 <sup>c</sup>	2,58±0,94 <sup>d</sup>	3,31±1,5 <sup>c</sup>	2,59±1,1 <sup>d</sup>
FFM1	3,86±0,74 <sup>b</sup>	3,78±0,77 <sup>bc</sup>	4,3±0,81 <sup>a</sup>	4,03±0,77 <sup>b</sup>
FFM2	3,35±1,03 <sup>d</sup>	3,97±1,16 <sup>c</sup>	4,48±0,78 <sup>a</sup>	3,56±0,86 <sup>bc</sup>
FFM3	2,46±0,74 <sup>e</sup>	2,63±1,01 <sup>d</sup>	2,86±0,81 <sup>d</sup>	2,41±1,09 <sup>d</sup>

$p < 0,001$

Les valeurs portant des lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de 1%. C : Témoin, FSM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de poudre de basilic africain, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de poudre de basilic africain, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de poudre de basilic africain. FFM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de basilic africain frais moulu, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de basilic africain frais moulu, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de basilic africain moulu.

Values with the same letters within a column were not significant different from each other at ( $p < 0.001$ ). C= control, FSM1 : sample with addition of 1.5% of leaf powder, FSM2 : sample with addition of 2.5% leaf powder, FSM3 : sample with addition of 5% of leaf powder, FFM1 : sample with addition of 1.5% mixture of raw leaves, , FFM2 : sample with addition of 2.5% mixture of raw leaves, , FFM3 : sample with addition of 5% mixture of raw leaves

L'Analyse en Composantes Principales (figure 3) a été réalisée sur les attributs sensoriels et les différents amuse-gueules afin de regrouper les différents amuse-gueules. Les deux premiers axes (figure 2) ont expliqué 97,34% des variations dont 79,61% par le premier axe (PC). La majorité des attributs sensoriels tels que la couleur, le goût et la croustillance, de même que la plupart des amuse-gueules (C, FFM1, FFM3, FSM1, FSM3) sont liés à l'axe 1. Les échantillons FSM1, FFM1 et C sont donc beaucoup plus expliqués par la couleur, la croustillance et le goût alors que les échantillons FFM3 et FSM3 ne sont liés à aucun attribut. L'axe 2 quant à lui, a pris en compte deux échantillons d'amuse-gueules à savoir le FSM2 et le FFM2 et l'attribut arôme.

A une distance euclidienne de 0,825 (figure 3) et en se basant sur l'acceptabilité générale des amuse-gueules (tableau 4), trois (3) groupes de produits ont été identifiés. Le groupe des amuse-gueules sans ou à très faible fortification (C, FSM1, FFM1), ceux des échantillons à taux moyen (FSM2 et FFM2) et celui des amuse-gueules à fort taux d'incorporation (FFM3 et FSM3).

Tableau 4 : Acceptabilité générale des amuse-gueules

Table 4 : General acceptability of cookies

Amuse-gueules	Acceptabilité générale
C	4,29±0,97 <sup>a</sup>
FSM1	4,29±0,65 <sup>a</sup>
FSM2	2,99±1,04 <sup>b</sup>
FSM3	2,69±1,02 <sup>c</sup>
FFM1	3,72±0,91 <sup>a</sup>
FFM2	3,76±0,81 <sup>ab</sup>
FFM3	2,64±0,99 <sup>c</sup>

Les valeurs portant des lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de 1%. C : Témoin, FSM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de poudre de basilic africain, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de poudre de basilic africain, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de poudre de basilic africain. FFM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de basilic africain frais moulu, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de basilic africain frais moulu, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de basilic africain moulu.

Values with the same letters within a column were not significant different from each other at ( $p < 0.001$ ). C= control, FSM1 : sample with addition of 1.5% of leaf powder, FSM2 : sample with addition of 2.5% leaf powder, FSM3 : sample with addition of 5% of leaf powder, FFM1 : sample with addition of 1.5% mixture of raw leaves, , FFM2 : sample with addition of 2.5% mixture of raw leaves, , FFM3 : sample with addition of 5% mixture of raw leaves

