

Des solutions innovantes aux défis terre-eau-énergie en Afrique

Résumé technique de l'innovation

Août 2024

CLAB-Africa



Matilda Azong Cho, Abel Ramoelo, Colleta Gandizanzwa

DES SOLUTIONS INNOVANTES AUX DÉFIS TERRE-EAU- ÉNERGIE EN AFRIQUE

Matilda Azong Cho

Abel Ramoelo

Colleta Gandidzanwa

Résumé

Les activités anthropiques telles que les pratiques agricoles non durables, la déforestation et la dépendance aux combustibles fossiles sont les principales causes sous-jacentes de la libération de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui exacerbe considérablement le réchauffement climatique. Dans le même temps, le changement climatique perturbe les moyens de subsistance et compromet la durabilité des écosystèmes par le biais de divers événements climatiques, notamment les sécheresses, les inondations et les tempêtes violentes. Ces événements affectent profondément la durabilité de ressources cruciales telles que la terre, l'eau et l'énergie, qui sont indispensables à la production, à la distribution et à la conservation des aliments. Il est impératif de relever ces défis interdépendants pour garantir la disponibilité, l'abordabilité et l'accessibilité des aliments pour les générations actuelles et futures, ainsi que la résilience à long terme des systèmes alimentaires face au changement climatique.

La mise en œuvre de pratiques agricoles durables telles que l'agriculture de précision, l'agriculture du carbone et des systèmes d'irrigation efficaces, ainsi que la transition vers des sources d'énergie renouvelables, jouent un rôle essentiel pour assurer la production alimentaire durable et promouvoir la croissance économique. Bien que l'efficacité et la viabilité économique de ces stratégies aient été démontrées, leur durabilité à long terme, leur adoption généralisée et leur adaptabilité aux environnements locaux sont compromises par plusieurs facteurs. Il s'agit notamment des coûts élevés associés à l'investissement initial dans ces stratégies, du manque de capacité à les adopter et du manque de soutien politique et institutionnel. Les facteurs susmentionnés freinent, en particulier, l'adoption de techniques innovantes par les petits agriculteurs.

Pour s'attaquer à ces contraintes, il faut des efforts de collaboration à tous les niveaux, du local au mondial. Au niveau local, les initiatives coopératives ont démontré leur efficacité pour permettre aux agriculteurs d'adopter des pratiques agricoles modernes. En outre, les partenariats public-privé sont essentiels pour créer un environnement financier et politique propice à l'adoption généralisée par les agriculteurs de techniques agricoles modernes et durables. À l'échelle mondiale, des interventions telles que le financement de projets et la tarification du carbone jouent un rôle important dans le soutien à l'adoption de pratiques agricoles novatrices par les petits agriculteurs. En tirant parti des ressources et de l'expertise de diverses parties prenantes, notamment les gouvernements, les entités du secteur privé et les organisations internationales, nous pouvons travailler ensemble pour surmonter les obstacles à l'adoption de pratiques agricoles durables et assurer la sécurité alimentaire et la durabilité environnementale.

Introduction

La complexité des défis mondiaux exige des approches intégrées, transdisciplinaires et novatrices pour y relever. C'est pourquoi le Programme de développement durable à l'horizon 2030, adopté à l'unanimité lors du Sommet des Nations Unies sur le développement durable en septembre 2015, a positionné la science, la technologie et l'innovation (STI) comme l'un des sept domaines d'action clés pour atteindre les objectifs de développement durable (ODD). Selon l'Équipe spéciale interinstitutions des Nations Unies sur la science (2022), la STI est essentielle à la réalisation des ODD, en particulier pour les cibles liées au bien-être humain, telles que la santé, l'eau potable et l'assainissement, le changement climatique, l'énergie propre, le travail décent et la production responsable.

L'innovation implique une nouvelle façon de produire, de livrer ou d'utiliser des biens et des services basée sur de nouvelles technologies, de nouveaux modèles d'affaires ou de nouveaux modes d'organisation économique ou sociale. De nouvelles technologies, de nouveaux modèles et de nouvelles méthodes peuvent relever les défis existants, en particulier les problèmes complexes auxquels sont actuellement confrontés le climat, les terres, l'agriculture et la biodiversité.

Le projet Climat, terres, agriculture et biodiversité (CLAB-Africa) est une initiative de Future Africa (Université de Pretoria) hébergée par le Centre d'excellence en systèmes alimentaires durables de l'Alliance des universités de recherche africaines (ARUA). CLAB-Africa vise à fournir une plateforme à la communauté scientifique africaine pour contribuer au travail de développement des gouvernements africains et des institutions de développement sous la forme de recommandations fondées sur la science et réalisables – y compris celles liées à l'innovation – au sein de quatre groupes identifiés : (i) l'impact du climat sur les systèmes alimentaires, (ii) la restauration des terres et la biodiversité, (iii) la santé et le bien-être des personnes, des animaux et des écosystèmes, et iv) l'utilisation des ressources terrestres, hydrauliques et énergétiques.

Le thème de **l'impact climatique sur les systèmes alimentaires** vise à élaborer des recommandations pour l'application de la science du changement climatique afin d'améliorer les systèmes alimentaires, de contribuer à la sécurité alimentaire et de réduire la pauvreté. En outre, le thème se penche sur la manière dont les énergies renouvelables peuvent servir de solution alimentaire sensible au climat et sur la manière dont la diversité végétale de l'Afrique peut améliorer le rendement des cultures et la nutrition.

Le thème **de la restauration des terres et de la biodiversité** se concentre sur les recommandations de restauration des terres pour améliorer la biodiversité dans les paysages agricoles, atteignant ainsi la résilience agricole et la neutralité face à la dégradation des terres. La dégradation des terres est l'un des défis écologiques les plus pressants, affectant la plupart des terres dans le monde. On estime à 3,2 milliards le nombre de personnes qui dépendent des terres dégradées pour la nourriture, l'eau et d'autres services écosystémiques essentiels (Brondizio et al., 2019).

Le thème **Utilisation des terres, de l'eau et des ressources** énergétiques vise à élaborer des recommandations pour une utilisation optimale des ressources afin d'améliorer la production alimentaire, de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de préserver l'équilibre écologique de l'environnement.

