

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

Leviers de substitution à l'usage de pesticides dans les systèmes cacaopiscicoles intégrés en Côte d'Ivoire

Antoine Kouadio^{1,2*}, Élodie Pepey^{3,4,5}, Charles Boussou², Séri Brou¹, Lucas Fertin^{3,a}
et Simon Pouil^{6,a} 

¹ APDRA Pisciculture Paysanne, Massy, France

² Laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

³ ISEM, Univ Montpellier, CNRS, IRD, CIRAD, Montpellier, France

⁴ CIRAD, UMR AGAP Institut, F-34398 Montpellier, France

⁵ AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

⁶ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, Jouy-en-Josas, France

Résumé – Cette étude examine les relations entre la cacaoculture et l'émergence de la pisciculture en Côte d'Ivoire, en particulier les défis liés à l'utilisation de pesticides dans les exploitations cacaoyères. Elle s'appuie sur des enquêtes menées auprès de 45 cacaoculteurs également engagés dans la pisciculture, dans différentes régions cacaoyères. Les résultats montrent que la diversification vers la pisciculture dans les exploitations cacaoyères conduit à réduire ou à abandonner l'usage des pesticides, principalement des herbicides, en expérimentant différentes alternatives. Parmi ces dernières figurent des méthodes de lutte mécanique, l'adaptation des pratiques culturales et la mise en place de barrières écologiques. Ces différents changements sont réalisés dans un souci de préservation des revenus des cacaopisciculteurs, mais également de l'environnement au sein et autour des fermes de production. Les leviers susceptibles d'entraîner une diffusion de ces méthodes à large échelle sont discutés.

Mots-clés : cacaoculture / pisciculture / tilapia du Nil / pesticides

Abstract – **Pesticide substitution levers in integrated cocoa-fish farming systems in Côte d'Ivoire.** This study examines the relationship between cocoa farming and the emergence of fish farming in Côte d'Ivoire, with a focus on the challenges associated with pesticide use on cocoa farms. It is based on surveys of 45 cocoa farmers also involved in fish farming, in various cocoa-growing regions. The results show that diversification into fish farming on cocoa farms leads to a reduction or even abandonment of the use of pesticides, mainly herbicides, by experimenting with different alternatives. These include mechanical control methods, adaptation of cropping practices and the installation of ecological barriers. These various changes are made with a view to preserving the incomes of cocoa-fish farmers, but also the environment in and around production farms. The levers likely to lead to widespread dissemination of these methods are discussed.

Keywords: cocoa farming / fish farming / Nile tilapia / pesticides

1 Introduction

La Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de cacao depuis les années 1970. Actuellement, la production ivoirienne

représente plus de 40 % de l'offre mondiale (ICCO, 2023). Cette production joue un rôle essentiel dans l'économie du pays, mais également sur le plan social. En effet, le cacao représente 10 % du PIB et 40 % des recettes d'exportation (Barima *et al.*, 2020). Par ailleurs, la cacaoculture emploie plus d'un million de petits producteurs et constitue donc la principale source de revenus d'environ 5 à 6 millions de personnes, soit un cinquième de la population du pays (Banque mondiale, 2019).

*Auteur correspondant : kouadio-antoine@ujlg.edu.ci

^a Ces deux auteurs ont contribué de manière équivalente à la rédaction de cet article.

Toutefois, derrière ces chiffres se cache une filière en proie à des difficultés historiques qui touchent le secteur, en particulier les producteurs. En effet, la crise du cacao, dès la fin des années 1970, a considérablement réduit les revenus des cacaoculteurs ivoiriens (Kouassi, 2021), accentuant leur vulnérabilité. Les cours mondiaux du cacao, après une croissance de 34 % par an entre 1963 et 1978, ont chuté, avec notamment une diminution de moitié entre 1987 et 1993, liée à une surproduction due à l'arrivée de nouveaux producteurs asiatiques (Ruf, 2009). Dans les années 1990, l'arrivée du champignon *Phytophthora megakarya*, causant la pourriture brune des cabosses, a réduit les rendements (Pokou *et al.*, 2008). Cette tendance s'est poursuivie avec l'arrivée du virus du *swollen shoot* dans les années 2000, qui a gravement affecté les plantations et reste encore présent dans la majorité des zones de production (Kouakou *et al.*, 2012). Le vieillissement des plantations, la pression des bioagresseurs exacerbée par le changement climatique et l'épuisement des réserves foncières limitent la replantation et l'installation de nouvelles plantations (Konate *et al.*, 2016 ; Kouassi, 2021).