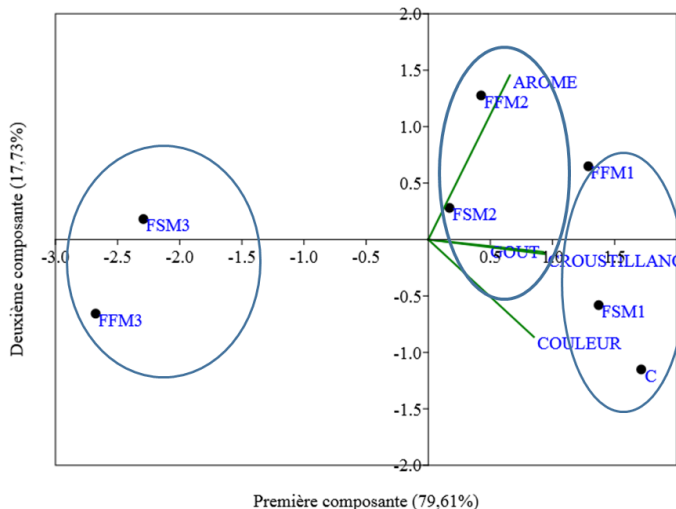


Figure 3 : Analyse en composantes principales des attributs sensoriels des échantillons d’amuse-gueules

Figure 3 : Principal components analysis of sensorial attribut of different samples of cookies

C : Témoin, FSM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de poudre du basilic africain, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de poudre de basilic africain, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de poudre de basilic africain. FFM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de basilic africain frais moulu, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de basilic africain frais moulu, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de basilic africain moulu.

C= control, FSM1 : sample with addition of 1.5% of leaf powder, FSM2 : sample with addition of 2.5% leaf powder, FSM3 : sample with addition of 5% of leaf powder, FFM1 : sample with addition of 1.5% mixture of raw leaves, FFM2 : sample with addition of 2.5% mixture of raw leaves, FFM3 : sample with addition of 5% mixture of raw leaves.

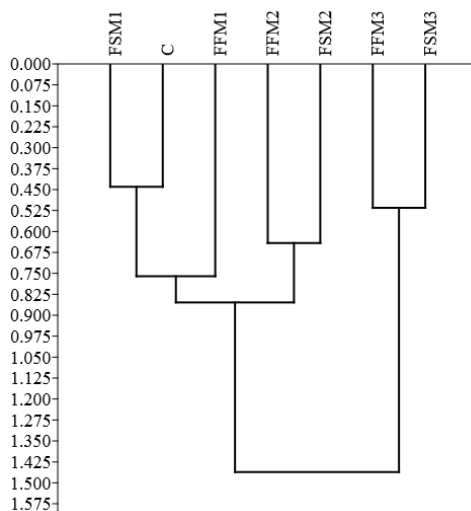


Figure 4 : Dendrogramme de la classification des amuse-gueules

Figure 4 : Dendrogram of cookies classification

C : Témoin, FSM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de poudre du basilic africain, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de poudre du basilic africain, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de poudre du basilic africain. FFM1 : amuse-gueules enrichis à 1,5% de basilic africain frais moulu, FSM2 : amuse-gueules enrichis à 2,5% de basilic africain frais moulu, FSM3 : amuse-gueules enrichis à 5% de basilic africain moulu.

C= control, FSM1 : sample with addition of 1.5% of leaf powder, FSM2 : sample with addition of 2.5% leaf powder, FSM3 : sample with addition of 5% of leaf powder, FFM1 : sample with addition of 1.5% mixture of raw leaves, FFM2 : with addition of 2.5% mixture of raw leaves, FFM3 : sample with addition of 5% mixture of raw leaves.

### 3.3. Corrélations entre les attributs sensoriels et l'acceptabilité générale

Les corrélations de Pearson entre l'acceptabilité générale du panel et les attributs sensoriels,  $R^2= 0,16$  et  $R^2= 0,08$  respectivement pour couleur/gout et arôme/croustillance ont montré qu'il n'existe aucune corrélation entre les attributs sensoriels. Aussi, il a été établi de faible corrélation entre l'acceptabilité générale et croustillance ( $R^2= 0,28$ ), arôme ( $R^2= 0,29$ ) et le goût ( $R^2= 0,40$ ).

## 4. Discussion

### 4.1. Appréciation de la couleur des amuse-gueules

La couleur des échantillons varie suivant les échantillons d'amuse-gueules d'intensité croissante vers le rouge et le vert avec respectivement une diminution d'incorporation et une augmentation d'incorporation de légumes frais. La couleur plus prononcée des échantillons à base de légumes-feuilles frais pourraient s'expliquer par la présence beaucoup plus marquée de chlorophylle dans ces échantillons que dans ceux provenant des feuilles séchées, le séchage ayant pour impact la réduction de la couleur verte et donc du taux de chlorophylle dans les feuilles (Maskan, 2001; Ali et al., 2016). Ce constat a été fait par Angioloni & Collar (2011) qui ont démontré que la couleur des ingrédients influence fortement l'acceptabilité des produits pâtisseries. Aussi, Songré-Ouattara et al. (2016) ont montré que l'augmentation du taux d'incorporation en moringa ou en spiruline intensifie la couleur des biscuits de sorgho entraînant ainsi le rejet des échantillons à fort taux.