Le thème de **la santé et du bien-être des personnes, des animaux et des écosystèmes** vise à formuler des recommandations pour améliorer la santé humaine par des interventions dans les écosystèmes et la santé animale. Le thème s'attaque aux défis qui ont un impact sur la santé et le bien-être des personnes, des animaux et de l'environnement et s'efforce de développer des solutions durables pour améliorer la qualité de vie.

Cette synthèse technique de l'innovation évalue les innovations disponibles dans le contexte de l'utilisation des ressources terrestres, hydriques et énergétiques. En plus d'identifier des solutions innovantes dans ce domaine thématique CLAB-Afrique, ce résumé technique met en évidence la durabilité, l'efficacité, l'évolutivité, l'adaptabilité et la viabilité économique de

ces innovations. Des recommandations clés et l'impact potentiel des innovations seront également présentés.

Aperçu des défis actuels liés à l'agriculture, aux ressources naturelles et aux changements climatiques

L'agriculture fournit environ 65 à 70 % de la main-d'œuvre africaine et contribue à environ 30 à 40 % du produit intérieur brut (PIB). Les communautés rurales, qui représentent environ 60 à 70 % de la population africaine, dépendent fortement de l'agriculture pour leur subsistance (Fonds international de développement agricole [FIDA], 2013). Malgré son rôle central dans la lutte contre la faim (ODD 2) et la pauvreté (ODD 1) et la promotion du développement socio-économique, l'agriculture est confrontée à des menaces importantes dues à des événements météorologiques extrêmes tels que les sécheresses, les tempêtes, les inondations et les incendies de forêt (Codjoe & Atiglo, 2020). Les impacts du changement climatique varient selon la géographie, les couches sociales et les conditions économiques, les zones arides, les populations sous-financées et les femmes marginalisées étant particulièrement vulnérables aux chocs climatiques (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2022 ; Muzari et Mutambara, 2014 ; Osman-Elasha, 2009). De plus, la vulnérabilité des communautés appauvries est aggravée par les effets néfastes du changement climatique sur les écosystèmes critiques tels que les plans d'eau, les forêts, les prairies et les zones humides (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2022). Par exemple, les inondations à Durban, dans le KwaZulu Natal, en Afrique du Sud, en 2023, ont entraîné la destruction de l'électricité, des infrastructures et des réseaux de transport, et par conséquent, les moyens de subsistance locaux ont énormément souffert (Eskom, 2023). Les méthodes agricoles traditionnelles sont devenues de plus en plus inefficaces avec l'augmentation des défis liés au climat (Ahsan et al., 2021). De plus, certaines pratiques agricoles, notamment l'utilisation d'engrais chimiques, la déforestation et le brûlage de brousse, contribuent aux

émissions de gaz à effet de serre, exacerbant le réchauffement climatique (Lynch et al., 2021). Par conséquent, il est urgent d'adopter des approches et des pratiques innovantes pour améliorer la durabilité de l'agriculture tout en préservant l'environnement. Les pratiques agricoles durables devraient donner la priorité à la préservation de l'environnement, en reconnaissant le lien intrinsèque entre la productivité agricole et la santé des écosystèmes.

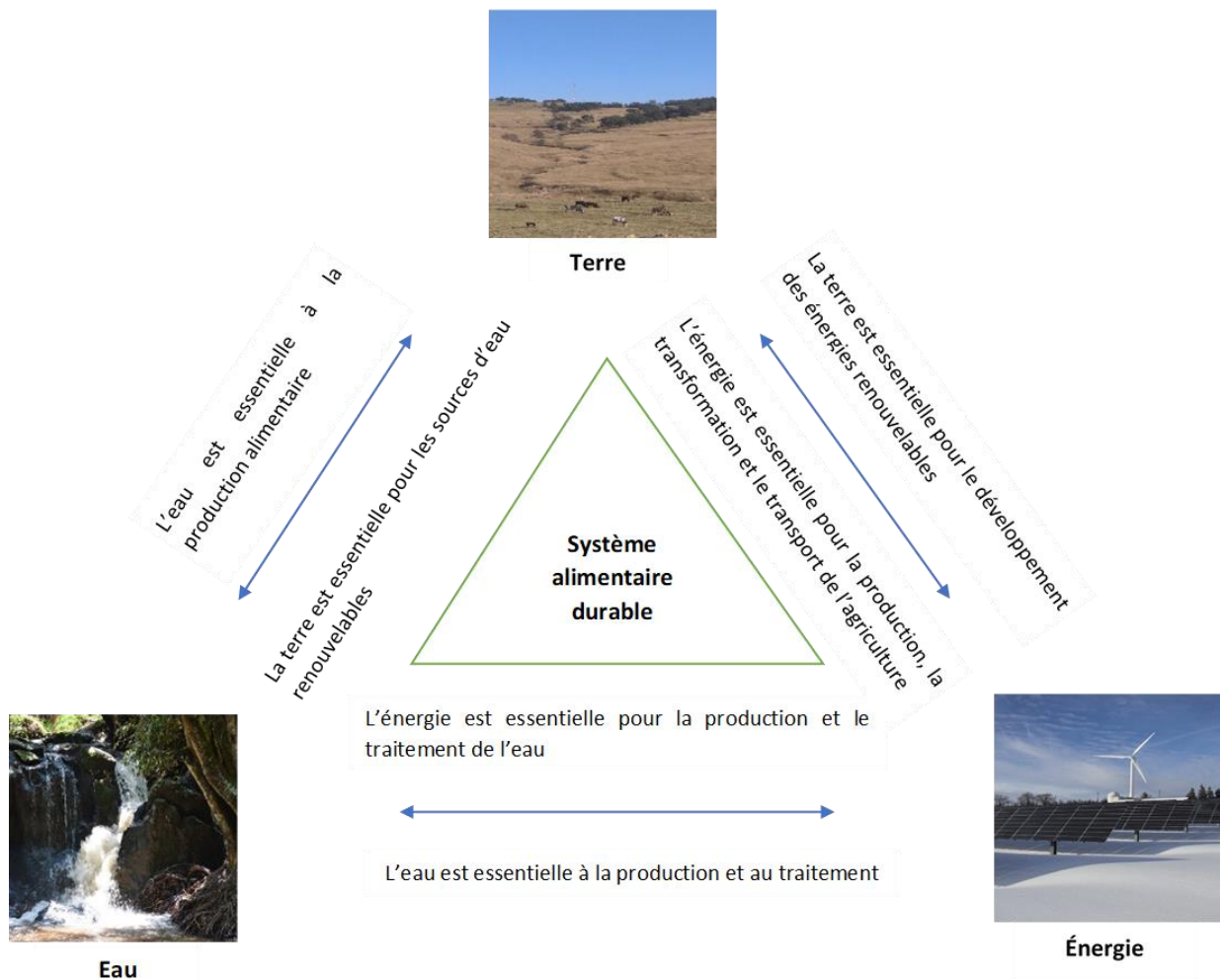
L'adoption d'approches innovantes, y compris des pratiques et des technologies de pointe, profitera à l'humanité et à l'environnement. La mise en œuvre de stratégies innovantes dans la gestion des ressources liées à la terre, à l'eau et à l'énergie (LWE) a des impacts sociaux, économiques et environnementaux positifs. Ces avantages comprennent l'augmentation des rendements et de la productivité, l'efficacité des ressources, de nouvelles opportunités de marché, l'amélioration de la rentabilité et des revenus des agriculteurs, la création d'emplois, la croissance économique, la résilience des communautés aux effets du changement climatique, la sécurité alimentaire, l'équité, l'accès inclusif aux ressources et l'autonomisation des groupes marginalisés tels que les femmes et les jeunes, tout en promouvant la durabilité environnementale.

