

DÉFIS DES INNOVATIONS ÉCOLOGIQUES AU SÉNÉGAL : ÉTUDE GÉOGRAPHIQUE DANS LES SECTEURS DE L'ÉCO-CONSTRUCTION, DES ÉNERGIES ALTERNATIVES ET DE L'AGRICULTURE DURABLE

DIOP Adama Doudou

Doctorant en géographie, Pôle de Recherche et d'Expertise sur la Dynamique des Espaces et des Sociétés (PREDES),

Université de Kara de Togo « Dynamiques des territoires et développement » (LEIDI),

Université Gaston Berger de Saint-Louis du Sénégal

diop12ada@gmail.com

SOUSSOU Tatongueba

Maître de Conférences en biogéographie

Université de Kara de Togo

denis.soussou@gmail.com

Résumé

Dans les contextes actuels de changement climatique, de dégradation environnementale et du développement durable, plusieurs actions jugées écologiques et innovantes sont encouragées et diffusées un peu partout dans le monde. Cependant, des questions se posent toujours sur leur pertinence et leur efficacité, particulièrement dans les pays du Sud. L'objet de cette étude est d'analyser les défis de certaines de ces innovations au Sénégal à travers une approche géographique sur les secteurs de l'éco-construction, des énergies alternatives et de l'agriculture durable.

La méthodologie, majoritairement qualitative, a consisté à choisir deux (2) innovations (après plusieurs recherches bibliographiques et de terrain) dans chaque secteur, puis à faire des analyses comparatives, des observations directes, des entretiens et, dans un cas, un focus group. Les six (6) innovations sont : voûte nubienne (VN), bloc de terre compressée (BTC), parc éolien, biocharbon, micro-jardinage urbain, biofertilisants.

Les résultats et leurs discussions ont montré que ces innovations écologiques par rapport au contexte sénégalais sont intéressantes, mais les défis sont nombreux. Elles ne sont pas encore arrivées à un niveau où elles peuvent remplacer de manière efficace ce qui se fait déjà dans les secteurs étudiés (sauf peut-être pour les biofertilisants si leur fabrication était faite par les

bénéficiaires elles-mêmes). La prise en compte de ces paramètres peut ouvrir plusieurs perspectives d'adaptation.

Mots-clés : Innovations écologiques – Éco-construction - Énergies alternatives - Agriculture durable – Défis financiers

Abstract

In the current context of climate change, environmental degradation and sustainable development, a number of actions considered to be ecological and innovative are being encouraged and disseminated throughout the world. However, questions are still being asked about their relevance and effectiveness, particularly in developing countries. This study analysed the challenges posed by some of these innovations in Senegal, using a geographical approach focusing on the eco construction, alternative energy and sustainable agriculture sectors.

The methodology, which was mainly qualitative, consisted of selecting two (2) innovations (after several bibliographic and field searches) in each sector; then carrying out comparative analyses, direct observations, interviews and, in one case, a focus group. The six (6) innovations are: Nubian vaults, compressed earth blocks, wind farms, biochar, urban micro-gardening and biofertilisers.

The results and their discussion showed that these ecological innovations in relation to the Senegalese context are interesting, but the challenges are numerous. They have not yet reached a level where they can effectively replace what is already being done in the sectors studied (except perhaps for biofertilisers, if they were produced by the beneficiaries themselves). By taking into account the realities of the areas concerned and the actions disseminated, the prospects for adaptation could be numerous.

Keywords : Ecological innovations – Eco-construction - Alternative energies - Sustainable agriculture – Financial challenges

Introduction

L'innovation renvoie à l'idée de nouveauté « *en un temps et un lieu donné* » (Brunet et al, 1993). Son étymologie provient du latin *in* (dans) et *novare* (rendre nouveau, renouveler, refaire, restaurer, transformer, changer) (www.toupie.org). A certaines innovations, le terme écologique est ajouté pour désigner leurs impacts positifs sur l'environnement. Les termes d'innovations

écologiques sont donc des approches qui prônent la protection de l'environnement en concordance avec les objectifs de l'écologie. Elles s'inscrivent dans le cadre du développement durable, un développement qui promeut un modèle de croissance économique, social et environnemental que la planète peut supporter à long terme. La coopération au développement est de plus en plus centrée autour de ce développement durable. Aujourd'hui, les termes d'*innovations écologiques*, de « bio », d'« éco », de « vert » ou encore d'« écolo » connaissent une connotation positive et occupent une grande partie des débats scientifiques, médiatiques, universitaires voire même politiques. Dans cette actualité, la littérature comporte de nombreuses publications variées. Nous pouvons citer :

- *La coopération internationale au développement pour promouvoir la facilitation de la technologie et le renforcement des capacités dans le cadre du Programme 2030* qui, de par 13 pages publié en octobre 2015 par le Forum pour la coopération en matière de développement de 2016, définit la Science, la Technologie et l'Innovation comme étant des priorités essentielles du Programme de développement durable à l'horizon 2030 ;
- *Le développement durable : approches plurielles* (Initial, sous la direction d'Yvette Veyvet, 2005) qui montre que le développement durable paraît être une notion allant en soi. Il n'est pas lu de la même façon par un géographe, un économiste, un juriste, etc. L'ouvrage de 287 pages est divisé en plusieurs chapitres thématiques dont le chapitre 53 (énergies et développement durable) souligne que « le niveau de développement d'une population se mesure à nos jours à la consommation énergétique » ;
- *L'innovation technologique dans les pays du sud, le cas de l'agro-alimentaire* (Treillon R., 1992) qui se concentre dans 267 pages sur les caractéristiques des innovations dans leur réussite, mais aussi leurs

adaptabilités face aux réalités sociales, économiques et techniques dans les pays du sud ;

- *L'innovation technologique au service du développement durable* (Cécile P., Warrant F., Valenduc G., 2001) qui étudie à travers 82 pages les conditions dans lesquelles l'innovation technologique peut favoriser et promouvoir le développement durable. C'est ainsi que sont présentées toutes les formes d'innovations technologiques potentiellement favorables au développement durable : innovations de procédé, innovations de produit, innovations organisationnelles, innovations de marché. L'ouvrage s'intéresse également à toute la chaîne de l'innovation et accorde une attention particulière à la pluralité des dispositifs d'innovation ;
- etc.