Aussi, l'écart de couleur observé par rapport à la céramique blanche a été observé au niveau des échantillons. Ce résultat a été également démontré par Chattopadhyay et al. (2012) qui ont montré que l'évaluation de la couleur des desserts dans lesquels la poudre de cacao est introduite dépend largement de la concentration de cette dernière.

Ces différentes valeurs confirment bien la tendance des échantillons à s'écarter du contrôle du point de vue couleur et démontrent bien que la couleur des amuse-gueules fortifiés est fonction aussi bien de la forme d'utilisation (fraîche ou séchée) des légumes-feuilles que de la quantité ajoutée à la formule traditionnelle.

### 4.2. Profil sensoriel et acceptabilité générale des amuse-gueules

La diminution dans l'appréciation de la couleur, la croustillance et le goût des amuse-gueules avec une augmentation du taux d'incorporation des légumes sous forme fraîche ou séchée a été mentionnée par Songré-Ouattara et al. (2016) dans le cas de la fortification des biscuits avec la spiruline ou les feuilles de moringa. Aussi, Londji (2011) a également rapporté que les

amuse-gueules ordinaires sont plus appréciés par le panel que les amuse-gueules enrichis à la spiruline du point de vue gout et couleur.

En se basant sur l'appréciation de l'arôme, les données collectées ont montré une augmentation dans l'appréciation de l'arôme seulement dans le cas de l'utilisation de proportion moyenne (1,5% et 2,5%) de feuilles fraîches de *Ocimum gratissimum* et non dans le cas de 5% de feuilles fraîches et de tous les niveaux d'utilisation de feuilles séchées. Ce résultat pouvait s'expliquer par l'arôme naturel de ces feuilles qui est beaucoup plus ressortie sous forme fraîche. Ce même constat a été fait par Ahmed et al. (2015) dans ces travaux d'incorporation de la poudre de thé vert dans des biscuits. Wang et al. (2003) et Phongnarison et al. (2018) ont estimé que la température de cuisson du thé vert contribuerait à l'apparition d'odeur indésirable de bois, ce qui pourrait être le cas de l'incorporation des feuilles séchées.

Le regroupement des amuse-gueules à l'aide de l'ACP a principalement montré trois (3) groupes liés par des caractéristiques bien définies et confirmés par l'acceptabilité générale. Des travaux précédents (Pestoric et al., 2017) avaient déjà utilisée la méthode des ACP pour classer de nouveaux produits de consommation et montré la préférence des consommateurs suivant des attributs donnés.

Ainsi, l'acceptabilité des échantillons d'amuse-gueules diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation avec des valeurs beaucoup plus faibles pour des échantillons au taux d'incorporation de 5%. Cela voudrait signifier que les échantillons FFM3 et FSM3 ne sont pas appréciés par les consommateurs. Les mêmes résultats ont été obtenu dans le cadre de l'incorporation des feuilles de *Telfeira occidentalis*, *Solanum macrocarpum* et *Amaranthus viridis* (Fasogbon et al., 2017). Cette classification des échantillons vient confirmer la classification suivant la détermination des couleurs dans le système CIE qui avait montré que les valeurs de  $b^*$  et  $\Delta E$  étaient proche dans le même groupe.

### 4.3. Corrélations entre les attributs sensoriels et l'acceptabilité générale

Les résultats ont montré qu'il n'existe aucune interrelation entre les attributs sensoriels et une faible corrélation entre l'acceptabilité générale des échantillons et les attributs sensoriels. Cette remarque a été déjà faite dans le cas de l'acceptabilité du lanhouin. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'acceptabilité d'un produit n'est pas seulement en relation avec l'évaluation des attributs sensoriels. Aussi Tomlins et al. (2005) dans son étude sur l'acceptabilité de différentes variétés de riz ont montré que l'acceptabilité d'un produit peut être lié à la différence culturelle et ethnique au sein des consommateurs.



