

Réduire l'utilisation des pesticides agricoles dans les pays du Sud : verrous et leviers socio-techniques / Reducing the use of agricultural pesticides in Southern countries: socio-technical barriers and levers.
Coordonnateurs : Ludovic Temple, Nathalie Jas, Fabrice Le Bellec, Jean-Noël Aubertot, Olivier Dangles, Jean-Philippe Deguine, Catherine Abadie, Eveline Compaore Sawadogo, François-Xavier Cote

ARTICLE DE RECHERCHE / RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

Gouvernance des mécanismes fonctionnels d'une innovation agroécologique : cas de la production de biopesticides au Cameroun

Nawalyath Soulé Adam^{1,2,*} 

¹ CIRAD, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France

² Innovation, Univ Montpellier, Montpellier, France

Résumé – La production de biopesticides pour l'agriculture est une innovation agroécologique qui répond à la nécessité de réduire, d'une part, les externalités négatives de l'utilisation des pesticides chimiques sur la santé et l'environnement, et d'autre part, la dépendance aux aléas du commerce international, surtout dans les pays en développement. Dans ce contexte, elle dépend des objectifs des politiques de développement agricole et des normes internationales qui influencent ces pays. Le développement de la production de biopesticides est ainsi lié à la gouvernance de son processus dans le contexte où elle s'implémente. Nous posons la question de la gouvernance des mécanismes de développement du processus de production des biopesticides au Cameroun. Les données proviennent d'entretiens semi-directifs et de sources secondaires. Nous mobilisons l'*Innovation History* pour retracer l'historique du processus et l'*Event History Analysis* pour identifier les fonctions et les boucles fonctionnelles en présence au cours des différentes phases. Nos résultats montrent que la production de biopesticides se structure en trois phases, caractérisées par des boucles fonctionnelles différentes de celles de la littérature. Nous enrichissons ainsi la littérature sur l'analyse fonctionnelle. Nous suggérons aux politiques d'activer les fonctions de réseautage et de conception de normes pour accélérer le processus.

Mots clés : biopesticide / gouvernance / système d'innovation / analyse fonctionnelle / pays en développement

Abstract – **Governance of the functional mechanisms of an agroecological innovation: the case of biopesticide production in Cameroon.** The production of biopesticides for agriculture is an agroecological innovation that responds to the need to reduce the negative externalities of chemical pesticide use on health and the environment, as well as dependence on the vagaries of international trade, especially in developing countries. In this context, it depends on the objectives of agricultural development policies and international standards that influence these countries. The development of biopesticide production is thus linked to the governance of the process in the context in which it is implemented. We address the question of the governance of the development mechanisms of the biopesticide production process in Cameroon. Data are drawn from semi-structured interviews and secondary sources. We use Innovation History to retrace the history of the process and Event History Analysis to identify the functions and functional loops involved in the different phases. Our results show that biopesticide production is structured in three phases, characterized by functional loops that differ from those in the literature. We thus enrich the literature on functional analysis. We suggest that policy-makers should activate the networking and standards design functions to speed up the process.

Keywords: biopesticide / governance / innovation system / functional analysis / developing country

*Auteur correspondant : nawalyath.soule_adam@cirad.fr

1 Introduction

La production de biopesticides pour l'agriculture permet de réduire les externalités négatives de l'utilisation des pesticides chimiques sur la santé et sur l'environnement (Boulestreau *et al.*, 2022 ; Bureau-Point et Temple, 2022). Elle représente 25 % de l'offre mondiale de pesticides et suit une trajectoire structurée par différentes innovations en termes de produits et procédés (Guillemette et Bastide, 2022). Pour certains auteurs, la production de biopesticides participe à la transition agroécologique en améliorant la sécurité alimentaire des ménages des pays en développement, dans un contexte généralisé de faible pouvoir d'achat des petits exploitants familiaux et de retrait de l'État de la subvention des intrants agricoles dans ces pays (Madsen *et al.*, 2021). Pour d'autres, elle est une alternative « incrémentale » aux intrants chimiques, permettant de maintenir le modèle économique d'une trajectoire d'agriculture industrielle (Goulet, 2021). Dans tous les cas, le développement de la production de biopesticides dépend des conditions de sa réalisation. D'une part, il dépend des objectifs et des contraintes des politiques de développement agricoles et environnementales dans ces pays (Tapsoba *et al.*, 2020). Ces politiques visent l'intensification de la production et les perspectives de croissance du marché des pesticides et des biopesticides s'inscrivent dans des contextes d'accroissement de la population (Samada et Tambunan, 2020 ; Schreinemachers et Tipraqsa, 2012). La production de biopesticides implique d'explorer comment mieux valoriser sur le plan industriel, et donc commercial, une multitude de propriétés de plantes abondantes dans les écosystèmes tropicaux. Elle dépend également des stratégies des acteurs d'amont et d'aval des filières agricoles, désireux d'écologiser les pratiques agronomiques (Deravel *et al.*, 2014 ; Lanahan et Feldman, 2015), et des stratégies d'accompagnement des utilisateurs (Parsa *et al.*, 2014). D'autre part, la mise en œuvre de la production des biopesticides dépend des réglementations existantes aux échelles nationale et internationale (Chandler *et al.*, 2011 ; Jas, 2014).

L'analyse de la trajectoire de la production de biopesticides comme innovation liée à la transition agroécologique est peu documentée dans l'agriculture tropicale (Brenner, 1997 ; Deguine, 2023), excepté pour quelques travaux en Afrique subsaharienne (Bayiha *et al.*, 2020 ; Korangi Alleluya *et al.*, 2021). Nous y contribuons en nous focalisant sur le Cameroun. Ce pays d'Afrique centrale possède une diversité d'écosystèmes productifs. À l'échelle régionale, il concentre l'essentiel de l'utilisation de pesticides et se situe au centre de la gouvernance de l'utilisation et de la production de biopesticides.

La littérature fait état d'une demande pour les biopesticides (Mboussi *et al.*, 2018 ; Schreinemachers et Tipraqsa, 2012), afin de réduire la dépendance aux fournisseurs étrangers d'intrants agricoles par l'appropriation et la valorisation des ressources végétales locales. Cependant, cette appropriation nécessite une gouvernance adaptée mettant en interaction systémique différentes catégories d'acteurs (de Boon *et al.*, 2022 ; Laperche, 2009 ; Leeuwis *et al.*, 2018) pour développer la production de biopesticides. Ces interactions se traduisent notamment par des enjeux d'accompagnement qui influent sur

les capacités de production et sur le maintien de la demande (Parsa *et al.*, 2014 ; Struelens *et al.*, 2022). Cela implique d'analyser la nature des acteurs, leurs rôles, leurs activités, leurs interactions et le cadre macro-institutionnel dans un cadre comme celui du Système d'innovation agricole (SIA).

La question posée est de comprendre comment s'organise la gouvernance de la production des biopesticides pour l'agriculture au Cameroun. Elle questionne l'hypothèse, fréquemment émise dans la littérature sur les pays en développement, que l'orientation des politiques publiques de recherche et d'innovation agricoles entrave la production de biopesticides pour l'agriculture. Pour répondre à cette question, sur la base de l'historique de la production de biopesticides au Cameroun, nous analyserons les boucles fonctionnelles à l'œuvre pendant l'émergence de cette production et nous en analyserons la gouvernance.

2 Matériels et méthodes

2.1 Cas d'étude et collecte des données

Selon le dictionnaire AGROVOC de la Food and Agriculture Organization (FAO, 2023), les biopesticides sont un terme générique, non spécifiquement définissable, pour désigner un agent de contrôle biologique, habituellement un agent pathogène, formulé et appliqué de manière similaire à un pesticide chimique et normalement utilisé pour la réduction rapide d'une population de ravageurs. Cet agent pathogène peut être un microorganisme tel qu'un champignon, une bactérie, un virus, ou un organisme vivant tel qu'une plante, un nématode, ou encore un minéral. Les biopesticides ont néanmoins un ciblage plus précis que celui des pesticides chimiques. Dans le contexte de cette étude, nous nous alignons sur cette définition. Nous considérons comme biopesticide tout agent de contrôle biologique applicable de manière similaire à un pesticide chimique, produit ou commercialisé dans le contexte du Cameroun.