Dans les pays dits « en développement » ou « sous-développés », ces tendances sont à l'origine, depuis des décennies, de l'adoption et du financement de plusieurs actions par les ONG, les organismes internationaux, les pouvoirs publics et autres partenaires au développement. Cependant, les résultats obtenus restent parfois mitigés, négatifs dans des cas. Par exemple au Sénégal, en 2009, un programme national pilote de biogaz domestique (PNB-SN 2009-2013) a été initié par l'État du Sénégal en collaboration avec la Coopération Néerlandaise pour la construction de 8 000 biodigesteurs à travers le pays. Mais lors de la phase d'évaluation, sur les 8 000 digesteurs prévus, 600 ont été seulement construits dont 30 % non-fonctionnels³. De ce problème ressort une question fondamentale : quels sont les défis de ces innovations écologiques jugées pourtant importantes et nécessaires par une grande partie de l'opinion publique ?

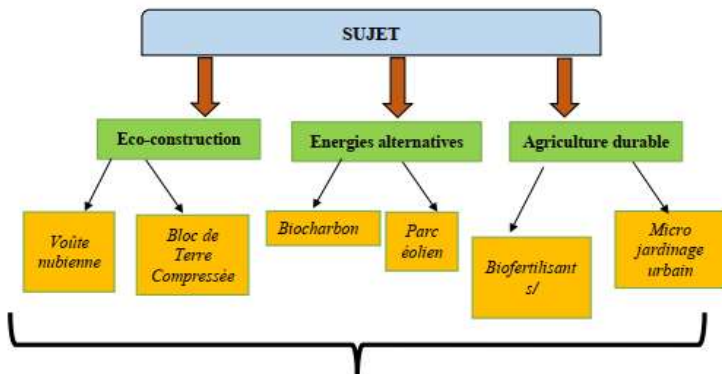
3 Aminata Ndoye Touré, Directrice des hydrocarbures (<https://www.agenceecofin.com/energies-renouvelables/2104-19390-senegal-le-programme-de-biogaz-domestique-rate-sa-phase-pilote>)

L'objet de cet article est de répondre à ce questionnement en analysant les défis au Sénégal à travers une approche géographique dans trois secteurs : l'éco-construction, les énergies alternatives et l'agriculture durable. Deux hypothèses sont retenues :

- hypothèse 1 - certaines innovations écologiques au Sénégal souffrent d'un problème de diffusion ; ce qui entraîne leur faible adoption dans l'espace géographique et leur non-pérennité dans les quelques zones où elles sont appliquées ;
- hypothèse 2 - d'autres innovations écologiques par contre ont des contenus (techniques, financiers, sociaux ou autres) qui ne sont pas compatibles avec les réalités des territoires d'accueil pour permettre leur grande adoption.

1. Méthodologie

Dans l'ensemble, la méthodologie a consisté, après les recherches documentaires et préliminaires de terrain, de choisir dans chaque secteur deux innovations à étudier en fonction de ce qui existe, puis à délimiter les zones d'étude pour certaines d'entre elles comme la montre la figure 1 suivante :



Le point en bleu représente la position GPS au moment de la capture d'écran le 14 juin 2022 à Podor. Les autres points en rouge sont des ajouts ; ils représentent les autres zones concernées (plusieurs sorties ont été faites à Dakar). Donc, du haut en bas, on a : Podor (voûte nubienne), Taiba Ndiaye (parc éolien), Dakar (micro-jardinage urbain et BTC), Mbour (BTC) et Toubacouta (biocharbon)



Figure 1 : schéma de la démarche adoptée

Crédit : DIOP A. D., 2022

La collecte des données de terrain s'est faite à différentes dates (2019-2022) et selon plusieurs procédés. A côté de l'observation directe, des guides d'entretien, un focus group et plusieurs discussions informelles, ont été élaborés/faits. L'objectif était

d'avoir des informations sur les innovations, leurs caractéristiques, les bénéficiaires et les acteurs de diffusion afin de voir les défis et de vérifier les hypothèses.

Les guides d'entretien sont au nombre de neuf (9) :

- un (1) pour la voûte nubienne adressé à Le Partenariat, l'ONG gérante de ce programme dans le nord Sénégal ;
- deux (2) pour le BTC destinés à Elementerre et à Village Pilote, acteurs dans ce domaine ;
- deux (2) pour le parc éolien, dont un (1) adressé à la Commune de Taïba N'diaye, zone d'implantation de cette innovation, et un (1) destiné à l'entreprise qui gère le parc éolien (PETN) ;
- un (1) concernant le biocharbon destiné à l'acteur (Nebeday à Toubacouta) ;
- un (1) à-propos du micro-jardinage urbain pour la Ville de Dakar ;
- deux (2) pour les biofertilisants adressé à Biotech services Sénégal et à Éléphant Vert.

Le focus group a été réalisé le 04 mai 2022 avec le groupement des femmes du Centre de Formation et de Démonstration (CFD) au micro-jardinage urbain de Patte d'oie à Dakar dans leur espace aménagé par la mairie. Il y avait quatre (4) participantes dont la Présidente des Femmes.

Un entretien semi-structuré a été aussi réalisé à cette même date du 04 mai 2022 avec la gérante principale d'un autre centre, le CFD de la commune de Grand Dakar à Dakar.

La plupart des guides d'entretien ont été envoyés par E-mail ou par WhatsApp. Les autres outils de collecte sont un cahier pour les prises de notes et un smartphone. Ce dernier a été beaucoup utilisé pour les appels téléphoniques, les photos, la géolocalisation des zones d'étude, l'orientation par GPS, etc.

Pour le traitement des données, l'analyse est d'abord comparative : comparaison entre les présentations des

innovations, leurs objectifs ou impacts potentiels et les réalités découvertes sur le terrain. Ensuite, il y a l'*Analyse de contenu* des entretiens et certains aspects d'analyse quantitative comme la détermination du nombre et de la typologie des bâtiments en voûte nubienne (VN) réalisés en 2020 dans le Fouta (nord Sénégal).