L'interdépendance des ressources terrestres, hydriques et énergétiques (illustrée à la figure 1) souligne leur importance dans l'amélioration de l'utilisation et de la gestion des ressources et leur contribution à la sécurité alimentaire et aux systèmes alimentaires durables. Cependant, ces ressources sont confrontées à de nombreux défis sur le continent africain, notamment la dégradation et la rareté, exacerbées par les impacts du changement climatique. La dégradation des terres, caractérisée par la perte de productivité des sols, persiste en tant que problème de longue date dû à des processus anthropiques et naturels. Environ 25 % des terres sont en train de se dégrader, ce qui entraîne une baisse substantielle des cultures vivrières et de la productivité de l'élevage. Cette dégradation a des

répercussions sociales et environnementales, notamment l'insécurité alimentaire, la hausse des prix des denrées alimentaires, les risques environnementaux et la perte de biodiversité.

De plus, la dégradation des terres affecte négativement les ressources en eau et la production d'énergie renouvelable, car la sédimentation due à l'érosion contamine les masses d'eau et diminue la productivité énergétique des biocarburants. L'Afrique, aux prises avec des crises de l'énergie et de l'eau, est confrontée à des défis supplémentaires en raison de l'escalade de la dégradation des terres sur le continent. Cependant, les crises de l'énergie et de l'eau ne sont pas uniquement dues à la pénurie, mais aussi à des insuffisances techniques et managériales. De plus, la pollution de

l'eau et des sols due à une gestion inadéquate des déchets constitue une menace importante pour le développement socio-économique et la durabilité environnementale dans de nombreux pays africains. De plus, l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre exacerbe ces défis, entraînant une variabilité et des changements climatiques. Par conséquent, les solutions doivent également augmenter la disponibilité de l'eau et de l'énergie et se concentrer sur le développement et l'entretien des infrastructures, ainsi que sur des pratiques de gestion efficaces. La résolution de ces défis multiformes se fait souvent par le biais d'approches fragmentées, avec des politiques, des cadres et des actions mis en œuvre au niveau sectoriel, générant par inadvertance de nouveaux défis dans différents secteurs.



. **Graphique 1** : Liens entre la terre, l'eau et l'énergie

Objectif général de ce résumé technique de l'innovation. L'objectif primordial est de promouvoir l'adoption de solutions innovantes qui amélioreront la gestion efficace des ressources et la durabilité des systèmes alimentaires africains.

Objectifs spécifiques :

- Identifier des techniques innovantes d'utilisation durable des ressources en terres, en eau et en énergie qui ont été testées et dont l'aptitude a été prouvée pour promouvoir la production agricole en Afrique ;
- Analyser les technologies en termes d'évolutivité, de durabilité, d'adaptabilité, d'efficacité, de défis et d'atténuation.

Les publics cibles sont les suivants : Les municipalités locales, les ministères, l'industrie agroalimentaire, les universitaires, les organisations non gouvernementales impliquées dans le développement rural, les agents de vulgarisation, les petits agriculteurs et la société civile.

Solutions innovantes

Les défis croissants posés par la croissance démographique, l'industrialisation, l'urbanisation et le changement climatique discutés dans les paragraphes précédents nécessitent de transformer les systèmes existants pour favoriser l'utilisation et la gestion efficaces des ressources, favorisant ainsi des systèmes alimentaires durables en Afrique. Diverses techniques, notamment les technologies d'agriculture de précision, l'irrigation économe en eau, l'intégration des énergies renouvelables et les pratiques agricoles axées sur le carbone, sont utilisées pour améliorer la gestion des terres, de l'eau et des ressources énergétiques. Cette section offre un aperçu de ces techniques.

Technologies agricoles de précision

L'agriculture de précision utilise des techniques agricoles avancées pour recueillir, traiter et analyser des données spatiales et temporelles, ce qui aide les agriculteurs à prendre des décisions précises sur les besoins en nutriments dans les exploitations agricoles

(Meena et Dudwal, 2021). En s'appuyant sur des technologies telles que le GPS, les capteurs, les drones, l'imagerie satellite et les algorithmes d'apprentissage automatique, elle optimise les rendements des cultures en ajustant avec précision l'utilisation d'intrants tels que l'eau, les engrais et les pesticides en temps opportun (Meena et Dudwal, 2021). En adaptant les solutions aux besoins de chaque exploitation agricole et en alignant les exigences des cultures sur des mesures précises des intrants, l'agriculture de précision vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources tout en minimisant le gaspillage. Contrairement aux méthodes agricoles traditionnelles, l'agriculture de précision utilise des stratégies de gestion ciblées pour relever des défis spécifiques dans diverses sections de terrain. Par exemple, il facilite l'évaluation de la fertilité du sol et détermine la quantité précise d'engrais nécessaire à une croissance optimale des cultures.