L'échantillonnage a été constitué par une méthode boule de neige auprès des différentes catégories d'acteurs impliqués dans la production de biopesticides au Cameroun (Tableau 1). Ce travail a été complété par l'exploration des rapports des projets de développement, de la littérature scientifique et d'autres sources documentaires officielles.

Un guide d'entretien en deux parties a été conçu : l'une portant sur l'historique et l'autre sur les fonctions du processus d'innovation (voir infra). Trente-neuf entretiens individuels ont été conduits en personne, par téléphone ou en visioconférence et ont duré de quinze minutes à deux heures. Sept *focus groups* ont également été conduits et ont rassemblé trente-cinq individus. Les entretiens ont été enregistrés et complétés par des prises de notes. Les entretiens ont été retranscrits pour être analysés à l'aide des logiciels Nvivo et Excel.

2.2 Analyse des données

Afin d'identifier les mécanismes à l'œuvre dans le processus de production des biopesticides au Cameroun, nous avons utilisé l'*Innovation History* (Douthwaite et Ashby, 2005) et l'*Event History Analysis* (Hekkert *et al.*, 2007 ; Suurs, 2009).

Tableau 1. Effectif de personnes interrogées par catégorie d'acteurs.**Table 1.** Number of people surveyed by stakeholder category.

Catégorie	Personnes interrogées (Total = 74)
Acteurs individuels informels	11
ONG	2
Entreprises privées	8
Instituts de recherche	10
Ministère et agences gouvernementales	8
Organisations de producteurs	35

À partir de l'*Innovation History*, nous avons construit une frise historique afin de structurer le processus, en considérant le contexte macro-institutionnel spécifique du pays et d'autres facteurs potentiellement explicatifs du processus.

L'*Event History Analysis* est utilisée pour associer des événements à des fonctions dans un Système d'innovation agricole (SIA) (Bergek *et al.*, 2008) (Tableau 2) et pour générer des boucles causales. Les fonctions sont les finalités associées à des activités menées par les acteurs du système. Elle permet également la construction et l'analyse de récits d'innovation à travers des représentations graphiques : frise historique et graphe de causalité. Elle est appropriée pour analyser le processus de la production de biopesticides au Cameroun, caractérisé par l'absence de statistiques longitudinales (sur un intervalle de temps). La mise en œuvre de l'*Event History Analysis* comprend cinq phases principales : collecte des informations, construction de la base de données, attribution des événements aux fonctions du système, définition de la trajectoire des événements et triangulation.

Nous utilisons la définition d'un événement donnée par Suurs (2009) ; « *un moment de changement rapide concernant les acteurs, les technologies ou les institutions, résultant de l'activité des acteurs et qui a une importance reconnue publiquement pour le système* ». Les exemples de « changements rapides » présentés par Suurs (2009) sont les études conduites, les conférences, les mesures politiques. Ils sont évalués selon leur utilité pour les acteurs du système. Leur identification repose sur les construits intellectuels du chercheur et permet d'identifier les fonctions activées.

Nous avons utilisé Excel 2019 pour structurer la répartition des événements et la correspondance des événements avec les fonctions.

La focalisation de notre question de recherche sur les mécanismes de gouvernance conduit à préciser l'acception que nous donnons à cette notion très polysémique dans la littérature selon les disciplines (économie, gestion ou sociologie). Nous mobilisons la définition de la gouvernance de Borrás et Edler (2014) ; « *la manière dont les acteurs sociétaux et étatiques interagissent intentionnellement afin de transformer les systèmes d'innovation, pour régler les questions d'intérêt sociétal, pour définir les processus et l'orientation de la manière dont les innovations sont produites et pour façonner la manière dont ceux-ci sont introduits, absorbés, diffusés et utilisés au sein de la société et de l'économie* ».

3 Résultats : gouvernance et mécanismes fonctionnels de la production de biopesticides au Cameroun

L'historique des services supports à la production de biopesticides commence il y a 30 ans et se structure en trois phases principales, marquées par des changements institutionnels ou politiques majeurs. Parmi ces changements figurent les signatures de conventions internationales, l'adoption de textes réglementaires majeurs et la mise en place de dispositifs suite à l'invasion de ravageurs.

3.1 Phase 1 : de 1990 à 1999, vulgarisation de méthodes artisanales par l'État

La phase 1 se caractérise par la mise en place de programmes de vulgarisation qui promeuvent l'utilisation de plantes locales pour la fabrication de biopesticides et par les prémices de travaux de recherche sur la formulation de biopesticides pour des cultures de rente.

Au début des années 1990, dans le cadre du Programme national de vulgarisation et de recherche agricoles (PNRVA), les agents de vulgarisation, avec l'appui de l'Institut de recherche agricole pour le développement (IRAD) et des Organisations non gouvernementales (ONG) nationales, forment parallèlement les organisations de producteurs à fabriquer des biopesticides à base de feuilles de neem dans le nord du pays, où la plante est répandue, afin de les autonomiser vis-à-vis des fournisseurs d'intrants et d'améliorer leurs résultats (F₃, F₆) (Figure 1).

En 1994, le Cameroun ratifie la Convention sur la diversité biologique (Nations unies, 1992), qui implique de protéger les ressources environnementales par le contrôle ou la réduction de l'utilisation d'agents polluants (points g, j et k de l'article 8 par exemple).

À la fin des années 1990, avec le développement de la filière de la banane plantain et l'émergence de la recherche nationale sur les ravageurs des cacaoyers, des travaux sont entrepris sur les solutions de lutte phytosanitaire biologique pour ces spéculations au sein du ministère de l'Agriculture et du Développement rural (MINADER), en partenariat avec le Centre régional bananiers et plantains (CRBP), puis au sein de l'IRAD (F₂). Ces travaux sur les cultures de rente permettent la participation à des conférences internationales (F₃).

À la fin de cette phase, il n'existe pas de formulations abouties de biopesticides. Les producteurs, sur la base d'expérimentations paysannes, utilisent des mélanges de plantes, de la cendre, de la terre ou des extraits huileux de plantes. C'est la phase des pratiques traditionnelles.

On note que durant cette phase, les fonctions ne se renforcent pas, ce qui indique l'absence de « boucles ». Les liens partent des fonctions F₂, F₃ ou F₆ et traduisent les dynamiques initiées par différents acteurs :

- les instituts de recherche nationaux, pour développer des connaissances (F₂), les diffuser (F₃) et les améliorer (F₂) ; dans ces dynamiques, le MINADER et les instituts de recherche nationaux ont un rôle prépondérant ;
- les institutions de recherche nationales et internationales, les ONG internationales, en collaboration avec l'État, pour

Tableau 2. . Description des fonctions du processus d'innovation.**Table 2.** Description of innovation process functions.

Fonction	Description dans le cadre du Système d'innovation agricole	Exemples d'activités
F1. Activités entrepreneuriales 	Création d'opportunités d'affaires à partir de nouvelles connaissances, de réseaux ou de marchés. Inclut aussi les activités de lobbying, de financement ou de changement de structures institutionnelles	Démonstrations, projets d'innovation, investissements dans de nouvelles technologies
F2. Développement de connaissances 	Création de connaissances nouvelles sous forme d'articles de recherche, de rapports ou de supports physiques	Expérimentations de terrain ou en laboratoire, projets pilotes
F3. Diffusion de connaissances et réseautage 	Création de réseaux et facilitation de l'échange d'informations	Création de plate-formes d'innovation, activité de mise à l'échelle et de développement d'innovations, colloques, conférences, création de partenariats
F4. Orientation de la recherche 	Processus de sélection des options technologiques devant accompagner le développement de l'innovation. Il peut se faire naturellement ou à travers des activités de design	Attentes, promesses, cibles politiques, standards, produits de recherche
F5. Formation de marchés 	Création de marchés de niche pour rendre compétitives les innovations	Réglementations de marché, Exemptions d'impôts
F6. Mobilisation de ressources 	Investissements humains, financiers et matériels pour développer les innovations	Subventions, investissements
F7. Soutien des coalitions de défense de droits 	Plaidoyer politique pour des ressources et des institutions favorables pour les innovations	Lobbies, conseils

Source : auteure, à partir de [Hermans et al. \(2019\)](#), [Hekkert et al. \(2007\)](#), [Suurs \(2009\)](#) et [Chung \(2018\)](#).

mobiliser des ressources (F₆) sur la vulgarisation et la formation des producteurs (F₃) concernant la production artisanale de biopesticides.