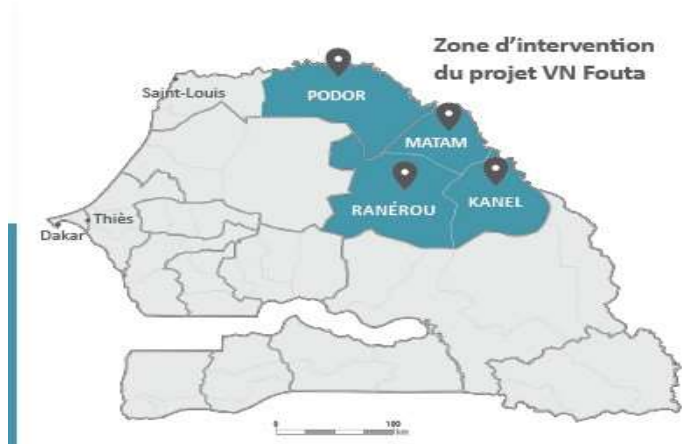
2. Résultats

2.1. Hypothèse 1 : certaines innovations écologiques au Sénégal souffrent d'un problème de diffusion ; ce qui entraîne leur faible adoption dans l'espace géographique et leur non pérennité dans les quelques zones où elles sont appliquées

Cette hypothèse est vérifiée si l'on se limite sur l'adjectif « certaines » qui restreint la généralisation. Par contre, si l'on prend d'autres éléments de la formulation comme la problématique de diffusion entraînant la faible adoption dans l'espace et la non-pérennité dans les zones appliquées, elle peut être discutable ; voire inexacte dans certains cas (plus de détails dans la discussion). En revenant à la première affirmation mentionnant que « certaines » innovations peuvent être accessible et apporter des changements positifs, mais souffrent d'un problème de diffusion ; on peut voir que sur les 6 innovations retenues, deux (2) sont en effet incluses dans ce schéma. Ces deux (2) innovations sont la voûte nubienne et les biofertilisants.

La voûte nubienne, du fait que la matière première utilisée est principalement la terre, peut être une bonne alternative au béton. Cependant, la technique n'est pas populaire partout au Sénégal.

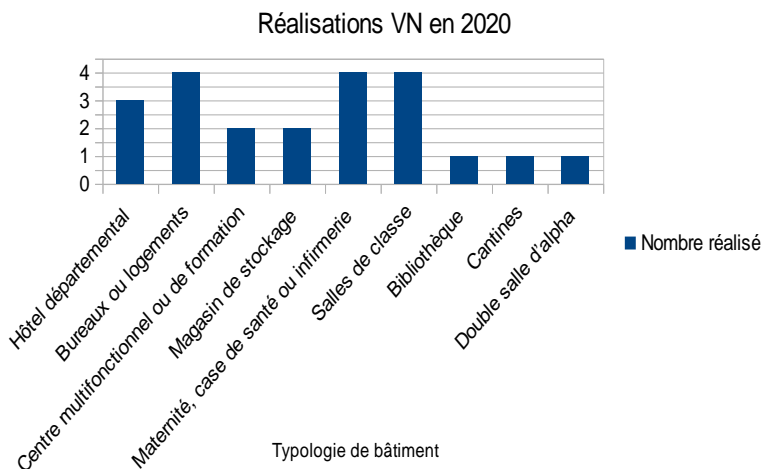
Figure 2 : carte des zones du projet VN Fouta



Source : AVN, 2021

Le projet VN est actuellement focalisé au nord à Podor, Matam, Kanel et est vulgarisé par des partenaires au développement (Association Voûte Nubienne (AVN), Conseil Yvelines de France, Le Partenariat). Même si les autorités publiques locales sont de plus en plus impliquées dans la diffusion de la technique à travers la commande de bâtiments publics, les problèmes persistent. Le Partenariat (2021) avait relevé des contraintes « *réglementaires et assurantielles de la construction en terre crue et le manque de main d'œuvre formée* ». Durant les dépouillements documentaires et la visite de terrain, il a été remarqué une absence de maisons individuelles dans le projet. La réponse lors des enquêtes a été que ces commandes privées existent mais en général se sont « des gens aisés » qui en font (rarement) la demande. Dans la plupart des cas, les maîtres d'ouvrages sont soit les autorités publiques locales, soit les associations/ONG (locales, diasporas, internationales). La figure 5 donne un aperçu des réalisations de 2020 dans le nord Sénégal :

Figure 3 : récapitulatif des réalisations de VN Fouta en 2020



Source : données Association Voûte Nubienne (AVN), 2021 (adaptation DIOP A. D., mai 2023)

Le nombre total de réalisations en 2020 est de 22. Dans la typologie des bâtiments, ce sont les *salles de classe*, les *infrastructures sanitaires* et les *bureaux ou logements* qui sont dominants avec chacun 4 réalisations. Ils sont suivis des *hôtels départementaux* (3 réalisations). Pourtant un des buts d'AVN et de son programme de vulgarisation à grande échelle « *pour des Toits de Terre au Sahel* » est de développer « *une filière de l'habitat adapté en Afrique de l'Ouest, afin de permettre l'accès aux populations à des bâtiments abordables et adaptés et la création d'emplois verts* » (Op.cit.). Dans le projet VN Fouta, cet accès des populations n'est pas représentatif. Toutefois, l'objectif de ce projet particulier était de « *permettre au bout des 4 ans (2017-2020) l'émergence des acteurs (maçons, entreprises, architectes, techniciens, bureau d'étude et de contrôle) sur la technique voûte nubienne* » (Ibid.). Même si on ne peut pas affirmer que ces faits sont atteints dans leur totalité, des avancées sont notées dans la formation et l'élargissement du

nombre d'acteurs. De 2017 à 2020, 21 maçons C4, c'est-à-dire capables de gérer un chantier du début jusqu'à la fin, et 172 apprentis, ont été formés. La question principale pourrait être pourquoi les constructions individuelles manquent ? En effet, bien que les acteurs de l'innovation aient mentionné un faible coût au niveau du gros-œuvre, la réalité est qu'un chantier voûte nubienne demande beaucoup de terre et d'eau. Si on habite dans des zones urbaines ou d'accès difficile à ses ressources, un défi se pose. On doit aussi payer la main-d'œuvre comme dans les constructions classiques. Dépendant donc des zones géographiques, les coûts peuvent varier. Il y a aussi, d'autre part, la perception culturelle de la terre comme un matériau « dépassé ».