De plus, à l'aide de techniques de télédétection, il identifie les cultures stressées par l'eau et la santé, ce qui permet d'attribuer des interventions précises. Les avantages comprennent une meilleure efficacité de l'utilisation des ressources, la protection de l'environnement, l'augmentation des rendements, les économies de coûts, la prise de décisions éclairées et la résilience au changement climatique. Cependant, des inconvénients tels que les coûts élevés de la technologie et le manque de capacité d'adaptation entravent la capacité des petits agriculteurs à adopter la technologie (Meena et Dudwal, 2021).

Irrigation économe en eau

La variabilité croissante de la saisonnalité, marquée par des périodes de sécheresse prolongées et des sécheresses, a incité à l'adoption de pratiques d'irrigation comme solution essentielle pour protéger les exploitations agricoles des chocs de pénurie d'eau. L'irrigation consiste à fournir artificiellement de l'eau aux fermes ou aux jardins pendant les périodes de pénurie d'eau, à l'aide de méthodes telles que des pulvérisations, des tubes et des pompes (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2016). Son objectif est d'assurer un approvisionnement constant

en eau pour les cultures, en atténuant l'impact de l'insuffisance des précipitations. Il existe divers systèmes d'irrigation, notamment l'irrigation par aspersion, l'irrigation manuelle, l'irrigation par sous-irrigation, l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation localisée, l'irrigation de surface, l'irrigation à déplacement latéral et l'irrigation à pivot central (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2016). Néanmoins, le choix de chaque technique est basé sur les capacités économiques et les conditions du paysage. Alors que certains systèmes sont rentables mais nécessitent beaucoup de main-d'œuvre, comme les systèmes d'irrigation manuels et à déplacement latéral, d'autres (arroseurs, irrigation goutte à goutte, sous-irrigation et irrigation à pivot central) sont coûteux à installer, mais nécessitent moins de main-d'œuvre. Le terrain influence également le choix du système ; Par exemple, l'irrigation à pivot central convient aux zones plates, tandis que la sous-irrigation est idéale pour les zones à nappe phréatique élevée. L'adoption de systèmes d'irrigation présente de nombreux avantages, notamment la création d'emplois, l'augmentation des revenus, la stabilisation des prix alimentaires, l'augmentation et la diversification de la production alimentaire, la sécurité alimentaire, l'amélioration de l'approvisionnement en eau, etc. (Masela et al., 2018). Cependant, malgré ces avantages, seulement 5 % des terres cultivées en Afrique subsaharienne sont irriguées attribués à des contraintes institutionnelles, techniques et socio-économiques (Christian et al., 2019).

Sources d'énergie renouvelables

L'augmentation de la demande d'électricité due à la croissance démographique et à la poussée mondiale en faveur de la décarbonisation a souligné l'importance des sources d'énergie renouvelables (Helder, 2015). Ces sources, inépuisables et qui se reconstituent naturellement, contribuent à une empreinte carbone faible ou nulle. Il s'agit par exemple de l'hydroélectricité, de l'énergie solaire, de l'énergie éolienne, de la bioénergie, de l'énergie océanique et de l'énergie géothermique (Owusu et coll., 2016). Leur potentiel à atténuer les effets de la hausse des températures en fait une stratégie d'atténuation du changement climatique hautement recommandée. En Afrique, la crise

énergétique pressante a stimulé l'adoption des énergies renouvelables. Les avantages comprennent la création d'emplois, la croissance économique, l'expansion et la résilience du réseau, l'amélioration de l'accès à l'électricité dans les pays en développement, la sécurité énergétique et la réduction des impacts sur l'environnement et la santé (Owusu et coll., 2016). Cependant, malgré ces avantages et la définition claire des énergies renouvelables, Helder (2015) soutient qu'elles ne sont pas toujours durables en raison de considérations sociales, économiques et environnementales. En d'autres termes, les sources d'énergie renouvelables ne répondent pas toujours aux critères de durabilité économique, sociale et environnementale.

Malgré le potentiel, la transition vers les énergies renouvelables en Afrique reste lente. En 2020, seulement 9 % de l'énergie supplémentaire en Afrique provenait des énergies renouvelables, principalement l'hydroélectricité. L'Afrique du Nord est en tête du continent en matière de développement des énergies renouvelables, tandis que l'Afrique du Sud est à la traîne avec une capacité d'environ 4000 mégawatts (MW) (Armstrong, 2022). Néanmoins, depuis 2013, les installations d'énergie renouvelable ont augmenté de 24 GW, et les projections prévoient une nouvelle augmentation à 27,3 exajoules d'ici 2050 (Armstrong, 2022). Cette croissance devrait catalyser le développement économique en Afrique en comblant le fossé énergétique entre les zones rurales et urbaines.

Les énergies renouvelables joueront également un rôle central dans la réduction des pertes post-récolte en alimentant les installations de conservation et les usines de transformation des aliments. Les investissements dans les énergies renouvelables devraient stimuler la croissance économique et accélérer le développement sur le continent (KfW Development Bank, 2020).

L'agriculture du carbone

L'agriculture du carbone est apparue comme un concept innovant dans le discours entourant le rôle de l'agriculture dans l'atténuation des effets du changement climatique (Schilling et al., 2023). Il s'agit

de pratiques agricoles modernes visant à séquestrer le carbone en favorisant les puits de carbone dans la biomasse/les arbres et les sols (Schilling et al., 2023). L'agriculture du carbone contribue à la décarbonisation de l'atmosphère grâce à des techniques agricoles qui permettent à la biomasse et aux sols d'absorber les émissions de carbone des industries, des infrastructures et des ménages. Ces pratiques comprennent l'agroforesterie, les cultures intercalaires, la culture de cultures de couverture, la réduction du travail du sol et l'utilisation d'une meilleure gestion des engrais organiques comme le fumier, le compost ou le paillis. Cette approche produit des terres agricoles plus résilientes au climat et crée des possibilités de partenariats au sein et au-delà de la chaîne agroalimentaire.

L'agriculture du carbone encourage les investissements dans les puits de carbone en favorisant la collaboration entre les investisseurs non agricoles et les agriculteurs, en apportant un soutien financier aux pratiques agricoles du carbone visant la décarbonation atmosphérique (McDonald et al., 2021). Ce financement peut provenir des secteurs public et privé, dans le but d'intensifier les efforts d'atténuation du changement climatique. Les partenariats collaboratifs promus par l'agriculture du carbone peuvent générer des avantages mutuels pour les agriculteurs et la société. Par exemple, les processus agricoles naturels sont bénéfiques pour la biodiversité, la santé de l'eau et des sols, ainsi que pour le bien-être des animaux. En retour, les agriculteurs peuvent bénéficier d'une productivité accrue, d'une réduction des coûts et d'une résilience accrue aux impacts du changement climatique (McDonald et coll., 2021).