3.2 Phase 2 : de 2000 à 2015, développement de la réglementation et de la recherche-développement publique

La phase 2 est caractérisée par des changements tels que la signature par le Cameroun de conventions internationales sur la protection de la biodiversité et le développement durable. Ces signatures donnent lieu à des efforts d'accompagnement par les ONG, entreprises et instituts de recherche internationaux pour la production de biopesticides à partir de produits locaux, même si l'information est inconnue des bénéficiaires potentiels. S'ensuivent également la mobilisation de ressources par les entreprises privées et les instituts de recherche internationaux, l'intensification du développement des connaissances sur les biopesticides par les instituts de recherche nationaux et la mise en place d'un cadre réglementaire.

En 2000, le Sustainable Tree Crops Program (STCP) est initié par le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR) avec l'appui de l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA). Il est soutenu par les agences de développement des Pays-Bas (Cocoa Buffer Fund of the Dutch Ministry of Agriculture), du Canada (SOCODEVI), des USA (USAID) et du Danemark (USAID, 2009 ; [Velarde et Tomich, 2006](#)), ce qui a mobilisé la collaboration d'organisations de producteurs, d'acteurs du secteur privé local et d'investisseurs (F₆, F₇). La phase pilote a été initiée en 2003 : mise en place de champs écoles de formation à la gestion intégrée et fabrication de pesticides à base de plantes locales (F₃, F₂).

La recherche de solutions de lutte phytosanitaire biologique débute aussi dans les années 2000 dans les instituts de recherche nationaux : l'IRAD (F₂) et l'Université de Yaoundé 1 (F₂). La mobilisation de ressources s'appuie sur les réseaux personnels des chercheurs porteurs de projets (F₃, F₆). Au sein de l'IRAD, des enquêtes diagnostics et la recherche de molécules débutent dans le cadre du projet Pôle de compétences en partenariat Grand-Sud Cameroun (F₂, F₆, F₇). Des entreprises privées étrangères, des chocolatiers et des universités étrangères apportent des financements, motivés par la recherche d'alternatives naturelles pour le traitement

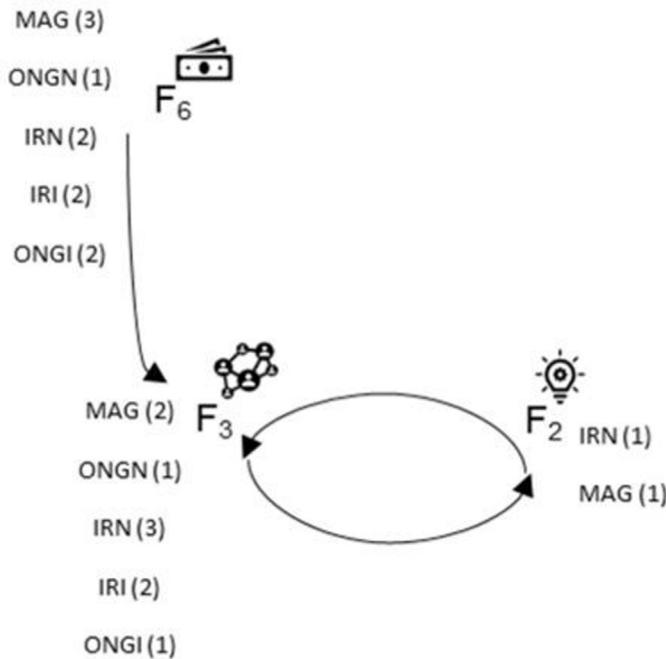


Fig. 1. Boucle fonctionnelle de la phase 1 (1990–1999) du processus de production de biopesticides au Cameroun. Légende : F₁. Activités entrepreneuriales – F₂. Développement de connaissances – F₃. Diffusion de connaissances et réseautage – F₄. Orientation de la recherche – F₅. Formation de marchés – F₆. Mobilisation de ressources – F₇. Soutien des coalitions de défense des droits.
Fig. 1. Functional loop for phase 1 (1990–1999) of the biopesticide production process in Cameroon.

phytosanitaire de la production cacaoyère (F₃, F₄, F₆). Au sein de l'Université de Yaoundé 1, des financements sont obtenus auprès d'entreprises privées étrangères, firmes de production phytosanitaires motivées par le besoin de développer ou de tester des bactéries ou des formulations pour obtenir des biopesticides (F₃, F₄, F₆). Des universités privées étrangères, africaines et occidentales, apportent également leur aide pour réaliser des opérations techniques pour lesquelles les équipements ne sont pas disponibles au Cameroun (F₃, F₆). Toutefois, ces dernières ne donnent pas d'orientation aux essais effectués, contrairement aux entreprises privées selon les chercheurs interrogés.

De plus, des chercheurs de l'Université de Yaoundé 1 encadrent des thèses sur la formulation de fongicides microbiens et à base de champignons à partir de l'année 2000 (F₂, F₃). Ces travaux sont financés par des organisations internationales (Organisation mondiale de la santé), des entreprises privées ou des universités étrangères, et sur des fonds propres (F₆).

En 2001, le Cameroun signe le Traité international sur les ressources phyto-génétiques pour l'alimentation et l'agriculture (TIRPAA), visant à promouvoir le partage des avantages issus de l'utilisation des ressources génétiques. Conséquemment, en 2011, l'État camerounais lance le projet intitulé « Développement d'une politique sur la mise en œuvre du Protocole de Nagoya sur l'accès et le partage des avantages (APA) », bien que n'ayant pas encore ratifié le Protocole de Nagoya. Dans ce cadre, des projets sont conduits, dont les

financements servent à appuyer les travaux du laboratoire de phytopathologie de l'IRAD.

En 2003, le Cameroun adopte la loi n° 2003/003 portant utilisation des produits phytosanitaires (F₄). La même année, un laboratoire de lutte biologique est ouvert à l'IRAD (F₆), dont les travaux portent essentiellement sur la lutte contre la pourriture brune du cacaoyer (F₂).

Ensuite, en 2005, suite au financement de l'United States Department of Agriculture (USDA) (F₆) pour la recherche et le développement du traitement biologique de la production de cacao initié par des chocolatiers américains et européens, les travaux s'intensifient au sein du laboratoire de lutte biologique de l'IRAD (F₂) avec l'appui technique de chercheurs étrangers (F₆, F₃). Les travaux aboutissent à la découverte en 2005 d'une souche de *Trichoderma asperellum* PR11 (F₂) (Tondje *et al.*, 2007), qui permettra de formuler des biopesticides efficaces contre la pourriture brune au Cameroun (Ndoungue *et al.*, 2018) et dans le monde (Widmer, 2014). Cette souche n'a pas été protégée intellectuellement au Cameroun et a été exploitée dans le cadre de travaux à l'étranger. Ainsi, l'IRAD parvient à formuler des pesticides et des fongicides microbiens (F₂). Ceux-ci font l'objet de publications scientifiques (F₂) (Figure 2).