Planche 1 : Aperçus des constructions en voûte nubienne



Source : Tapha SENE, maçon VN, 2022 (1 et 2) ;
rapport narratif Projet VN, 2020 p. 11 (3)

Les deux premières images (de gauche à droite) montrent le chantier du conseil départemental de Podor visité en juin 2022. La troisième image représente des cantines de la Zone d'Activité Électrifiée de Mbiddi dans la commune de Guédé Village. Pour rappel, la construction en voûte nubienne est une technique architecturale antique du Haut-Nil, en Nubie, vieille de plus de 3 300 ans. C'est un bâtiment dont la toiture est réalisée en voûte, sans coffrage, et dont le matériau principal est la terre crue (banco, adobe). En 2017, l'Association Voûte Nubienne (AVN), diffuseur principal de cette

technique en Afrique sahélienne, a mis en œuvre en collaboration avec une ONG qui se nomme Le Partenariat l'initiative « *Projet de vulgarisation et de diffusion de la technique Voûte Nubienne dans le Fouta (VN Fouta)* ».

En allant vers les biofertilisants, il peut être remarqué une petite différence sur la diffusion. Là, l'État s'est impliqué en accordant des quotas à Éléphant Vert à travers le *Projet de Développement Inclusif et Durable de l'Agribusiness au Sénégal (PDIDAS)* en 2018 (125 tonnes d'amendements biologiques) et à Biotech Services Sénégal (700 tonnes de Bf2 dans la campagne agricole de 2021-2022 et 1000 tonnes pour celle de 2022-2023). Cependant, les problèmes remarqués sont le manque de visibilité et d'informations sur ces produits, surtout en milieu rural. D'un autre côté, le problème financier est aussi une contrainte. Le sac granulé ou en poudre de 50 kg de Biotech Services Sénégal coûte 10 000 fCFA. Cela peut sembler une petite somme, mais la majorité des agriculteurs en milieu rural sont classés parmi les personnes à bas revenus ; et 1 sac ne pourrait pas suffire à emballer tous leurs champs. Pour la FERTINOVA d'Éléphant Vert, la dose recommandée pour 1 hectare est de 1 à 3 tonnes ; et 1 à 6 tonnes/hectare pour l'ORGANOVA (dose d'entretien), 6 tonnes/hectare pour un redressement. Si on suppose qu'un sac coûte 10 000 fCFA, pour les 3 tonnes, on est à 600 000 fCFA, une grande somme en milieu rural où parfois les dépenses quotidiennes sont difficiles à assurer surtout en période d'hivernage appelée période de soudure. Donc, il peut être affirmé qu'un problème de diffusion de cette innovation se pose aussi.

Planche 2 : Aperçus des produits d'Éléphant Vert et du biofertilisant Bf2 solide de Biotech Services Senegal



Sources : <https://www.elephantvert.com/senegal> et site web Biotech Services Sénégal, 2022

En résumé, le manque de sensibilisation, de visibilité, d'informations, de simplification et d'accompagnement des certaines innovations écologiques compatibles avec les réalités des territoires d'accueil peuvent entraîner leur faible adoption dans l'espace géographique. Toutefois, leur non-pérennité n'est pas forcément liée à leur processus de diffusion ; elles peuvent bien être pérennes et cette partie de l'hypothèse peut être inexacte si l'on prend un bâtiment en voûte nubienne dont la construction est achevée (exemple d'un hôtel départemental). Les défis pourraient être aussi d'un autre genre comme le manque de compatibilité avec les réalités techniques, financières, sociales comme indiqué dans la deuxième hypothèse.

2.2. Hypothèse 2 : d'autres innovations écologiques par contre ont des contenus (techniques, financiers, sociaux ou autres) qui ne sont pas compatibles avec les réalités des territoires d'accueil pour permettre leur grande adoption
 Cette hypothèse est vérifiée même s'il existe des nuances qui seront évoquées dans la discussion.

Le Bloc de Terre Comprimée (BTC) et le biocharbon peuvent être pris comme illustrations.

Construire en BTC peut sembler simple à première vue, mais cela demande des moyens. Deux choix se posent lorsqu'on veut employer cette méthode : fabriquer son propre BTC ou le commander chez un tiers/entreprise spécialisée. Dans le premier cas, il faudra s'équiper d'une presse et connaître les quelques techniques de base. Dans le deuxième cas, il faudra avoir des moyens financiers pour la commande. Donc, les deux cas renvoient principalement à un pouvoir d'achat du bénéficiaire et à des connaissances techniques dans une moindre mesure. Ceci explique le fait que les bâtiments en BTC recensés dans cette étude sont construits par des particuliers aisés, des organisations privées ou les pouvoirs publics. Le fondateur d'Elementerre, Doudou DEME, commentait dans un reportage en 2021 sur *TV5 monde* diverses explications aux problèmes de diffusion. Il disait entre autres que « *le sénégalais moyen cherche à construire le plus rapidement possible et à moindre coût. Donc lorsqu'il voudra se lancer, il va prendre la solution la plus proche de lui ; et ce qu'il voit tout le temps, c'est du béton [...] les autorités publiques privilégient les coûts à la qualité* » (TV5 Monde, 2021). Ce commentaire semble stipuler que les populations ne voient trop souvent d'autres alternatives et que l'État, qui devrait impulser ce changement, préfère rester dans l'approche moins coûteuse du ciment. Ceci n'est pas totalement inexact, mais il faut souligner le problème du coût comme indiqué en début et en fin de commentaire. Lorsque nous avons posé la question de comparaison des coûts d'un bâtiment classique en béton et de celui en BTC à un des représentants de Village Pilote au Sénégal, il a affirmé que les coûts étaient sensiblement les mêmes et que le BTC sert généralement pour le remplissage dans leurs constructions. Les fondations et les chaînages sont en béton armé. Il a également souligné le problème de mains-d'œuvre qualifiées pour ce genre de construction. Cependant, l'avantage du BTC est que les finitions (enduits et peintures) sont facultatives.

Planche 3 : Exemples réalisations BTC d'Elementerre



Source : site web Elementerre, 2022

La première image de gauche représente une villa à Bandia (département Mbour) et la deuxième de gauche la MAISON DES ENFANTS à Dakar. D'autres réalisations sont le Djolof à Dakar, le siège du Le Partenariat à Saint-Louis ; le centre culturel KEUR LAZ à Saly (Mbour), ...