Le potentiel de l'agriculture du carbone est prometteur pour le développement agricole futur en Afrique, offrant des opportunités d'atténuation du changement climatique et de renforcement de la résilience des petits agriculteurs (Schilling et al., 2023).

Critères d'évaluation

L'évaluation des innovations examinées dans le présent document a été menée en fonction de divers critères

tels que la durabilité, l'efficacité, l'évolutivité, l'adaptabilité, la résilience, l'engagement communautaire, l'efficacité des ressources, l'intégration technologique, l'alignement des politiques et la viabilité économique. Les résultats de l'évaluation sont expliqués ci-dessous.

Agriculture de précision

L'agriculture de précision contribue à l'utilisation et à la gestion efficaces des ressources naturelles, y compris l'eau et le sol. L'application ciblée d'intrants tels que les engrais organiques, les herbicides et les pesticides minimise les déchets et optimise les rendements, réduisant ainsi les dommages environnementaux (Jacobs et al., 2018). Aune et al. (2017) ont constaté que l'agriculture de précision pouvait accroître la productivité des terres et de la main-d'œuvre, ce qui entraînait une amélioration des rendements. Dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest, des pratiques durables telles que l'amorçage des semences, le traitement des semences, le microdosage, l'épandage de fumier et la collecte de l'eau font de l'agriculture de précision une méthode rentable pour augmenter les rendements des cultures (Aune et al., 2017). Malgré son efficacité, la durabilité de l'agriculture de précision dépend de son abordabilité, de sa rentabilité et de sa faisabilité. Il est particulièrement coûteux pour les petits agriculteurs, qui constituent la majorité en Afrique, ce qui rend difficile son adoption généralisée (Jacobs et al., 2018). Cependant, les agriculteurs qui adoptent la technique voient souvent leurs rendements augmenter après quelques années, ce qui la rend économiquement viable (Jacobs et al., 2018). Parmi les autres obstacles à l'adoption, citons la résistance au changement, le manque de connaissances en informatique et les compétences en gestion (Jacobs et coll., 2018). Les données recueillies au Niger et au Mali montrent que l'intégration des connaissances locales sur la fertilité des sols et la saisonnalité peut rendre l'agriculture de précision plus adaptable et plus attrayante (Osbah et Allan, 2003). La promotion de l'adoption par les petits agriculteurs en Afrique nécessite l'éducation, le développement des compétences, la connectivité Internet et l'aide financière (AUDA-NEPAD, 2021). Malgré ces défis, des accords de haut niveau comme

l'Accord de Paris soutiennent l'agriculture de précision pour freiner les effets néfastes du changement climatique.

Irrigation économe en eau

La technologie d'irrigation goutte à goutte, introduite pour minimiser le gaspillage d'eau, est efficace et économiquement viable pour optimiser l'utilisation de l'eau, réduire les pertes de nutriments et de fumier, réduire les coûts de main-d'œuvre et économiser de l'énergie (Hively Landscapes, 2018). Il régule efficacement l'utilisation de l'eau et prévient les dangers pour les ressources en eau en minimisant le ruissellement (Hively Landscapes, 2018). Cependant, les coûts d'installation initiaux élevés, la rareté de l'eau et les dépenses d'entretien entravent son adoption. Malgré la promotion d'une agriculture et d'une gestion des ressources durables, ces défis menacent sa durabilité à long terme. Néanmoins, la capacité de l'irrigation goutte à goutte à minimiser le gaspillage d'eau et d'énergie s'aligne sur les efforts mondiaux, régionaux et nationaux pour gérer efficacement les ressources dans le contexte du changement climatique et de la croissance démographique.

Énergie renouvelable

Les sources d'énergie renouvelables telles que l'énergie solaire, éolienne et hydroélectrique présentent un grand potentiel pour l'approvisionnement en énergie durable en Afrique en raison de la dotation naturelle du continent (Gomstyne, 2024). Ces technologies sans carbone minimisent la pollution des sols, de l'eau et de l'atmosphère, améliorant ainsi l'efficacité des ressources. Les énergies renouvelables offrent également des opportunités commerciales et ont des coûts de maintenance inférieurs, ce qui les rend économiquement viables (Gomstyne, 2024). Par rapport aux combustibles fossiles, il est plus abordable et plus adaptable à l'environnement (Gomstyne, 2024). Ces sources sont durables parce qu'elles sont naturellement réapprovisionnées, respectueuses de l'environnement et largement disponibles (Owusu et coll., 2016). Cependant, leur durabilité est menacée par les défaillances du marché, le manque d'information et l'insuffisance des ressources de déploiement (Owusu et

al., 2016). Les coûts d'installation initiaux élevés limitent encore l'adoption. Par conséquent, l'adoption des énergies renouvelables en Afrique reste faible, les pays à revenu élevé ouvrant la voie (Medinilla & Sergejef, 2023).

L'agriculture du carbone

L'agriculture du carbone vise à atteindre l'objectif de zéro émission nette de carbone du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat d'ici 2050. Elle est facilitée par les marchés du carbone, qui permettent l'achat et la vente de crédits carbone (Jackson Hammond et al., 2021). Le soutien financier des entreprises et des gouvernements permet aux agriculteurs africains d'adopter une agriculture carbone, compensant ainsi les émissions de gaz à effet de serre (Schilling et al., 2023). Cette pratique favorise la production alimentaire durable, la gestion de l'environnement, l'utilisation efficace des ressources et la résilience climatique. Le système de crédits carbone est conçu pour rendre l'agriculture du carbone abordable pour les agriculteurs. Cependant, la réticence des gouvernements et des entreprises à tenir les promesses de financement de la lutte contre le changement climatique freine son expansion. Schilling et al. (2023) proposent un cadre pour impliquer les petits agriculteurs dans l'agriculture du carbone par le biais d'incitations agricoles.

Études de cas et programmes pilotes

Cette section examine quelques études de cas qui démontrent la mise en œuvre réussie de l'agriculture de précision, de l'irrigation économe en eau, des sources d'énergie renouvelables et des pratiques agricoles axées sur le carbone. Les innovations abordées dans cette section sont interdépendantes, et la durabilité de l'une ou l'autre des techniques est essentielle pour les autres.