En 2005, suite à l'adoption de la loi portant utilisation des produits phytosanitaires, l'État lance des études, conduites par le MINADER, sur le niveau de résidus de pesticides dans les produits agricoles (F₂). Il crée également, au sein du MINADER, une commission nationale d'homologation des produits phytosanitaires et de certification des appareils de traitement, à travers le décret N° 2005/0772/PM du 06 avril 2005 fixant les conditions d'homologation et de contrôle des produits phytosanitaires (F₄). Par la suite, le MINADER conduit des contrôles systématiques du niveau des résidus dans les produits agricoles sur les marchés des grandes villes (Yaoundé et Douala).

En 2008, les progrès dans la recherche sur la formulation de biopesticides (F₂) entraînent des participations à des conférences internationales qui permettent le partage de connaissances (F₃). En 2009, des financements appuient la recherche sur la formulation de biopesticides au sein de l'Université de Yaoundé 1 (F₆). Le premier biopesticide (Batik insecticide à base de *Bacillus thuringiensis*) homologué au Cameroun est importé en 2011, mais ne remporte pas un grand succès auprès des producteurs.

Le MINADER lance des formations dans les champs écoles paysans pour la promotion de bonnes pratiques agricoles, dont la fabrication de biopesticides artisanaux, avec l'appui de la FAO (F₃, F₄, F₆). Il organise aussi en 2015 des formations pour les producteurs sur la fabrication de biopesticides à base de plantes locales dans différents départements (F₃).

À la fin de cette phase, des formulations de biopesticides sous différents formats sont élaborées, mais non expérimentées en plein champ. Les pratiques traditionnelles continuent à être utilisées par les producteurs.

- On observe les dynamiques suivantes entre acteurs :
- une dynamique partant de la recherche nationale, pour formuler des biopesticides (F₂), qui conduit à rechercher des occasions de réseautage et de partage de connaissances (F₃) à l'international. Ces collaborations permettent d'approfondir les travaux de formulation des biopesticides (F₂) ;

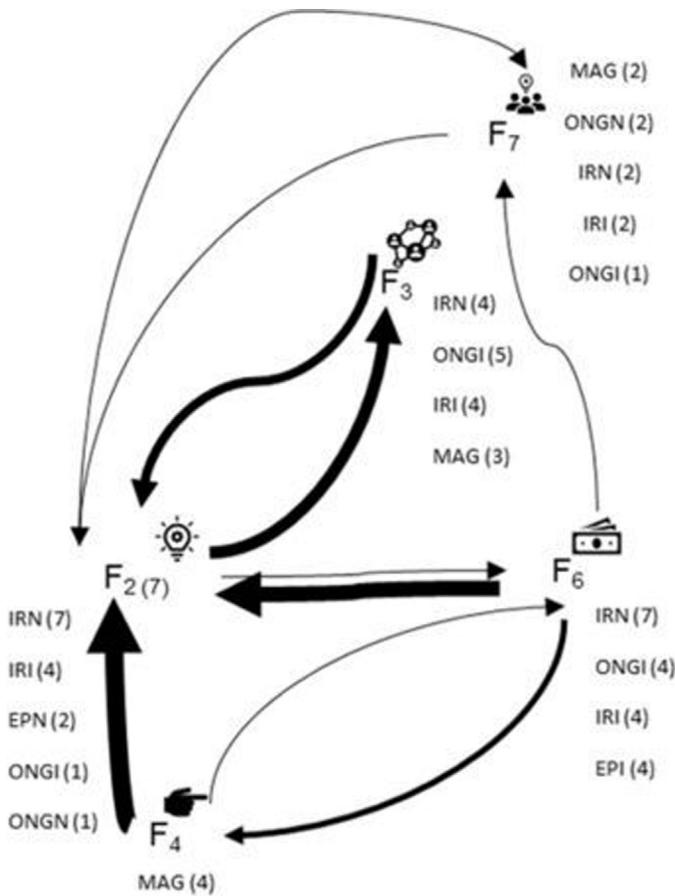


Fig. 2. Boucle fonctionnelle de la phase 2 (2000–2014) de la production de biopesticides au Cameroun. Légende : F₁. Activités entrepreneuriales – F₂. Développement de connaissances – F₃. Diffusion de connaissances et réseautage – F₄. Orientation de la recherche – F₅. Formation de marchés – F₆. Mobilisation de ressources – F₇. Soutien des coalitions de défense des droits.

Fig. 2. Functional loop for phase 2 (2000–2014) of the biopesticide production process in Cameroon.

- une dynamique partant des acteurs internationaux (F₆), incluant bailleurs, instituts de recherche et ONG, pour constituer un consortium autour de la mise en œuvre du Sustainable Tree Crops Program (STCP) (F₇), qui consiste à organiser des champs écoles paysans favorisant la réduction de l'utilisation de pesticides et à former des organisations de producteurs à la fabrication de pesticides à base de plantes locales ;
- une dynamique partant de l'État pour orienter la recherche (F₄) via la loi portant utilisation des produits phytosanitaires.

3.3 Phase 3 : depuis 2016, positionnement du secteur privé et stagnation de la recherche-développement public

La phase 3 est caractérisée par des fonctions d'activité entrepreneuriale, d'orientation de la recherche initiée par des réglementations, et de diffusion des connaissances.

En 2015, l'État adopte la Stratégie de développement du secteur rural (SDSR), qui propose le développement de méthodes de lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs des productions végétales (F₄).

En 2016, le Cameroun ratifie le Protocole de Nagoya (F₄). La même année, l'agriculture camerounaise subit l'invasion de chenilles légionnaires sur l'ensemble du territoire. Les producteurs, constatant l'inefficacité des pesticides chimiques, se tournent selon leurs possibilités vers les alternatives biologiques. Les petits producteurs reprennent les techniques traditionnelles avec de la cendre de feu de bois ou de la terre ; les plus gros producteurs s'approvisionnent en produits dits « naturels » ou « biologiques » provenant des détaillants de produits phytosanitaires de leurs localités (F₃). L'État, conscient de l'inefficacité des pesticides chimiques, sollicite les distributeurs locaux de produits phytosanitaires pour des commandes de masse de biopesticides à formulation bactérienne ou virale (F₆, F₅, F₄). En 2016, le gouvernement subventionne ces biopesticides pour qu'ils soient distribués aux organisations de producteurs sur l'ensemble du territoire (F₄, F₅). Le second biopesticide est ainsi importé au Cameroun en 2018, alors que le premier biopesticide local est homologué en 2021.

D'autres projets de développement ont inclus une composante de réduction de l'utilisation des pesticides, notamment la Stratégie de développement du secteur rural (SDSR), de 2015 à 2020, le plan de gestion des pesticides du Projet d'investissement et de développement des marchés agricoles au Cameroun (PIDMA) en 2014, le plan de gestion des nuisibles du projet Filets sociaux, le plan de gestion des nuisibles du Programme national de développement participatif, dans sa phase 3 de 2018 (F₄). Les objectifs étaient de promouvoir la lutte biologique et la gestion intégrée des maladies et des ravageurs, sans que les travaux mobilisables puissent renseigner sur les résultats obtenus (Figure 3).

La même année, la FAO met en place une Action mondiale de lutte contre la chenille légionnaire (AMLCL), qui inclut la priorisation des solutions de lutte phytosanitaire biologiques (FAO et CABI, 2017 ; Ogolla, 2017) (F₆, F₄, F₃). Des ONG internationales forment également les organisations de producteurs à la fabrication de biopesticides à base de plantes locales et aux pratiques de lutte intégrée (F₃, F₆).

De 2017 à 2018, le projet KNOMANA a permis de constituer une base de connaissances sur les plantes à usages pesticides dans l'agriculture en Afrique (Silvie *et al.*, 2021) (F₂). Ce projet, financé par l'Union européenne et appuyé par le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), ainsi que par l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), a mobilisé des chercheurs des pays africains impliqués (Burkina-Faso et Cameroun) (F₃, F₆). La base de connaissances obtenue n'est pour le moment accessible qu'à ses auteurs, en attendant une mise à disposition plus large.