En général, pour fabriquer des BTC, on utilise de la latérite ou de l'argile du sol qui se trouve à environ 50 cm au-dessous de la surface (variations selon les endroits). La latérite ou l'argile est séchée par le vent et le soleil si l'état est humide, puis pulvérisée (tamisée), ensuite humidifiée et mélangée avec du sable (dans certains cas). Il peut être ajouté des proportions de ciment ou de chaux pour la stabiliser (environ 10% du volume). La machine à comprimer fabrique alors à partir de ce mélange des blocs de terre uniformes qui seront prêts à être utilisés après quelques semaines de séchage (par exemple 7 jours sous bâche et 7 autres à l'air libre).

Une autre remarque a été l'absence de terre crue dans la production de BTC ; les acteurs recensés utilisent principalement de la latérite stabilisée au ciment. Ceci est également un problème dans les zones où cet élément n'est pas disponible. Le représentant de Village Pilote affirmait qu'il commandait leurs camions de latérite de diverses zones. Donc le BTC en tant qu'innovation écologique doit encore surmonter des barrières.

Ce constat est aussi valable pour le biocharbon. Appelé *biochar* ou encore *charbon vert écologique*, le biocharbon est un produit carbonisé obtenu en chauffant une biomasse (d'origine végétale ou animale) « dans un environnement où l'oxygène est limité ou quasi absent »⁴. Cette appellation regroupe aussi les briquettes réalisées à partir des poudres de charbon de bois (des dépôts de stockage par exemple) et celles non carbonisées.

L'idée d'un charbon écologique est séduisante, mais les défis techniques soulignés lors des recherches, et plus loin culturels sont réels. D'abord, il faut partir du fait que le charbon de bois est une référence nationale au Sénégal en termes d'utilisation et de popularité. Bousculer l'habitude de sa consommation nécessite une alternative très efficace et accessible financièrement. Or d'après les enquêtes, le biocharbon a un pouvoir calorifique inférieur à celui du charbon de bois. Il est aussi fragile, pas facile à allumer, non réutilisable une fois éteint avec de l'eau et produit beaucoup de cendres. Son utilisation nécessite parfois une démonstration/explication sinon un jugement négatif peut être fait sur sa qualité. Dans un reportage sur MEDI1TV (2020)⁵, une femme a soulevé cette question d'utilisation dans le repassage des habits. Elle affirme qu'une de ses amies s'est plainte du biocharbon, car la quantité de cendres dégagée avait abîmé les habits qu'elle repassait. Nebeday, l'acteur choisi dans cette étude, a soulevé un point un peu similaire. Pour l'association, un problème culturel se pose plus qu'un problème technique. Elle souligne qu'il « [...] est difficile de bousculer les habitudes de consommation des populations » et qu'il faut

informer et accompagner : il arrive souvent que des ménages achètent le charbon de paille pour l'essayer et affirment ensuite que ce charbon ne fonctionne pas bien parce qu'ils ne savent pas

4 <https://www.pthorticulture.com/fr/zone-du-savoir/le-biocharbon-ingredient-potentiel-pour-substrats-decroissance>

5 <https://www.youtube.com/watch?v=T5f1jXycwuU>

comment l'utiliser. Par conséquent, la sensibilisation, l'information et le bon accompagnement des nouvelles utilisatrices constituent des étapes clés pour favoriser la consommation de ce nouveau combustible. En d'autres termes, il est impératif de bien expliquer comment utiliser ce charbon avant la vente par des formations ou des séances de cuisine participative (fiche reçu en août 2022).

Nebeday a fini par se focaliser sur le biocharbon *Kérin Naatangué Thiouraye* destiné à des usages spécifiques (encens, thé, ...) alors que le *Kérin Naatangué Tiger* qui devait être utilisé pour la cuisson de repas a été abandonné. Sa clientèle est également devenue plus catégorisée (touristes, citadins, ...).

Planche 4 : Illustrations biocharbon Nebeday



Source : <http://www.nebeday.org/p/charbon-de-paille.html> et fiche charbon de paille, biocharbon Nebeday

Le biocharbon de Nebeday est fait à base de paille collectée en proximité des champs de culture, sur des parcours de bétail ou dans la forêt par des Groupements de Promotion Féminines. Les groupements de carbonisatrices recensés en 2022 sont : Lambaye, Diabala, Ndiaye Ndiaye Serere, Yerwago, Dagassoukoum, Keur Mor Diop 1, Keur Mor Diop 2, Guede et Diokoul. Après cette étape de collecte, la paille est stockée, puis brûlée par pyrolyse dans des fûts métalliques modifiés

pour l'occasion. Après le refroidissement de la combustion, la poudre carbonisée est mélangée avec un liant (argile) puis séchée avant d'être pressée pour former des briquettes.

En somme, à travers le BTC et le biocharbon, on a pu voir que l'adoption de certaines innovations écologiques se heurte à des défis techniques, financiers et culturels. Ceci n'a pas entraîné leur abandon complet, mais elles sont devenues en quelques sortes l'apanage d'une classe sociale « aisée », de gens sensibles aux questions environnementales. Ces adoptants sont minimes en comparaison avec les objectifs de diffusion premièrement définis et visant principalement les autres classes sociales.

3. Discussion

3.1. Ambiguïtés des résultats

Il peut être remarqué que le parc éolien de Taiba Ndiaye (PETN) et le micro-jardinage urbain à Dakar n'ont pas été classés dans l'une des hypothèses définies ; c'est une des ambiguïtés de l'étude. Il est difficile de dire que le PETN n'est pas compatible avec les réalités de tous les territoires d'accueil pour sa duplication. Dans le guide d'entretien, la question a été posée à la société du parc éolien de la manière suivante : pensez-vous que ce genre de projet peut être dupliqué facilement dans d'autres zones du Sénégal ? La réponse a été

Yes, subject to several parameters, notably the availability of wind at acceptable thresholds. For the moment, it seems that the potential of the region of the great coast from Dakar to Saint Louis, swept by the harmattan and the Atlantic winds with a speed that varies between 8 and 20 meters per second (m/s), is ideal for the installation of wind farms. Senegal, with its 700 km of coastline, can also consider offshore wind turbines located off the coast rather than inland, to make better use of wind energy and produce

electricity through a turbine and an electrical generator (guide d'entretien, juillet 2022).

