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

G. Esaïe KPADONOU^{1,2,3*}, P.B. Irénikatche AKPONIKPÈ^{1,2}, Jean ADANGUIDI⁴, Robert B. ZOUGMORE⁵, André ADJOGBOTO^{1,2}, D. Didier LIKPETE^{1,2}, Carole N. A. SOSSA-VIHOTOGBE⁶, André Jonas DJENONTIN^{1,2}, Mohamed Nasser BACO⁷

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

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

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

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

⁵ 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

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

⁷ 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, ground-water 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, and 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, bio-char, 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'amoindrir 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
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, Zougmore 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 (Zougmore 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 la productivité 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 productivité 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 LFs 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 Resilient 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 (Ouédraogo, 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 (Ouédraogo, 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) (Ouédraogo, 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 ruissellement (eaux de surface) s'écoulent. La nature peu profonde de la nappe dans ces milieux favorise la remontée capillaire (de l'eau souter-

raïne) 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 perfuseurs 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 (CH₄). Leur utilisation pourrait générer des émissions de GES. Par exemple les travaux de Akpo (2017) au Bénin, ont montrés que les émissions de CO₂ 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 à 5t/ha (Adjogboto et *al.*, 2019, Kpadonou et *al.*, 2019 ; Likpete et *al.* 2019). L'autre technologie d'engrais chimique 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 NO₂ et le CO₂. Par conséquent, leur utilisation rationnelle et efficace comme le cas de la microdose 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 LF (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 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 LF 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 LF, 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 LF tout en contribuant à la création d'emploi. Elles démontreraient aussi d'une bonne productivité et permettraient de s'adapter efficacement aux manques de LF 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

<div>Indicateurs AIC</div> <div>Pratiques</div>		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)
	Utilisation des eaux usées	++-	+	+++	+-	+++	+-	--	10/17 (OUI)
Distribution et gestion de l'eau	Apport d'eau avec arrosoir	++-	+	++-	--	++	+-	+-	8/17 (OUI)
	Motopompe + pomme d'arrosage	++-	+	++-	-+	++	--	--	6/17 (NON)
	Irrigation par aspersion (sous-pression)	++-	+	++-	-+	++	--	--	6/17 (NON)
	Irrigation localisée	++-	+	++-	-+	+-	--	++	9/17 (OUI)
Amélioration de l'humidité du sol	Labour amélioré	++-	+	++++	--	++	+-	--	10/17 (OUI)
	Paillage du sol	++-	+	++++	++	++	+-	--	12/17 (OUI)
Gestion des nutriments	Apport de fertilisants organique	++-	+	++++	++	++	+-	--	10/17 (OUI)
	Apport de fertilisants inorganique	++-	+	----	+-	---	+-	--	5/17 (OUI)
Gestion des nuisibles	Gestion mécanique et biologique	++-	+	++-	--	++	+-	--	6/17 (OUI)
	Gestion chimique	++-	+	----	--	++	+-	--	6/17 (OUI)
Valeur ajoutée	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 LF sont informés du concept, très peu ont pu réellement s'appréhender 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 LF 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

maraischers'' 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. CIFS RF final technical report: Scaling up fertilizer micro-dosing and indigenous vegetable production and utilization in West Africa (CIFS RF 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 Maîtrise 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, 2nd 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 or 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*, 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 Houegaméy et de Vokanméy dans la Commune de Dogbo et d'Ahokanssa 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
- 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., Kamga R., Tenkouano A. & Diawara B. 2017. Disponibilité, modes et fréquence de consommation des Légumes traditionnels africains dans quatre localités du Burkina-Faso à diverses activités de maraîchage : 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. *BioInvasions 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. Adegbidi, 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 (CAAFS), 6 pages.
<https://ccafs.cgiar.org/fr/publications/le-projet-dappui-%C3%A0-la-r%C3%A9silience-climatique-pour-un-d%C3%A9veloppement-agricole-durable-parc#.XeVapK9CfDc>
- 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 (CAAFS).
- 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 (CAAFS). Copenhagen, Denmark. Available online at: 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/>
- Tovioudji 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 on 31st August 2015
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v9i2i1.5>
- 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).