## 5. Conclusion

Cette étude a démontré la possibilité d'incorporer les feuilles de *O. gratissimum* dans les aliments communs et leur acceptabilité par les consommateurs. Du point des résultats obtenus, une incorporation de feuilles de *O. gratissimum* jusqu'à 2,5 pouvait être recommandée.

Cette fortification a contribué à la création de nouveaux produits alimentaires pouvant être utilisées comme aliments fonctionnels du fait de la richesse en polyphénols. D'autres recherches doivent être menées pour la détermination de la composition proximale, des minéraux, des vitamines, des facteurs antinutritionnels et facteurs bioactifs contribuerait à mieux valoriser ce potentiel dans le cadre du règlement des problèmes nutritionnels à moindre coût.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et Affaires Mondiales Canada, par le biais du Fonds Canadien de Recherche sur la Sécurité Alimentaire Internationale (FCRSAl), Projet no 107983 [Don du CRDI : 107983-005, MicroVeg Project]. Les auteurs remercient également les partenaires : Adebooye O. Clement de Osun State University (Nigéria), Durodoluwa J. Oyedele de Obafemi Awolowo University (OAU, Nigéria), Derek Peak de University of Saskatchewan (UofS, Canada) et Rotimi Aluko de University of Manitoba (UofM, Canada) pour leur collaboration dans la formulation et la mise en œuvre dudit projet. Les auteurs remercient également les communautés locales qui se sont portées volontaires pour l'évaluation sensorielle tout au long des différents essais pour leur implication sans laquelle ce travail n'aurait pas été réalisé.

## CONFLIT D'INTERET

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

## REFERENCES

- Ahmed M. Baba W.N. Wani T.A. Gani A. Shah U. Wani S.M. & Masoodi F.A. 2015. Effect of green tea powder on thermal, rheological and functional properties of wheat flour and physical, nutraceutical and sensory analysis of cookies. *J. Food Sci. Technol.* 52 : 5799-5807.
- Ali M.A. Yusuf Y.A. Chin N.L. & Ibrahim M.N. 2016. Effect of different drying treatments on colour quality and ascorbic concentration of guava. *Int. Food Res. J.* 23(S) : S155-S161.
- Angioloni A. & Collar C. 2011. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads. *LWT-Food Sci. Technol.* 44 : 747-758.
- Chattopadhyay S. Raychaudhuri U. & Chakraborty R. 2012. Optimization of soy dessert on sensory, color, and rheological parameters using response surface methodology. *Food Sci. Biotechnol.* 22(1) : 47-54.
- Das S. Hussain N. Gogoi B. Buragohain A.K. Bhattacharyya S.S. 2017. Vermicompost and farmyard manure improves food quality, antioxidant and antibacterial potential of *Cajanus cajan* (L. Mill sp.) leaves. *J. Sci. Food Agric.* 97(3):956-966.
- Djibrill-Moussa M.I. Alashi A.M. Sossa-Vihotogbé C.N.A. Djenontin A.J. Baco M.N. Akissoé N.H. & Aluko R.E. 2019. Inhibition of renin-angiotensin system enzymes by leafy vegetables polyphenol extracts related to fertilizer micro-dosing and harvest time. *Acta Horti.* 1238(9) : 73-80. DOI 10.1007/s13197-014-1549-6
- Fasogbon B.M. Taiwo K.A. & Oyedele D.J. 2017. Nutritional assessment and consumer acceptability of snacks (chinchin and cookies) enriched with underutilized indigenous vegetables. *Int. J. Food Nutr. Sci.* 6(3) : 97-107.
- Fradinho P. Nunes M.C. & Raymundo A. 2015. Developing consumer acceptable biscuits enriched with Psyllium fiber. *J. Food Sci. Technol.* 52(8) : 4830-4840.
- Kembabazy S. Mutambuka M. Vicente-Crespo M. 2018. Formulation of a nutrient-rich complementary biscuit for children between eight months and fifty nine months. *Int. J. Food Sci. Biotechnol.* 3(1) : 33-39. DOI : 10.11648/j.ijfsb.2018030115.
- Kindossi J.M. Akpo-Djenontin O.O.D. Anihouvi V.B. Akissoé N. Declémy A.L. Viera-Dalodé G. Tomlins K. Pallet D. & Hounhouigan J.D. 2013. Sensory evaluation and consumer acceptability of an African fish based flavouring agent and taste enhancer. *Indian J. Applied Res.* 3(8) : 62-66.
- Kpètèhoto W.H. Hessou S. Dougnon V.T. Christian R. Johnson G.B. Houéto E.E. Assogba F. Pognon E. F. Loko M.B. & Gbénou J. 2017. Étude ethnobotanique, phytochimique et écotoxicologique de *Ocimum gratissimum* Linn (*Lamiaceae*) à Cotonou. *J. Applied Biosci.* 109(1):10609-10617. DOI:10.4314/jab.v109i1.5.
- Kruyte R. Grunnet K.G. Scolderer J. Lahteenmaaki K.S. Elgaard P. Nielsen B. & Graverholt J.P. 2011. Perceived fit of different combinations of carriers and functional ingredients and its effect on purchase intention. *Food Qual. Prefer.* 22:11-16.
- Londji S. 2011. Caractérisation et étude d'acceptabilité des amuse-gueules enrichis à la spiruline. Rapport final, SICA. INSTAPA. 31p.
- Mahapatra S.K. Chakraborty S.P. & Roy S. 2010. Aqueous extract of *Ocimum gratissimum* Linn and ascorbic acid ameliorate nicotine-induced cellular damage in murine peritoneal macrophage. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 3(10): 775-782.