De cette réponse, plusieurs éléments peuvent être décortiqués. D'abord la nécessité de paramètres pour pouvoir installer un parc éolien, dont le principal est la disponibilité de vents à vitesses acceptables. Cette condition exclut les régions où il n'y a pas de grands vents (donc incompatibilité avec ces zones). Toutefois, comme l'a indiqué l'exemple des 700 km de littoral, d'autres régions peuvent accueillir un parc éolien. En prenant en compte d'autres caractéristiques comme les aspects techniques/technologiques et financiers, on n'est plus dans le domaine d'intervention des populations locales où l'on peut dire que cette innovation est susceptible d'avoir une faible adoption ou pas, mais en quelques sortes dans le partenariat public/privé où l'État et les multinationales sont les principaux acteurs. Les populations quant à elles peuvent être incluses en ce qui concerne leurs opinions favorables ou défavorables à l'encontre du projet. Par conséquent, cette innovation écologique, si on la considère comme cela, peut confirmer les deux hypothèses partiellement, les contredire d'autre part, ou ne pas être en rapport direct avec elles dans certains cas.

Planche 5 : vues des éoliennes du PETN



Source : DIOP A. D., mai 2022.

Le parc éolien de Taïba N'diaye est le premier projet éolien à caractère industriel du Sénégal. L'idée est datée en 2007, mais la construction fut réalisée à partir de septembre 2018. La mise en service complète a

eu lieu en juillet 2020. Aujourd'hui (2023), ce parc est l'un des plus importants d'Afrique (le premier en Afrique de l'Ouest) avec une puissance de 158,7 MW, soit une augmentation de 15% dans la production électrique du Sénégal pour une desserte de 2 millions de personnes (site web PETN, 2022).

Pour l'exemple du micro-jardinage urbain à Dakar, on est dans un schéma un peu différent. Contrairement au parc éolien, là, il peut y avoir une faible/grande adoption par les populations, ou une pérennité/non-pérennité. Les éléments de base d'un micro-jardin (un support, un substrat, des semences/plantules, un/des fertilisant-s) peuvent être accessibles à une partie des urbains bien que le problème financier puisse constituer un défi dans certains cas. A cet effet, les femmes rencontrées au Centre de Formation et de Démonstration (CFD) de Patte d'Oie ont souligné leurs difficultés en matière d'accès à l'eau (leur puits se tarit et la recharge de compteur électrique pour faire fonctionner la pompe demande des cotisations financières). Au CFD de Grand Dakar, ce problème n'a pas été soulevé vu que c'est le branchement de la Mairie qui est utilisé. D'une manière générale, le problème commun constaté, d'après les enquêtés, est le manque d'engouement des personnes formées pour s'autonomiser et continuer de manière durable. La majeure partie abandonne très vite après la formation gratuite. Le nombre exact d'actifs en 2022 sur les 10 000 formés (de 2006 à 2015) n'était pas connu d'après la division de la Mairie de Dakar en charge du projet. D'autre part, dans les CFD, la production actuelle de légumes est faible. Les principales cultures recensées lors des sorties de terrain sont la menthe et la salade. A Patte d'oie, les femmes ont fait savoir que c'est à cause des rats que les légumes ont été abandonnés et que la menthe est aussi plus rentable financièrement. D'un autre côté, il semble aussi que la jeunesse ne soit pas très attirée par l'initiative ; des femmes du troisième âge ont été principalement rencontrées et quelques-unes de la trentaine et plus.

Planche 6 : Illustrations des micro-jardins de Dakar



Source : DIOP A. D., avril-mai 2022

Les deux premières photos ont été prises dans le Centre de Formation et de Démonstration (CFD) de Patte d'oie ; la troisième à Grand Dakar. On peut remarquer les supports utilisés ainsi que les spéculations cultivées et dominées la laitue et les aromates. Pour rappel, le projet des micro-jardins de Dakar est né des relations d'amitié et de collaboration entre la ville de Milan et la ville de Dakar (qui sont jumelées), et grâce à l'appui financier du ministère des Affaires étrangères de l'Italie et de la FAO. Le but principal était d'atteindre une stabilité sociale et alimentaire à travers l'amélioration de la nutrition en facilitant l'accès et la consommation d'une vaste gamme de légumes, mais également être une source de revenu pour les populations défavorisées (Diop M. B., 2016).

Donc, il peut être conclu que d'autres innovations écologiques peuvent être accessibles, mais leurs problèmes d'adoption ne viennent pas d'elles-mêmes, mais des populations-cibles. Ces dernières peuvent ne pas être intéressées, manquer d'engouement, de temps ou autres raisons pour les adopter. Ceci peut être un nouveau paradigme dans les recherches actuelles où le mot écologique est de plus en plus considéré comme un idéal accepté.

3.2. Positionnement de l'étude par rapport à d'autres recherches

Les résultats de la présente recherche sont en phase (ou partiellement) avec certains travaux dans le domaine de la diffusion des innovations (de manière générale) et pas en phase avec d'autres. L'accent va plus être mis sur les premiers.

Parmi ces travaux, il peut être cité « *L'innovation technologique dans les pays du sud, le cas de l'agroalimentaire* » (Treillon R. 1992, ACTT, CTA, Karthala, 267 p.). La démarche de Treillon R. dans cette étude a été de commencer par l'analyse d'un certain nombre d'innovations (presse à huile, moulin à céréales, farines infantiles, cossette de manioc, sucre de palme, ...) en montrant la portée limitée des critères de garantie traditionnelle pour certains d'entre elles. Ensuite, ce constat le conduit à proposer un autre critère de gestion des projets à travers une démarche qui fasse de la diffusion des innovations un instrument de changement social au service d'une politique de croissance et de développement plus égalitaire. Malgré les différences des contenus et des périodes, son affirmation selon laquelle « *pour être efficace, une démarche innovante doit combiner et se conformer aux réalités sociales, commerciales et techniques du milieu qu'elle s'insère* » a été considérée comme toujours valable. Ce constat s'est manifesté sur le biocharbon, le BTC et la voûte nubienne. Toutefois, cela n'est pas absolu à toutes les innovations. Certaines innovations (écologiques ou pas) peuvent même bousculer l'ordre social, commercial et technique établi sur un milieu donné. Donc, il peut y avoir d'autres éléments à prendre en compte pour la réussite de la diffusion des actions innovantes. A la suite de Treillon R. (1992), nous pouvons mentionner les concordances partielles avec les travaux de Cécile P., Warrant F., Valenduc G., (2001) sur « *L'innovation technologique au service du développement durable* » (Belgique, rapport de synthèse Février 2001, Fondation Travail Université, 82 p). Ces auteurs considèrent qu'une démarche innovante doit franchir plusieurs barrières : « *barrières*