En 2021, un producteur national de biopesticides fonde une entreprise de production de produits phytosanitaires et de fertilisants à base de plantes (F₁). Il formule un biopesticide à base de neem et l'expérimente dans les dix régions, puis le soumet à homologation (F₁, F₂) malgré les coûts élevés du processus, identique à celui de l'homologation de pesticides chimiques. Il obtient l'homologation en 2022. Trois autres

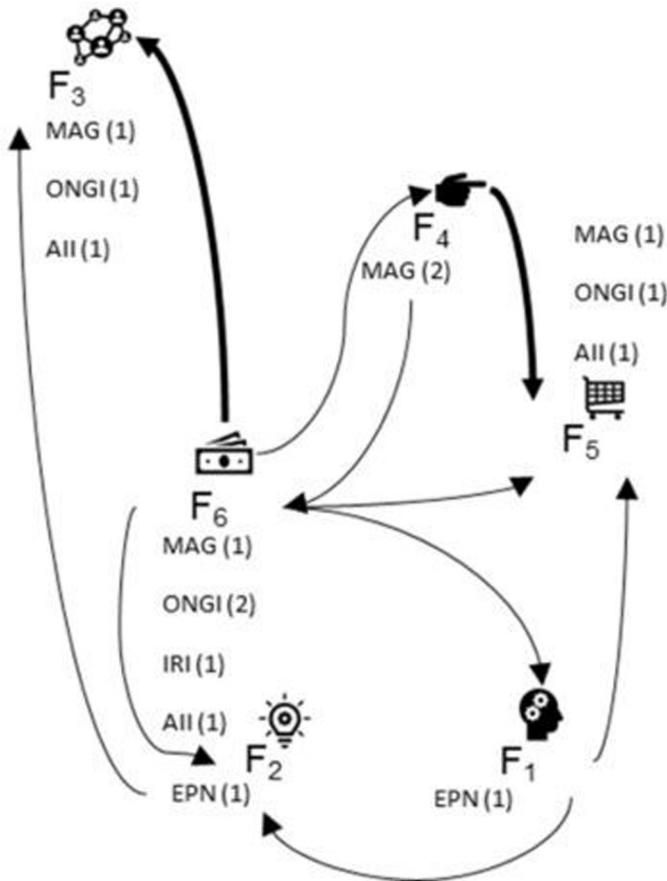


Fig. 3. Boucle fonctionnelle de la phase 3 (2015–2022) de la production de biopesticides au Cameroun. Légende : F₁. Activités entrepreneuriales – F₂. Développement de connaissances – F₃. Diffusion de connaissances et réseautage – F₄. Orientation de la recherche – F₅. Formation de marchés – F₆. Mobilisation de ressources – F₇. Soutien des coalitions de défense des droits.

Fig. 3. Functional loop for phase 3 (2015–2022) of the biopesticide production process in Cameroon.

brevets auraient été déposés pour des biopesticides au Cameroun via l'Organisation africaine de la propriété intellectuelle (OAPI), résultant des travaux de recherche du Centre de biotechnologie de l'Université de Yaoundé 1, mais nous ignorons s'ils ont été produits à grande échelle et distribués sur le marché.

On observe les dynamiques suivantes entre acteurs :

- une dynamique partant des activités entrepreneuriales (F₁) d'une entreprise privée nationale qui conduit au développement des connaissances (F₂) pour se positionner dans la production, en mobilisant des appuis financiers non usuels (F₆) d'autres acteurs individuels informels nationaux ;
- une dynamique partant de l'État pour orienter la recherche (F₄) via des stratégies de réduction d'utilisation des pesticides chimiques et par la subvention de la distribution de biopesticides aux producteurs dont les cultures étaient attaquées par la chenille légionnaire, ce qui conduit à la formation d'un marché par la création d'une demande chez les agriculteurs (F₅) et à la mobilisation de ressources auprès d'ONG internationales (F₆) ;

- une dynamique partant des ONG internationales et de l'État afin de mobiliser des ressources (F₆) pour le réseautage et la diffusion des connaissances (F₃). Dans une moindre mesure, la mobilisation de ressources (F₆) par les instituts de recherche internationaux a contribué aux activités entrepreneuriales (F₁), au développement de connaissances (F₂) et à la formation de marchés (F₅).

L'historique des services supports à la production de biopesticides est résumé dans la [figure 4](#) et la liste des fonctions pour chaque phase est disponible en [matériel supplémentaire](#).

4 Discussion et conclusion

L'analyse des dynamiques révèle les acteurs clés qui ont influencé la trajectoire de la production de biopesticides au Cameroun à travers les fonctions activées et les boucles fonctionnelles qui se sont formées. Nous discutons ici les leviers et les freins identifiés et formulons des recommandations pour pérenniser le processus.

4.1 Nécessité de contextualiser les boucles fonctionnelles

La trajectoire débute par un pilotage par l'État, mais sans promotion du développement de connaissances (phase 1). La structure de la boucle fonctionnelle de la première phase ne s'apparente à aucune de celles discutées par [Suurs \(2009\)](#). Puisque la vulgarisation est portée par le gouvernement et porte sur des techniques traditionnelles, nous pourrions qualifier cette boucle d'"Anchoring of place-based knowledge motor" ou « Moteur d'ancrage des connaissances locales ». Cette phase est orientée vers les acteurs locaux et conduite par le gouvernement.

Durant la deuxième phase du processus, le développement des connaissances sur la production de biopesticides est apporté par les interventions des instituts de recherche et des entreprises internationales à travers des financements, l'orientation des recherches et des appuis techniques. Cette phase s'apparente à un *Entrepreneurial Motor*, mais présente certaines contradictions avec le modèle proposé par [Suurs \(2009\)](#) ;

- l'absence de fonction d'activité entrepreneuriale. En effet, les travaux durant cette phase sont portés par les instituts de recherche (IRAD et IITA), eux-mêmes dépendants des projets et des orientations de bailleurs ou de la recherche académique à travers l'Université de Yaoundé 1. Il n'y a pas d'initiatives provenant d'entrepreneurs privés. Cette phase constitue davantage une boucle de *Science and Technology Push* ;
- l'orientation de la recherche ne provient pas de connaissances développées localement, mais de l'État, en situation de crise ou sous la guidance d'organisations internationales telles que la FAO.
- l'absence de formation de marché révèle que les travaux demeurent « en laboratoire ». Les chercheurs l'expliquent par le manque de ressources financières et de partenaires pour parvenir aux formulations définitives par l'expérimentation au champ en conditions réelles. Les tentatives