- Maskan M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *J. Food Eng.* 48: 169-175.
- Nur S. A. Rajeev B. Yeoh T.K. 2015. Quality evaluation of novel cookies prepared by supplementing with fresh turmeric flower (*Curcuma longa* L.) extracts as a value added functional ingredient. *Int. Food Res. J.* 23(4): 1514-1522.
- Nwakalor C.N. 2014. Sensory Evaluation of Cookies Produced from Different Blends of Wheat and *Moringa oleifera* Leaf Flour. *Int. J. Nutr. Food Sci.* 3(4): 307-310.
- Ojo O.O. Taiwo K.A. Scalon M. Oyedele D.J. & Akinremi O.O. 2015. Influence of pre-treatments on some nutritional and anti-nutritional contents of *Solanum macrocarpon* (Gbagba). *Am. J. Food Sci. Nutr. Res.* 2(2): 32-39.
- Pestoric M. Skrobot D. Zigon U. Simurina O. Filipcev B. Belovic M. & M A. 2017. Sensory profile and preference mapping of cookies enriched with medicinal herbs. *Int. J. Food Prop.* 20(2): 350-361.
- Phongnarisorn B. Orfila C. Holmes M. & Marshall L.J. 2018. Enrichment of biscuits with Matcha green tea powder: its impact on consumer acceptability and acute metabolic response. *Foods*, 7(17):1-15.
- Sanjukta K. Atrayee M. Ghosh M.& Bhattacharyya D.K. 2013. Utilization of *Moringa* Leaves as Valuable Food Ingredient in Biscuit Preparation. *Int. J. Applied Sci. Eng.* 1(1): 29-37.
- Songré-Ouatara L.T. Gorga K. Bationo F. Svadogo A. & Diawara B. 2016. Utilisation du moringa, de la spiruline, de la patate douce à chair orange et d'un complexe minéral et vitaminique dans la fabrication de biscuits de sorgho enrichis destinés aux jeunes enfants. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(4):1651-1665.
- Sossa-Vihotogbé C.N.A. N'Danikou S. Honfoga J. Assogba Komlan F. Akissoe H.N. Simon S. & Jaenikae H. 2015. Four traditional leafy vegetable-based recipes surveys and nutritional values of dishes in southwestern Benin. *Ann. UP Série Sci. Nat. Agron.* 5(1): 20-30. Tomlins K.I. Manful J.T. Larwer P. & Hammond L. 2005. Urban consumer preferences and sensory evaluation of locally produced and imported rice in west Africa. *Food Qual. Pref.* 16 :79-89.
- Wang L.F. So S. Bail J.H. Kim H.J. Moon K.S. & Park S.K. 2003. Aroma changes in green tea beverage during processing and storage. *Nutraceutical beverages* : 162-188 in American Chemical Society, Whashington, DC, USA.





*Planches de démonstration de la technique microdose sur l'amarante (*Amaranthus cruentus*), Club de jeunes Scientifiques, Ecole Primaire Publique de Tourou, Parakou, Bénin, 24 Avril 2017 (Crédit Photo : PBI Akponikpè)*

**Projet Micro-Veg financé par :**



**IDRC | CRDI**

International Development Research Centre  
Centre de recherches pour le développement international

**Canada**