Agriculture de précision

Un drone multispectral visible et proche infrarouge (VNIR) a été testé dans une ferme de maïs à Gauteng, en Afrique du Sud, par le Centre de recherche scientifique et industrielle (CSIR, 2022). Le projet, qui ciblait les petits et moyens agriculteurs émergents, a été mis à l'essai dans deux exploitations de maïs émergentes à

Vereeniging, qui étaient parrainées par Farmsol. Ce projet a consisté à survoler les fermes sélectionnées par des drones afin de recueillir des informations sur les types de végétation (mauvaises herbes ou cultures), la végétation stressée et d'identifier les cultures matures ou immatures. Le projet visait à illustrer comment l'utilisation d'images multispectrales de véhicules aériens sans pilote (UAV) pouvait améliorer la productivité du maïs. L'imagerie par drone est plus rentable que les images satellitaires et aériennes. Le projet a démontré que les drones, une technologie agricole de la quatrième révolution industrielle (4IR), peuvent aider les agriculteurs à produire davantage à moindre coût en fournissant des informations précises pour éclairer la prise de décision sur l'application d'intrants agricoles tels que l'eau, les engrais et les pesticides. Cela peut contribuer de manière significative au développement socio-économique local, national et régional. Cette étude a démontré que les drones sont une technologie très utile pour l'utilisation efficace des ressources terrestres, hydriques et énergétiques pour la production alimentaire.



Graphique 2 : Une illustration de l'opération d'un drone au-dessus d'une ferme de maïs ¹

Irrigation économe en eau

En utilisant le système d'irrigation de Chidzadza (Burirano Ward 4, Chipinge, Zimbabwe) comme étude

¹ Spirent. (2024). Drone stock jumps after company signs MoU with Airbots Aerospace for agricultural drones. <https://tradebrains.in/features/drone-stock-jumps-after-company-signs-mou-with-airbots-aerospace-for-agricultural-drones/>

de cas, Chidavaenzi et al. (2021) ont démontré comment les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte peuvent améliorer la survie et la résilience des ménages face aux sécheresses. L'étude a appliqué une méthodologie mixte composée de questionnaires semi-structurés (administrés à 40 ménages) et de discussions de groupe impliquant cinq informateurs clés. La technique d'irrigation en question utilise un système de tuyauterie qui minimise le débit d'eau, réduisant ainsi les déchets. Les résultats de la recherche ont démontré que les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte peuvent améliorer les rendements des cultures et ainsi améliorer la nutrition et les revenus des ménages. Le succès du programme était en partie dû à la main-d'œuvre domestique bon marché et au soutien de la vulgarisation agricole. Cependant, des défis ont également été rencontrés, notamment des précipitations irrégulières et des dommages aux conduites d'eau. L'entretien constant des canalisations, l'expansion des zones de captage d'eau et l'augmentation de la disponibilité de l'eau grâce à l'utilisation de systèmes de forage alimentés par l'énergie solaire sont des actions suggérées nécessaires pour une mise en œuvre efficace de l'irrigation.



Graphique 3 : Système d'irrigation goutte à goutte ²

² Prapat. (pas de date). Plant and Flowers. https://stock.adobe.com/search?k=drip+irrigation&asset_id=366824203

Défis et mesures d'atténuation

Bien que les innovations identifiées aient été testées et se soient avérées efficaces pour favoriser l'utilisation efficace des ressources afin d'accroître la production alimentaire et la durabilité environnementale, l'adoption de ces techniques est entravée par les défis qui sont examinés dans la présente section.

Agriculture de précision

L'agriculture de précision offre un potentiel important de révolution de l'agriculture en Afrique, mais son adoption généralisée se heurte à des défis, tels que le coût élevé de l'accès aux données des drones pour les petits agriculteurs. De plus, les cadres réglementaires et politiques sont à la traîne par rapport à l'avancement de la technologie, ce qui entraîne des contraintes juridiques à son adoption. Les risques de sécurité liés au vol des drones constituent également un sujet de grande préoccupation. La collaboration entre le gouvernement et le secteur privé est essentielle pour rendre les données générées par les drones accessibles à ces agriculteurs, ce qui leur permet de prendre des décisions éclairées et d'améliorer leur productivité. De plus, la mise en place d'une surveillance par drone à grande échelle présente des défis pratiques, notamment l'impossibilité de couvrir de vastes zones uniquement par la surveillance par drone (CSIR, 2022). Pour résoudre les problèmes d'évolutivité, des algorithmes d'apprentissage automatique entraînés sur des images de drones haute résolution sont utilisés pour prédire les variables de culture à l'aide d'images satellites à l'échelle régionale.

Sources d'énergie renouvelables

Malgré leur importance, les sources d'énergie renouvelables rencontrent des défis pour promouvoir efficacement l'AIC, notamment les défaillances du marché, le manque d'information, l'accès limité aux matières premières et l'empreinte carbone persistante (Owusu et Asumadu-Sarkodie, 2016). Pour pallier ces freins, plusieurs mesures peuvent être mises en place : Renforcer les politiques en matière d'énergies renouvelables pour favoriser l'investissement et le développement ; encourager la collaboration multipartite pour promouvoir l'adoption et

l'investissement dans les technologies d'énergie renouvelable ; Promouvoir l'adoption intentionnelle de technologies d'énergie renouvelable à l'échelle locale et mondiale, mettre l'accent sur la durabilité ; Instaurer des stratégies et des politiques de décarbonation dans les secteurs où la consommation d'énergie non renouvelable prévaut ; Faciliter le renforcement des capacités des investisseurs locaux afin de promouvoir la participation et l'appropriation dans les projets d'énergie durable.

Irrigation économe en eau

La mise en œuvre de systèmes d'irrigation par l'eau se heurte à plusieurs défis, notamment des coûts d'adoption élevés, un manque de capacité opérationnelle, un accès limité aux ressources en eau et à l'énergie, la réticence des agriculteurs à adopter des techniques modernes, un soutien politique insuffisant et une capacité de maintenance insuffisante. Les mesures d'atténuation pour résoudre ces problèmes comprennent le soutien financier des gouvernements, des entreprises privées et des organisations non gouvernementales, des programmes de formation, le recours aux énergies renouvelables, des campagnes de sensibilisation, l'élaboration de politiques pour le stockage de l'eau et l'irrigation, et la mise en place de réseaux de soutien locaux et de services d'entretien accessibles.