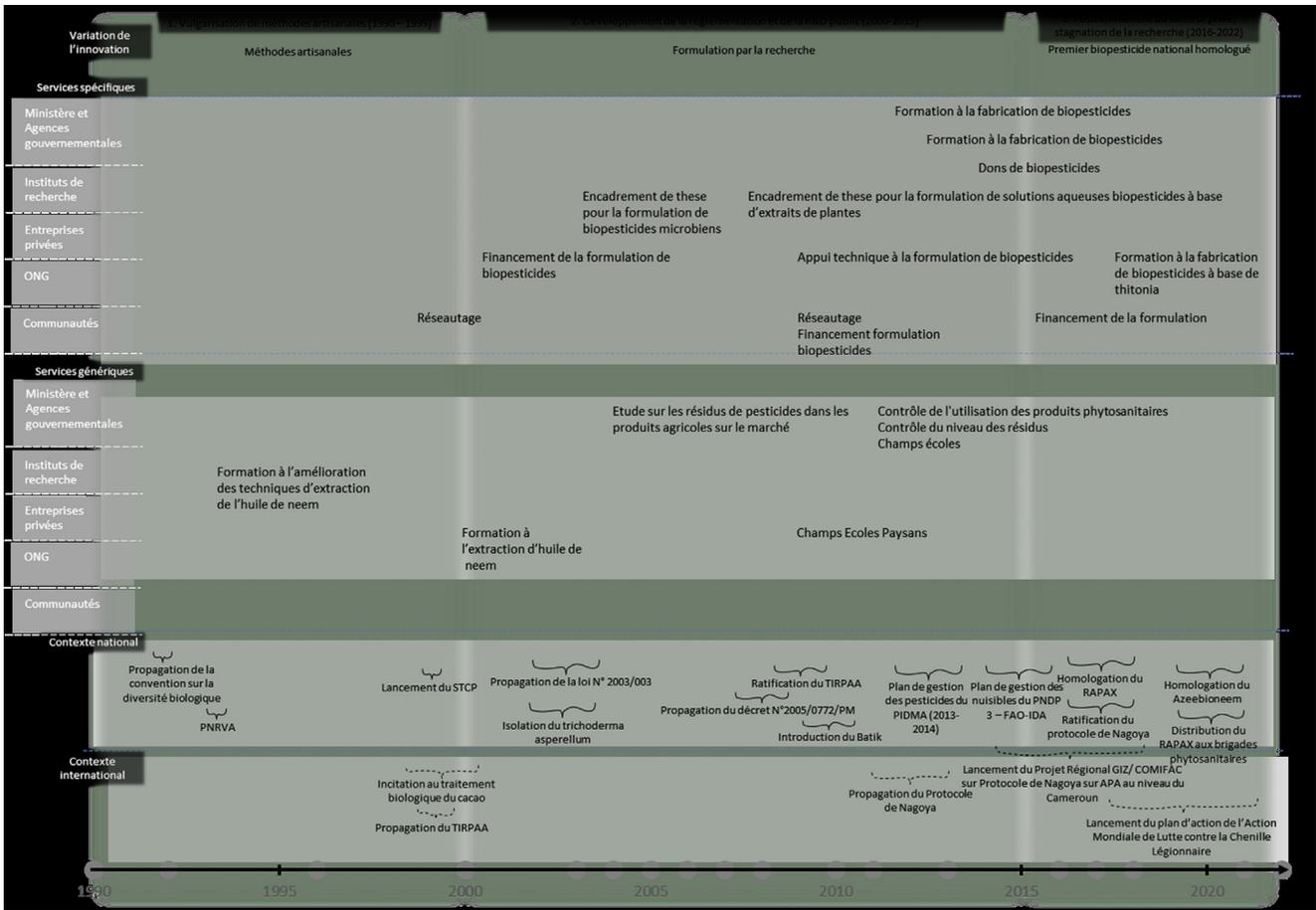


Fig. 4. Trajectoire de la production de biopesticides au Cameroun.
Fig. 4. Biopesticide production trajectory in Cameroon.

des entreprises privées nationales se sont arrêtées au stade d'échange de courriers pour définir les termes du partenariat. Pour cette raison, la boucle ne peut être considérée comme un *System Building Motor* ;

- la mobilisation des ressources influence l'orientation de la recherche et non l'inverse. À l'IRAD, les fonds provenant des projets USDA ont déterminé l'intensification des travaux de recherche sur l'identification de souches et la formulation de biopesticides. Cela traduit l'influence des acteurs internationaux dans l'orientation des axes de recherche sur la production de biopesticides par les chercheurs camerounais. Dans le contexte de l'Université Yaoundé 1, les travaux des chercheurs dépendent des financements affectés à d'autres activités, dont les excédents sont mobilisés pour la recherche-développement sur les biopesticides.

La troisième phase est caractérisée par l'apparition de la fonction « activités entrepreneuriales », manquante dans les deux phases précédentes. Elle débute par l'orientation de la recherche, rapidement soutenue par la mobilisation de ressources. S'inscrivant donc après la mise en place d'un cadre réglementaire pour la production de pesticides et de biopesticides, cette boucle s'apparente au *Market motor*

discutée par Suurs (2009), mais présente notamment les différences suivantes :

- une faiblesse des activités entrepreneuriales, qui ne relèvent, de façon formelle, que de l'initiative d'un seul acteur encore peu connu ;
- l'absence de renforcement des activités entrepreneuriales par la formation de marché. Cela pourrait être dû au fait que la mise en marché des biopesticides produits localement ne soit qu'au stade du démarrage ;
- la phase 3 intervient après la mise en place d'un cadre réglementaire qui n'a pas été orienté par les entrepreneurs privés, comme cela peut être le cas dans un *System Building Motor* précédant le *Market Motor* et facilitant sa mise en place. Cette situation suggère que le marché ne se formera pas de façon durable.

L'inadéquation des boucles définies peut s'expliquer par le contexte macro-institutionnel, marqué par le manque de volonté politique de développer la production de biopesticides par le secteur privé ou public local. Selon les résultats, c'est le fait de ne pas avoir mis en œuvre des fonctions allant vers la formation de systèmes, la création d'un marché de niche, la facilitation de l'alignement aux normes, la création d'un cadre ou l'implication dans des partenariats avec le privé qui a

bloqué. De plus, depuis l'invasion des chenilles légionnaires, l'État lui-même a subventionné la distribution de biopesticides qui étaient les seules formes de produits phytosanitaires efficaces. Toutefois, une raison sous-jacente de ce manque de volonté serait la faible rentabilité économique des biopesticides dans le contexte du Cameroun. Même l'existence de pratiques artisanales est surtout mise en valeur par les initiatives d'ONG internationales. C'est l'absence de soutien institutionnel qui fait que les cadres de l'analyse fonctionnelle sont peu pertinents de prime abord. Cependant, ils offrent une lecture riche et pertinente de la trajectoire des processus d'innovation, même dans un contexte de pays en développement, ainsi que des pistes d'amélioration pertinentes. Un enrichissement de ce cadre d'analyse à partir de notre étude serait de considérer la boucle « Moteur d'ancrage des connaissances locales » comme partie intégrante des modèles fonctionnels, car les innovations agroécologiques sont mises en œuvre dans les pays en développement à partir des connaissances locales.

4.2 Manque de coopération, inadéquation des normes publiques et gouvernance internationale comme freins à la production de biopesticides

Le principal frein à la production de biopesticides est l'absence de réseaux entre acteurs privés et publics pour mettre à l'échelle de la production, l'expérimentation de différentes formulations issues de la recherche nationale. Cela explique le stade embryonnaire de la boucle fonctionnelle de la première phase du processus (Figure 1). On note que durant cette phase, les fonctions ne se renforcent pas, ce qui indique l'absence de « boucles ». Durant la deuxième phase (Figure 3), les pesticides commercialisés demeurent essentiellement importés, sans développement d'une production basée sur des espèces végétales locales. Cela malgré les expérimentations concluantes déjà réalisées dans les instituts de recherche agronomiques publics et dans les laboratoires universitaires nationaux. Le principal frein est l'interruption des négociations avec les acteurs privés et le gouvernement pour accompagner la mise à l'échelle. Ainsi, la place prépondérante des acteurs internationaux dans l'orientation de la recherche et la mobilisation des ressources n'aboutissent ni à la formulation définitive ni à la mise à l'échelle de biopesticides au niveau national. En effet, bien que le projet USDA se soit conclu par la découverte et l'exportation de la souche de *Trichoderma asperellum PR11*, cette dernière a été exploitée par la recherche américaine sans reconnaissance pour le Cameroun. Cela traduit une attitude « extractive » de cette gouvernance internationale et pourrait s'expliquer par l'absence d'une protection intellectuelle au cours du projet.

Dans la même période, la gouvernance publique reste polarisée autour de normes conçues pour les pesticides chimiques, qui deviennent limitatives pour des biopesticides. D'une part, ces normes proviennent de l'extension à l'échelle régionale de la régulation de la production des biopesticides, à travers le Comité des pesticides d'Afrique centrale (CPAC). D'autre part, le ministère de l'Agriculture (MINADER), autrefois en charge de la surveillance, a transféré ses compétences de contrôle aux communes, qui ne peuvent pas les appliquer faute d'expertise. Cela favorise la création d'un

marché noir où les réglementations ne sont pas respectées (Mahob *et al.*, 2014). Ainsi, l'accès des entrepreneurs privés locaux et internationaux à l'homologation de produits accessibles aux petits producteurs est fortement limité. L'initiative émergente que nous avons étudiée a dû s'appuyer sur des financements en dehors des voies formelles.