conceptuelles, barrières organisationnelles, barrières de connaissances, barrières technologiques et bien sûr barrières financières [...] » ce qui est considéré comme aussi valable pour certaines innovations écologiques. Toutefois, il y a quelques différences de conclusion sur leur constant soulignant que

l'innovation en tant que telle n'est pas source de changement mais son processus de diffusion. Ce processus revêt deux aspects fondamentaux : l'intervention d'agents de changement et les caractéristiques que présente l'innovation aux yeux de l'adoptant. Le rôle de l'agent de changement est multiple auprès des adoptants potentiels : prendre contact, convaincre, accompagner, percevoir les besoins, manifester de l'empathie. Quant aux caractéristiques que l'innovation doit présenter pour ces adoptants, Rogers souligne l'importance de celles-ci : avantage relatif, compatibilité, niveau de complexité, recours à des démonstrations, essais possibles. (Op.Cit.)

Le constat est qu'il y a des innovations qui ne nécessitent pas un processus de diffusion très élaboré car n'intervenant pas directement par adoptant, mais de manière de plus générale au niveau collectif : c'est le cas d'un parc éolien. Dans ce schéma, l'innovation en tant que telle doit être considérée avant la diffusion. Aussi, une diffusion unique sans vraie innovation en amont pourrait ne pas apporter de changement. D'autre part, comme nous l'avons montré précédemment, il y a des innovations dont le problème ne vient d'elles-mêmes ou de la diffusion, mais des personnes cibles. Ces dernières peuvent ne pas être « intéressée » par le produit présenté.

Pour terminer, nous pouvons aussi citer l'étude de Mathilde Laval, 2014 (*Le charbon vert, espoirs et réalités d'une alternative séduisante, La Guilde Européenne du Raid, Evaluation et capitalisation de microprojets, février 2014, 69*

p.). Dans ce travail, Laval M. évalue en tant que consultant indépendant un projet de biocharbon financé au Mali par l'Agence des Micro-Projets (AMP-France) et d'autres de même genre au Cambodge, au Sénégal et en Ouganda en vue d'une capitalisation des leçons apprises à travers les échecs, les réussites et les défis. Le projet du Mali était le principal concerné dans les détails et la méthodologie. En 2011, l'AMP « *a fait le pari* » de financer l'association malienne Yasagu dans un projet de fabrication et de commercialisation « *de bâchettes de charbon à partir de résidus biodégradables* ». Deux conclusions sont partagées dans cette étude :

- la première est que « *[...] dans le cas d'un projet innovant comme le projet Yasagu, il est essentiel de définir des objectifs modestes qui puissent être atteints [...]* » et que « *les principaux écueils dans lesquels peuvent tomber les projets sont de surestimer la matière première disponible, de surdimensionner l'équipement de production et de sous-estimer la difficulté de pénétration du marché* ». Ceci peut être considéré comme exact dans la tendance actuelle de promotion de tout ce qui concerne la protection de l'environnement, la durabilité, le bio ou encore l'écologie. Les notions l'ont un peu remporté (si on peut parler ainsi) sur certaines réalités. Il est possible d'être d'accord sur les défis environnementaux actuels et la nécessité de prendre des mesures, mais toutefois il est nécessaire aussi de rester équilibré dans les analyses. Le pétrole, le béton, le charbon ou autres ne se sont pas imposés pour rien. Ils ont montré avec leurs revers une efficacité reconnue dans leur domaine d'utilisation. Donc leurs potentiels remplaçants devraient pouvoir jouer leur rôle, voir plus ; à moins que les adoptants acceptent eux-mêmes les contre-performances. Cette situation idéologique n'est pas encore « gagnée ». Un juste milieu rationnel doit donc être trouvé dans nos bousculements vers des politiques « vertes » ;

- la deuxième conclusion partagée avec Laval M. (2014) est que « *chaque situation est un cas particulier et il est important de ne pas généraliser [...]* ». Ceci peut être accepté du fait que chaque territoire à ses propres réalités. Une action peut être considérée comme innovante par ses acteurs et ne pas l'être dans un territoire donné à cause de plusieurs facteurs.

Conclusion

L'objet de cet article a été d'analyser les défis des innovations écologiques au Sénégal de par une approche géographique dans les secteurs de l'éco-construction, des énergies alternatives et de l'agriculture durable. Deux hypothèses ont été formulées et six (6) innovations retenues comme cas d'étude (2 par secteur). Les résultats et leurs discussions ont montré que chaque situation présente des particularités difficiles à généraliser malgré des traits communs sur des aspects comme les défis financiers. En ces sens, il a été retenu que ces *innovations écologiques* par rapport au contexte sénégalais sont intéressantes, mais elles ne sont pas encore arrivées à un niveau où elles peuvent remplacer de manière efficace ce qui se fait déjà dans les secteurs étudiés (sauf peut-être pour les biofertilisants si leur fabrication était faite par les bénéficiaires elles-mêmes). Toutefois, il n'est pas dit qu'il faut les abandonner, mais il faut comprendre les réalités des territoires concernées et des actions diffusées. Il est aussi possible d'améliorer et/ou de combiner, voire de « ré-innover ».