Agriculture du carbone

De même, la mise en œuvre de l'agriculture du carbone, bien que projetée comme essentielle à l'optimisation de la productivité agricole et à la séquestration du carbone, se heurte à plusieurs défis, notamment : des coûts élevés de surveillance, de déclaration et de vérification (MRV) ; risque d'inversion de la séquestration du carbone à partir des sols et de la biomasse ; les défaillances opérationnelles entravant l'exécution efficace ; et les dommages environnementaux potentiels causés par les activités d'agriculture du carbone. Les mesures d'atténuation suivantes sont jugées appropriées pour relever les défis perçus : Concevoir des mesures de protection et des mesures incitatives pour générer des avantages multiples ; Élaborer des estimations de base pour évaluer avec

précision les avantages ; Mettre en place des sanctions en cas de non-respect des accords de production de carbone.

Perspectives et recommandations

Les techniques agricoles de précision, les systèmes d'irrigation, les sources d'énergie renouvelables et l'agriculture du carbone représentent des méthodes éprouvées capables de catalyser la production agricole et d'améliorer la sécurité alimentaire en Afrique. Cependant, l'adoption généralisée de ces techniques est entravée par les contraintes financières auxquelles sont confrontés les petits agriculteurs, qui constituent la majorité de la population agricole du continent. Les stratégies orientées vers l'avenir doivent donner la priorité à rendre ces technologies accessibles et abordables pour tous. Compte tenu de ses abondantes ressources en terres, en eau et en énergie, l'Afrique possède un immense potentiel pour la croissance de telles innovations. Cependant, l'utilisation durable de ces ressources nécessitera des investissements substantiels dans des techniques innovantes qui maximisent les rendements avec un minimum d'intrants. À l'heure actuelle, l'escalade des coûts des pratiques agricoles intelligentes face au climat profite souvent aux agriculteurs commerciaux les plus riches, laissant les petits agriculteurs incapables de s'offrir ces technologies, vulnérables aux effets néfastes du changement climatique.

Néanmoins, il est possible d'intensifier l'adoption de technologies innovantes par les petits exploitants agricoles grâce à diverses stratégies, notamment :

- Initiatives collaboratives : Encourager l'action collective et la collaboration entre les agriculteurs par le biais de coopératives ou d'organisations communautaires peut faciliter l'accès partagé aux ressources et aux connaissances.
- Partenariats public-privé : Favoriser les partenariats entre les entités gouvernementales, les parties prenantes du secteur privé et les organisations agricoles pour fournir un soutien

financier, une assistance technique et un accès au marché aux petits exploitants agricoles.

- Engagements en matière de tarification du carbone : Les entreprises non agricoles internationales et régionales devraient accroître leurs engagements en matière de tarification du carbone, en allouant des fonds à des initiatives visant à décarboner l'atmosphère. Cela peut fournir des sources de revenus supplémentaires aux petits exploitants agricoles engagés dans des pratiques agricoles de carbone.

En mettant en œuvre ces stratégies et en promouvant des politiques inclusives, l'adoption de technologies agricoles innovantes peut être accélérée, ce qui profite aux petits agriculteurs et renforce la résilience au changement climatique dans toute l'Afrique.

Conclusion

Il est de plus en plus difficile de nourrir la population mondiale croissante, en particulier avec le changement climatique qui exacerbe les vulnérabilités existantes. La mise en place de systèmes alimentaires durables à l'échelle mondiale nécessite l'adaptation et la résilience des systèmes agricoles. Les pratiques agricoles novatrices sont essentielles pour catalyser le secteur et offrir des possibilités de croissance et de stabilité sociales, économiques et environnementales. Cet article analyse des techniques d'innovation testées et éprouvées pour favoriser une utilisation efficace et durable des ressources pour assurer la sécurité alimentaire en Afrique. Il aborde diverses techniques innovantes, leur pertinence, les défis de mise en œuvre et les perspectives d'évolutivité future. Les techniques explorées comprennent l'agriculture de précision, l'irrigation efficace de l'eau, les sources d'énergie renouvelables et l'agriculture du carbone. Les résultats de la recherche confirment que ces techniques agricoles sont effectivement pratiquées en Afrique. L'application de ces techniques augmente considérablement les rendements et la productivité, favorisant la croissance économique et sociale aux niveaux local, national et mondial tout en assurant la stabilité environnementale.

Cependant, les petits agriculteurs ont souvent du mal à accéder aux technologies agricoles modernes en raison des coûts élevés d'acquisition et de maintenance et du manque de connaissances et de compétences nécessaires. Une intervention est nécessaire aux niveaux local, national et régional pour faciliter l'adoption de ces techniques. Par exemple, l'autonomisation des agriculteurs par le biais de coopératives peut leur donner la capacité économique d'acquérir et d'exploiter ces technologies. Au niveau national, les partenariats public-privé sont encouragés pour fournir des capitaux agricoles et concevoir des politiques qui autonomisent les petits agriculteurs. Ces partenariats ouvrent également aux agriculteurs des voies d'accès aux principaux marchés, avec le développement d'infrastructures, la communication et les usines de transformation des aliments facilitant la conservation des aliments et réduisant les pertes après

récolte. À l'échelle mondiale, l'aide aux agriculteurs pour l'adoption de ces techniques peut consister à offrir des possibilités de financement pour l'acquisition de technologies et le renforcement des capacités. Davantage de recherches et d'innovations sont nécessaires pour mettre au point des technologies permettant de promouvoir l'utilisation durable des terres, de l'eau et des ressources énergétiques dans une perspective de nexus, car les technologies actuelles sont pour la plupart monosectorielles. L'adoption de techniques agricoles modernes présente un immense potentiel pour la croissance économique de l'Afrique, compte tenu de sa forte dépendance au secteur agricole pour le PIB et d'une population jeune en croissance rapide qui a besoin d'être en mesure d'assurer la durabilité et la résilience de la chaîne d'approvisionnement agricole.