Enfin, il y a globalement un manque d'engagement de l'État à promouvoir la production des biopesticides au Cameroun. Bien que leur autoproduction par les agriculteurs puisse participer à leur autonomisation vis-à-vis des fournisseurs d'intrants et à la réduction de leurs charges, il manque une réglementation publique. En effet, au Cameroun, l'autoproduction des agriculteurs n'est pas suivie, alors que les biopesticides demeurent des substances potentiellement dangereuses pour l'homme (Davillerd et Marchand, 2022).

Il s'ensuit le besoin d'adapter les critères d'homologation aux initiatives locales pour créer un circuit de distribution adapté au format actuel des produits formulés par les producteurs locaux. Il s'ensuit aussi le besoin de créer des dispositifs (plateformes) de partage de ressources entre le privé international, le privé national, la recherche et le public. De plus, il est nécessaire de prévoir un dispositif de surveillance des initiatives locales.

4.3 La production de biopesticides au Cameroun favorise l'intensification chimique

Les enjeux liés à la production de biopesticides au Cameroun sont de parvenir à un modèle de production agricole qui s'écarte de la trajectoire de « destruction durable » des sols. Cependant, l'étude des mécanismes de sa trajectoire révèle que le développement de la production de biopesticides demeure embryonnaire en termes de nombre de produits sur le marché, de nombre d'acteurs locaux impliqués et d'utilisation par les agriculteurs.

D'après la littérature, les services support qui interviennent pour renforcer le processus en sensibilisant les organisations de producteurs, en les formant aux techniques de fabrication artisanale de biopesticides et aux bonnes pratiques agricoles telles que la lutte intégrée contre les ravageurs, ont contribué à réduire de 10 à 20 % l'utilisation des pesticides chimiques chez les bénéficiaires de ces programmes (Velarde et Tomich, 2006). Bien qu'il n'existe pas d'études pour documenter ce point, l'utilisation des biopesticides importés par les firmes phytosanitaires et distribués par l'État aux producteurs face à l'invasion des chenilles légionnaires induirait une hausse de la consommation de pesticides, car ces biopesticides ont été utilisés pour pallier l'inefficacité des pesticides habituels. Ils ont été utilisés en plus par des producteurs qui souhaitent à tout prix préserver leurs récoltes. Les biopesticides distribués par des firmes sans subvention de l'État sont également utilisés par les producteurs en association avec des pesticides chimiques pour maximiser leurs rendements. Pour ce qui est de la production locale de biopesticides, elle est peu importante et peu utilisée par les producteurs selon nos travaux. Elle demeure limitée par l'inadéquation du cadre réglementaire mis en place. Elle est également récente et n'a pas fait l'objet d'évaluation dans la littérature scientifique.

En somme, la production de biopesticides en elle-même n'a pas permis de réduire l'utilisation des pesticides au

Cameroun. Il s'agirait pour le moment d'un *statu quo* ou d'une intensification chimique de l'agriculture qui était déjà majoritairement « naturelle » (Bayiha, 2020).

5 Conclusion

L'étude de la gouvernance de la production de biopesticides au Cameroun révèle deux blocages principaux. D'une part, l'acteur public limite le développement des biopesticides par l'imposition de normes inadaptées. D'autre part, les acteurs internationaux occupent une part importante dans l'offre de services supports au développement de la production de biopesticides. Ils orientent la recherche, la financent, créent des opportunités de réseautage, mais lorsque les financements cessent. Les résultats de ces recherches sont exploités à l'étranger et ne bénéficient pas au Cameroun. Ainsi, une dépendance aux financements apportés par ces acteurs extérieurs s'est installée. En conséquence, la production de biopesticides pour l'agriculture camerounaise et par les acteurs camerounais stagne, partiellement en raison de la faible volonté de l'acteur public d'accompagner les initiatives locales de développement de biopesticides par la recherche ou le secteur privé. La mise en place de plateformes d'innovation multi-acteurs et la conception de normes d'homologation adaptées au contexte sont deux principales recommandations que nous formulons pour développer la production de biopesticides.

Ce travail est pionnier dans l'analyse de la trajectoire de la production des biopesticides en tant qu'innovation au Cameroun et dans le contexte de pays en développement. Une perspective de recherche intéressante pour favoriser la conception de normes adaptées serait d'étudier les dynamiques individuelles des acteurs impliqués dans ce processus, afin de concevoir des recommandations plus représentatives des dynamiques sociétales à différentes échelles.

Matériel supplémentaire

Liste des fonctions.

Le matériel supplémentaire est disponible sur <https://www.cahiersagricultures.fr/10.1051/cagri/2023025/olm>.

Remerciements. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet SERVInnov, financé par le programme LeapAgri de l'Union européenne et l'Union africaine, avec le soutien de l'Agence française de développement (AFD), du German Aerospace Center – Project Management Agency (DLR-PT) et du ministère camerounais de la Recherche scientifique et de l'Innovation. Nous tenons à remercier tous les producteurs, chercheurs et cadres qui ont collaboré avec nous et répondu à nos questions.

Références

Bayiha G de la P. 2020. Développement de l'agriculture biologique au Cameroun : une analyse par l'approche des transitions sociotechniques. Gabon, France: Université de Yaoundé II, Université de Montpellier, 217 p.

- Bayiha G de la P, Temple L, Mathé S. 2020. Diversité des trajectoires de l'agriculture biologique au Cameroun. In: Fatiha F, ed. *Systèmes alimentaires*. Paris (France): Classiques Garnier, pp. 121–204. DOI: [10.15122/isbn.978-2-406-11062-0.p.0181](https://doi.org/10.15122/isbn.978-2-406-11062-0.p.0181).
- Bergek A, Jacobsson S, Carlsson B, Lindmark S, Rickne A. 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy* 37(3): 407–429. DOI: [10.1016/j.respol.2007.12.003](https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003).
- Borrás S, Edler J. 2014. Introduction: On governance, systems and change. In: *The Governance of Socio-Technical Systems*. Cheltenham (UK): Edward Elgar Publishing, pp. 1–22. DOI: [10.4337/9781784710194.00010](https://doi.org/10.4337/9781784710194.00010).
- Boulestreau Y, Peyras CL, Casagrande M, Navarrete M. 2022. Tracking down coupled innovations supporting agroecological vegetable crop protection to foster sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems* 196: 103354. DOI: [10.1016/j.agsy.2021.103354](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103354).
- Brenner C. 1997. Politiques de biotechnologie pour l'agriculture des pays en développement. *Cahiers de politique économique du Centre de Développement de l'OCDE* 14: 36. DOI: [10.1787/2077169X](https://doi.org/10.1787/2077169X).
- Bureau-Point E, Temple L. 2022. La recherche en sciences humaines et sociales sur l'objet pesticide dans le cadre académique français : état des lieux et perspectives. *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement* 22(2): 38765. DOI: [10.4000/vertigo.38765](https://doi.org/10.4000/vertigo.38765).
- Chandler D, Bailey AS, Tatchell GM, Davidson G, Greaves J, Grant WP. 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366(1573): 1987–1998. DOI: [10.1098/rstb.2010.0390](https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390).
- Chung C. 2018. Technological innovation systems in multi-level governance frameworks: The case of Taiwan's biodiesel innovation system (1997–2016). *Journal of Cleaner Production* 184: 130–142. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.02.185](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.185).
- Davillerd Y, Marchand PA. 2022. Les substances naturelles à usage biostimulant: statut réglementaire et état des lieux de ces préparations naturelles peu préoccupantes (PNPP). *Cahiers Agricultures* 31: 28. DOI: [10.1051/cagri/2022025](https://doi.org/10.1051/cagri/2022025).
- de Boon A, Sandström C, Rose DC. 2022. Governing agricultural innovation: A comprehensive framework to underpin sustainable transitions. *Journal of Rural Studies* 89: 407–422. DOI: [10.1016/j.jrurstud.2021.07.019](https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.019).
- Deguine JP. 2023. Lutte biologique et biocontrôle: un besoin de clarification. *Cahiers Agricultures* 32: 11. DOI: [10.1051/cagri/2023004](https://doi.org/10.1051/cagri/2023004).
- Deravel J, Krier F, Jacques P. 2014. Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18(2): 200–232.
- Douthwaite B, Ashby J. 2005. Innovation Histories: A method from learning from experience. *ILAC Briefs* 5: 4 p.
- FAO. 2023. AGROVOC. <https://www.fao.org/agrovoc/fr>.
- FAO, CABI. 2017. How to manage fall armyworm (Spodoptera frugiperda). Rome (Italie): FAO. <https://www.fao.org/3/I7839en/i7839en.pdf>.
- Goulet F. 2021. Characterizing alignments in socio-technical transitions. Lessons from agricultural bio-inputs in Brazil. *Technology in Society* 65: 101580. DOI: [10.1016/j.techsoc.2021.101580](https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101580).
- Guillemette T, Bastide F. 2022. Les champignons Trichoderma, des bienfaiteurs pour notre société. *The Conversation*. <https://thecon>