Par ailleurs, l'étude n'a pas fait le tour de la question et comporte plusieurs limites. Les questionnaires qui étaient prévus au nombre de six (6) pour les populations bénéficiaires ou en rapport avec les pratiques étudiées n'ont pas été administrés à cause d'un manque de données sur ces population-cibles. Certains guides d'entretien n'ont pas aussi eu de retour (Elementerre, Commune de Taiba N'diaye, Éléphant vert). Aussi, on n'a pas décrit tous « *les défis des innovations*

écologiques au Sénégal », mais « *des défis* » parmi d'autres. Ainsi, une des perspectives pourrait être d'élargir l'étude à d'autres innovations ou à d'autres pays du Sud pour plus de comparaison. Les épaisseurs des murs des constructions traditionnelles en terre pourraient également être augmentées comme dans le modèle voûte nubienne pour plus de résistance ; de même que la piste du recyclage des déchets plastiques pour l'éco-construction (briques en plastique, armoires, meubles, lits, canaux d'irrigation, etc.). Pour l'agriculture *durable*, la recherche de la valorisation des eaux d'inondations, usées ou des embouchures, vers les zones arides par exemple, pourrait aussi davantage être pensée.

Bibliographie

AVN. (2021). *Typologie des bâtiments en Voûte Nubienne au Nord/Est du Sénégal*, 23 p.

AVN. (2016). *Manuel du maçon nubien- version maçon classe 4 et 5*, 84 p.

AVN. (2014). *Règles techniques de base- concept technique voute nubienne (VN)*, 15 p.

Biotech Services Sénégal. (2022). *Catalogue Biotech Services Sénégal*, 8 p.

Bureau International Du Travail. (2013). *Matériaux locaux et éco architecture au Sénégal. État de lieux et perspectives dans le cadre d'une transition verte*, OIT, 59 p.

Brunet R., Ferras R., Thery H., (1993). *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*, France, 3400 Montpellier, 17 rue Abbé de l'Épée, Maison de la Géographie, Groupement d'Intérêt Public RECLUS, 518 p.

Cécile P., Warrant F., Valenduc G., (2001). *L'innovation technologique au service du développement durable*, Belgique, rapport de synthèse Février 2001, Fondation Travail Université, 82 p.

Debru J., Albert. S., Bricas N., Conaré D. (Eds), (2017). *Politiques alimentaires urbaines. Actes de la rencontre internationale sur les expériences en Afrique, Amérique latine et Asie en matière de marchés, restauration collective et connexion urbain/ rural*. Montpellier, France, 16-18 novembre

Diop M. B., (2016). *Analyse de l'impact du projet [micro jardins de Dakar]- Atelier de partage des résultats de l'étude*, Le 15 octobre 2016 au Centre Socio-Culturel de Grand-Dakar, 27 diapos.

FAO. (2010). *Manuel micro jardins du Sénégal*, 41 p.

Hugill B., (2013). *Le Biochar – une maison biologique pour les microbes du sol. Note technique*, ECHO, 5 p.

Guillaud H. et al., (1995). *Bloc de terre comprimée, volume II. Manuel de conception et de construction*, 151 p.

Laval M., (2014). *Le charbon vert, espoirs et réalités d'une alternative séduisante*, La Guilde Européenne du Raid, Evaluation et capitalisation de microprojets, février 2014, 69 p.

Le Partenariat. (date ?). *Programme Voûte nubienne Fouta 2017-2020*, 4 p.

Le Partenariat. (2018). *Projet voûte nubienne Fouta, rapport bilan activités année 2017 pour partenaire*, 30 p.

Le Partenariat. (2021). *Présentation projet DEFI-VN 2022-2025*, 25 diapos.

Nebeday. (date ?). *Charbon de paille, fiche biocharbon*, 5 p.

Nebeday. (2022). *Suivi biocharbon juillet 2017-juin 2018*, fiche Excel, 1p.

Nebeday. (2022). *Suivi de la production poussier 2020-2022*, fichier Excel, 1 p..

Nebeday. (2022). *Fiche de suivi production 2019-2022*, fichier Excel, 1 p..

TREILLON R., (1992). *L'innovation technologique dans les pays du sud, le cas de l'agroalimentaire*, ACTT, CTA, Karthala, 267 p.

Ville De Dakar. (2015). *Les micro jardins dans la municipalité de Dakar*, 9 p.

Webographie

Agence ecofin. (2014). *Sénégal: le programme de biogaz domestique rate sa phase pilote* [Consulté en 2017]. <https://www.agenceecofin.com/energies-renouvelables/2104-19390-senegal-le-programme-de-biogaz-domestique-rate-sa-phase-pilote>

La Voute Nubienne. (2020). *Réalisations au Sénégal* [consulté le 01/05/2020]. <https://www.lavoutenubienne.org/senegal/>

Keita M., (2020). *Lutte contre le changement climatique : la vouïte nubienne, une solution innovante* [consulté le 01/05/2020]. <http://bamada.net/lutte-contre-le-changement-climatique-la-voute-nubienne-une-solution-innovante>

Bengelloun A., Cissé K., (2020). *Les énergies renouvelables et alternatives au senegal (3eme partie)* [consulté le 07/03/2020]. <http://www.infos15.com/les-energies-renouvelables-et-alternatives-au-senegal-3eme-partie.html>

Parc Eolien de Taiba n'diaye. (2020). *A-propos* [Consulté le 09/03/2020]. <http://www.taibaeolien.com/sn/a-propos/>

Nebeday. (2020). *Le charbon de paille* [Consulté le 27/05/2020]. <http://www.nebeday.org/p/charbon-de-paille.html%20consulté%20le%2027.05.2020>

Éléphant Vert. (2019). *Qui sommes nous ?* [Consulté le 21/10/2019]. <http://www.elephant-vert.com/le-groupe/qui-sommes-nous/elephant-vert-senegal/>

Hane El-H., Jean Marc von der W., Nadia S. (2001). *L'agriculture biologique au Sénégal* [Consulté le 01/11/2019]. <http://www.fao.org/3/x6915f/x6915f03.htm>

Lequotidien. (2019). *Agriculture durable à Kaolack : Les freins passés au peigne fin* [Consulté le 04/04/2020]. <https://www.lequotidien.sn/agriculture-durable-a-kaolack-les-freins-passes-au-peigne-fin/>

Fall Ch. A. B., (2017). *Agroécologie au sénégala* [Consulté le 04/04/2020]. <http://yeesalhub.org/agroecologie-au-senegal/>

Biotech Services Senegal. (2022). *Qui sommes-nous ?*
[Consulté le 03/08/2022). <http://www.biotechs-services-senegal.com/about-us/>