Références

- AfDB [African Development Bank Group]. (2017). *Africa's agricultural transformation: identifying priority areas and overcoming challenges*. AFDB
- Ahsan, D., Brandt, U. S., & Faruque, H. (2021). Local agricultural practices to adapt with climate change. Is sustainability a priority? *Current Research in Environmental Sustainability*, 3. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100065>
- AUDA-NEPAD. (2021, July 7). Bolstering Africa's precision agriculture on smallholder farming. *NEPAD Blog*. <https://www.nepad.org/blog/bolstering-africas-precision-agriculture-smallholder-farming>
- Aune, J. B., Coulibaly, A., & Giller, K. E. (2017). Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A review. *Agronomy and Sustainable Development*, 37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13593-017-0424-z>
- Bryan, E., & Ringler, C. (2023, April 18). Feeding Africa: How small-scale irrigation can help farmers to change the game. *The Conversation*. <https://theconversation.com/feeding-africa-how-small-scale-irrigation-can-help-farmers-to-change-the-game-202773>
- CDC [Centers for Disease Control and Prevention]. (2016). *Type of irrigation and water use*. CDC
- Codjoe, S. N. A., & Atiglo, D. Y. (2020). The Implications of Extreme Weather Events for Attaining the Sustainable Development Goals in Sub-Saharan Africa. *Frontier in Climate*, 2. <https://doi.org/10.3389/fclim.2020.592658>.
- Eskom. (2023). *Eskom Status Report on floods*. Eskom.
- Gomstyne, A. (2024, March 18). The advantages and disadvantages of renewable energy. *IBM blog*. <https://www.ibm.com/blog/renewable-energy-advantages-disadvantages/>
- Hively Landscapes. (2018, May 10). Advantages and disadvantages of drip technology. *Hively*. <https://www.hivelylandscapes.com/2018/05/advantages-disadvantages-drip-irrigation/>
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. (2022). *Climate change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/9781009325844.001>
- IFAD [International Fund for Agricultural Development]. (2013). *Smallholders, food security, and the environment*. IFAD
- Jackson Hammond, A. A., Motew, M., Brummitt, C. D., DuBuisson, M. L., Pinjuv, G., Harburg, D. V., Campbell, E. E., & Kumar, A. A. (2021). Implementing the soil enrichment protocol at scale: Opportunities for an agricultural carbon market. *Frontiers in Climate*, 64. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fclim.2021.686440>
- Jacobs, A. J., Van Tol, J. J., & DuPreez, C. C. (2018). Farmers perceptions of precision agriculture and the role of agricultural extension: A case study of crop farming in the Schweizer-Reneke Region, South Africa. *South Africa Journal of Agricultural Extension*, 46(2). <http://dx.doi.org/10.17159/2413-3221/2018/v46n2a484>
- KfW Development Bank. (2020). *Mobilising private capital for grid-connected renewable power in developing countries – Lessons learnt*. Evaluation update No. 11, April 2020. https://www.kfw-entwicklungsbank.de/PDF/Evaluierung/Themenbezogene-Evaluierungen/Nr11_Evaluation-update_Mobilising-private-capital_E.pdf
- Lynch, J., Cain, M., Frame, D., & Pierrehumbert, R. (2021). Agriculture's contribution to climate change and role in mitigation is distinct from predominantly fossil CO2-emitting sectors. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.518039>.
- Masela, Z., Mushunje, A., Ngarava, S., Taruvinga, A., & Tatsvarei, S. (2018). Benefits of an irrigation scheme and its determinants to surrounding peripheral rural communities. *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 10(6), 79-90. [https://doi.org/10.22610/jeb.v10i6\(J\).2596](https://doi.org/10.22610/jeb.v10i6(J).2596).

- Medinilla, A., & Sergejef, K. (2023). *Scaling up African clean energy*. Discussion Paper no. 334.
- Muzari, W. M., & Mutambara, J. (2014). Climate change impacts and response options among rural communities: Issues and strategies. ASARE Publishers.
https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/366001843_CLIMATE_CHANGE_IMPACTS_AND_RESPONSE_OPTIONS_AMONG_RURAL_COMMUNITIES_ISSUES_AND_STRATEGIES
- Osbah, H., & Allan, C. (2003). Indigenous knowledge of soil fertility management in southwest Niger. *Geoderma*, 111.
[https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00277-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00277-X)
- Osman-Elasha, B. (2009). Women...In the shadow of climate change. *UN Chronicle*.
<https://www.un.org/en/chronicle/article/womenin-shadow-climate-change>
- Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S., & Dubey, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3, 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Schilling, F., Baumüller, H., Ecuru, J., & vonBraun, J. (2023). *Carbon farming in Africa: Opportunities and challenges for engaging smallholder farmers*. ZEF Working Paper Series. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/370073147>
- United Nations Inter-Agency Task Team on Science, Technology, Innovation for the SDGs. (2022). *Science, technology and innovation for achieving the SDGs: Guidelines for policy formulation*. United Nations Industrial Development Organization. Retrieved from https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-06/ONLINE_STI_SGDs_GUIDELINES_EN_v3_0.pdf
- World Bank. (2013). *Unlocking Africa's agricultural potential*. <https://doi.org/https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2023/09/Unlocking-Africas-Agricultural-Potential.pdf>
-

Cette recherche a été entreprise dans le cadre du projet Climat, Terre, Agriculture et Biodiversité (CLAB-Africa), sous les auspices du Centre d'excellence de l'Alliance universitaire de recherche africaine sur les systèmes alimentaires durables (ARUA-SFS), hébergé par Future Africa, Université de Pretoria.

CLAB-Africa est le fruit d'une collaboration entre l'Université de Pretoria et le Réseau d'analyse des politiques alimentaires, agricoles et des ressources naturelles. Le projet est dirigé par le professeur Frans Swanepoel (chercheur principal) et le professeur Tafadzwanashe Mabhaudhi (co-chercheur principal).

Cette recherche a été rendue possible grâce au généreux soutien financier de la Fondation Bill et Melinda Gates.

Droits d'auteur © 2024. Climat, Terre, Agriculture et Biodiversité (CLAB-Africa). Tous droits réservés. Ce matériel peut être reproduit pour un usage personnel et non lucratif sans autorisation, mais une reconnaissance doit être accordée au projet CLAB-Africa et à ses partenaires principaux – l'Université de Pretoria et le Réseau d'analyse des politiques alimentaires, agricoles et des ressources naturelles.

Publié par l'Université de Pretoria, Lynwood Road, Pretoria 0002.