- [versation.com/les-champignons-trichoderma-des-bienfaiteurs-pour-notre-societe-184993](https://www.versation.com/les-champignons-trichoderma-des-bienfaiteurs-pour-notre-societe-184993).
- Hekker MP, Suurs RAA, Negro SO, Kuhlmann S, Smits REHM. 2007. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 74(4): 413–432. DOI: [10.1016/j.techfore.2006.03.002](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002).
- Hermans F, Geerling-Eiff F, Potters J, Klerkx L. 2019. Public-private partnerships as systemic agricultural innovation policy instruments – Assessing their contribution to innovation system function dynamics. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 88: 76–95. DOI: [10.1016/j.njas.2018.10.001](https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.10.001).
- Jas N. 2014. Gouverner les substances chimiques dangereuses dans les espaces internationaux. In: Pestré D, ed., *Le gouvernement des technosciences. Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945*. Paris (France): La Découverte pp. 31–63. DOI: [10.3917/decpest.2014.01.0031](https://doi.org/10.3917/decpest.2014.01.0031).
- Korangi Alleluya V, Kubindana G, Fingu Mabola J, Sulu A, Kasereka G, Matamba A, et al. 2021. Utilisation des biopesticides pour une agriculture durable en République Démocratique du Congo (Synthèse bibliographique). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture* 2: 53–67.
- Lanahan L, Feldman MP. 2015. Multilevel innovation policy mix: A closer look at state policies that augment the federal SBIR program. *Research Policy* 44(7): 1387–1402. DOI: [10.1016/j.respol.2015.04.002](https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.04.002).
- Laperche B. 2009. Stratégies d'innovation des firmes des sciences de la vie et appropriation des ressources végétales: processus et enjeux. *Mondes en développement* 147(3): 109–122. DOI: [10.3917/med.147.0109](https://doi.org/10.3917/med.147.0109).
- Leeuwis C, Klerkx L, Schut M. 2018. Reforming the research policy and impact culture in the CGIAR: Integrating science and systemic capacity development. *Global Food Security* 16: 17–21. DOI: [10.1016/j.gfs.2017.06.002](https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.06.002).
- Madsen S, Bezner Kerr R, Shumba L, Dakishoni L. 2021. Agroecological practices of legume residue management and crop diversification for improved smallholder food security, dietary diversity and sustainable land use in Malawi. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 45(2): 197–224. DOI: [10.1080/21683565.2020.1811828](https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1811828).
- Mahob RJ, Ndoumbe-Nkeng M, Hoopen GT, Dibog L, Nyasse S, Rutherford M, et al. 2014. Pesticides use in cocoa sector in Cameroon: characterization of supply source, nature of active ingredients, fashion and reasons for their utilization. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8(5): 1976–1989. DOI: [10.4314/ijbcs.v8i5.3](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i5.3).
- Mboussi SB, Ambang Z, Kakam S, Bagny Beilhe L. 2018. Control of cocoa mirids using aqueous extracts of *Thevetia peruviana* and *Azadirachta indica*. *Cogent Food & Agriculture* 4(1): 1430470. DOI: [10.1080/23311932.2018.1430470](https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1430470).
- Nations unies. 1992. Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/convention/text/>.
- Ndougue M, Petchayo S, Techou Z, Nana WG, Nembot C, Fontem D, et al. 2018. The impact of soil treatments on black pod rot (caused by *Phytophthora megakarya*) of cacao in Cameroon. *Biological Control* 123: 9–17. DOI: [10.1016/j.biocontrol.2018.04.016](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.04.016).
- Ogolla E. 2017. FAO's position on the use of pesticides to combat fall armyworm. Rome (Italy): FAO, 2 p. <https://www.fao.org/3/i8022e/i8022e.pdf>.
- Parsa S, Morse S, Bonifacio A, Chancellor TCB, Condori B, Crespo-Pérez V, et al. 2014. Obstacles to integrated pest management adoption in developing countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(10): 3889–3894. DOI: [10.1073/pnas.1312693111](https://doi.org/10.1073/pnas.1312693111).
- Samada LH, Tambunan USF. 2020. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. *Online Journal of Biological Sciences* 20(2): 66–76. DOI: [10.3844/ojbsci.2020.66.76](https://doi.org/10.3844/ojbsci.2020.66.76).
- Schreinemachers P, Tiraqsa P. 2012. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries. *Food Policy* 37(6): 616–626. DOI: [10.1016/j.foodpol.2012.06.003](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.06.003).
- Silvie PJ, Martin P, Huchard M, Keip P, Gutierrez A, Sarter S. 2021. Prototyping a knowledge-based system to identify botanical extracts for plant health in Sub-Saharan Africa. *Plants* 10(5): 896. DOI: [10.3390/plants10050896](https://doi.org/10.3390/plants10050896).
- Struelens QF, Rivera M, Zabalaga MA, Ccanto R, Tarqui RQ, Mina D, et al. 2022. Pesticide misuse among small Andean farmers stems from pervasive misinformation by retailers. *PLOS Sustainability and Transformation* 1(6): e0000017. DOI: [10.1371/journal.pstr.0000017](https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000017).
- Suurs RAA. 2009. Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems. Utrecht (The Netherlands): Utrecht University, 304 p. <http://localhost/handle/1874/33346>.
- Tapsoba PK, Aoudji AKN, Kabore M, Kestemont MP, Legay C, Achigan-Dako EG. 2020. Sociotechnical context and agroecological transition for smallholder farms in Benin and Burkina Faso. *Agronomy* 10(9): 1447. DOI: [10.3390/agronomy10091447](https://doi.org/10.3390/agronomy10091447).
- Tondje PR, Roberts DP, Bon MC, Widmer T, Samuels GJ, Ismaiel A, et al. 2007. Isolation and identification of mycoparasitic isolates of *Trichoderma asperellum* with potential for suppression of black pod disease of cacao in Cameroon. *Biological Control* 43(2): 202–212. DOI: [10.1016/j.biocontrol.2007.08.004](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.004).
- USAID. 2009. STCP Summary. 11 p. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/90924/U09RepStepSummaryNothomNoDev.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Velarde SJ, Tomich TP. 2006. Sustainable tree crops programme in Africa. ASB impact cases 1. ASB-partnership for the tropical forest margins and world agroforestry centre, Nairobi, Kenya. 7 p. <http://www.asb.cgiar.org/PDFwebdocs/ASB-Impact-Cases-1-STCP.pdf>.
- Widmer TL. 2014. Screening *Trichoderma* species for biological control activity against *Phytophthora ramorum* in soil. *Biological Control* 79: 43–48. DOI: [10.1016/j.biocontrol.2014.08.003](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.08.003).

Citation de l'article : Soulé Adam N. 2024. Gouvernance des mécanismes fonctionnels d'une innovation agroécologique: cas de la production de biopesticides au Cameroun. *Cah. Agric.* 33: 5. <https://doi.org/10.1051/cagri/2023025>