Pour diversifier leurs sources de revenus, les cacaoculteurs se sont tournés vers d'autres activités (Oswald, 2015). En Côte d'Ivoire, des projets ont été lancés pour soutenir cette diversification, notamment par la pisciculture (Oswald, 2015). Ainsi, des ressources locales et internationales ont été mobilisées pour promouvoir cette activité (MIRAH, 2014), ce qui a permis l'implantation de fermes piscicoles dans les zones de production cacaoyère. L'un des intérêts de la pisciculture, en plus de diversifier les revenus des cacaoculteurs, est de renforcer la sécurité alimentaire, notamment en milieu rural (Niamien *et al.*, 2017) où le poisson est une source importante de protéines animales. Actuellement, la production de la pisciculture (environ 6200 tonnes en 2022 [FAO, 2024]) est insuffisante pour répondre à une demande nationale de près de 700 000 tonnes.

Les projets piscicoles ont promu des systèmes d'élevage extensifs adaptés aux faibles revenus (Kimou *et al.*, 2016), basés sur l'élevage du tilapia (*Oreochromis niloticus*) souvent associé à la culture du riz (Kamagaté *et al.*, 2021). Les poissons se nourrissent des ressources naturelles de l'étang, ce qui permet une production à faible coût et des prix compétitifs (Hanquiez et Oswald, 2009). Cette pratique s'est révélée adaptée aux petites exploitations agricoles et a connu une expansion dans les régions cacaoyères pendant la crise militaro-politique de 2002 à 2011, malgré l'absence de suivi par les services publics et les organisations non gouvernementales (ONG) (Niamien, 2020). La pisciculture est devenue un enjeu majeur pour la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté, passant d'activité secondaire à principale source de revenus pour respectivement 30 %, 40 %, et 5 % des cacaopisciculteurs interrogés lors d'une enquête menée à Bédiala, Sinfra et Méagui (Kouadio *et al.*, 2023).

Cependant, la durabilité de la cohabitation entre cacao-culture et pisciculture est remise en question en raison de l'usage de pesticides, notamment dans les cacaoyères (Akpo *et al.*, 2021). Ces produits phytosanitaires peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement, notamment la diminution de la biodiversité, dont celle des micro-organismes, la pollution des eaux et des sols, et sur les consommateurs (García-Villanueva *et al.*, 2024). Diverses initiatives ont été menées pour réduire leur utilisation, mais les résultats ont été

mitigés (Ruf *et al.*, 2013). Toutefois, la prise en compte des savoirs et savoir-faire des producteurs, souvent ignorés, pourrait, selon Cote *et al.* (2018), aider à l'écologisation des pratiques. Dans ce contexte, des enquêtes ont été menées auprès de cacaopisciculteurs de trois grandes régions productrices de cacao afin de caractériser les pratiques phytosanitaires en cacaopisciculture et d'identifier les alternatives aux pesticides adoptées par certains producteurs.

2 Méthodologie

2.1 Zones d'étude

Trois localités de deux grandes zones cacaoyères ont été étudiées : Bédiala et Sinfra dans le Centre-Ouest, et Méagui dans le Sud-Ouest, principales zones de production de cacao en Côte d'Ivoire (Fig. 1). Les critères de sélection incluent le gradient agroclimatique, la production cacaoyère et la production piscicole en étang. Sinfra bénéficie d'un climat équatorial de transition avec quatre saisons, tandis que Bédiala a un climat équatorial de transition atténué avec deux saisons. Méagui, dans le Sud-Ouest, possède un climat équatorial avec deux saisons sèches et deux saisons humides (Brou *et al.*, 2004). Le Centre-Ouest, épice de la production cacaoyère dans les années 1970, demeure encore une grande zone de production de cacao (Barima *et al.*, 2020). Cependant, c'est le Sud-Ouest qui est désormais la principale zone de production cacaoyère, fournissant environ 36 % de la production nationale (Tano, 2012). Ces régions sont également des foyers de développement de la pisciculture familiale et sont considérées comme des zones à fort potentiel aquacole en Côte d'Ivoire (Amian *et al.*, 2017). La pisciculture est principalement concentrée dans le Centre-Ouest, où 650 pisciculteurs produisent environ 600 tonnes de poissons par an, soit 13 % de la production piscicole nationale au moment où le recensement a été fait (Niamien, 2020).

2.2 Collecte des données

Les données sur les pratiques phytosanitaires et alternatives des cacaopisciculteurs pour l'entretien de leurs exploitations ont été recueillies entre mai 2021 et mai 2022. Les enquêtes ont été réalisées par des entretiens semi-directifs en s'appuyant sur un questionnaire, rédigé en français, d'une trentaine de questions structurées en trois catégories :

- pisciculture : historique de l'activité, données quantitatives relatives à la production (superficie, rendements, revenus), pratiques (pisciculture, rizipisciculture) et difficultés rencontrées ;
- cacao-culture : expérience en cacao-culture, informations quantitatives relatives à la production (superficie, rendements, revenus), pratiques (cultures associées, monoculture) et difficultés rencontrées ;
- traitements phytosanitaires : utilisation de pesticides, molécules utilisées, nombre de traitements annuels.

Seules les données collectées relatives aux pratiques phytosanitaires ont été analysées dans cette étude. Les caractéristiques des fermes et les performances de production piscicole et cacaoyère sont décrites dans le travail de Kouadio *et al.* (2023).

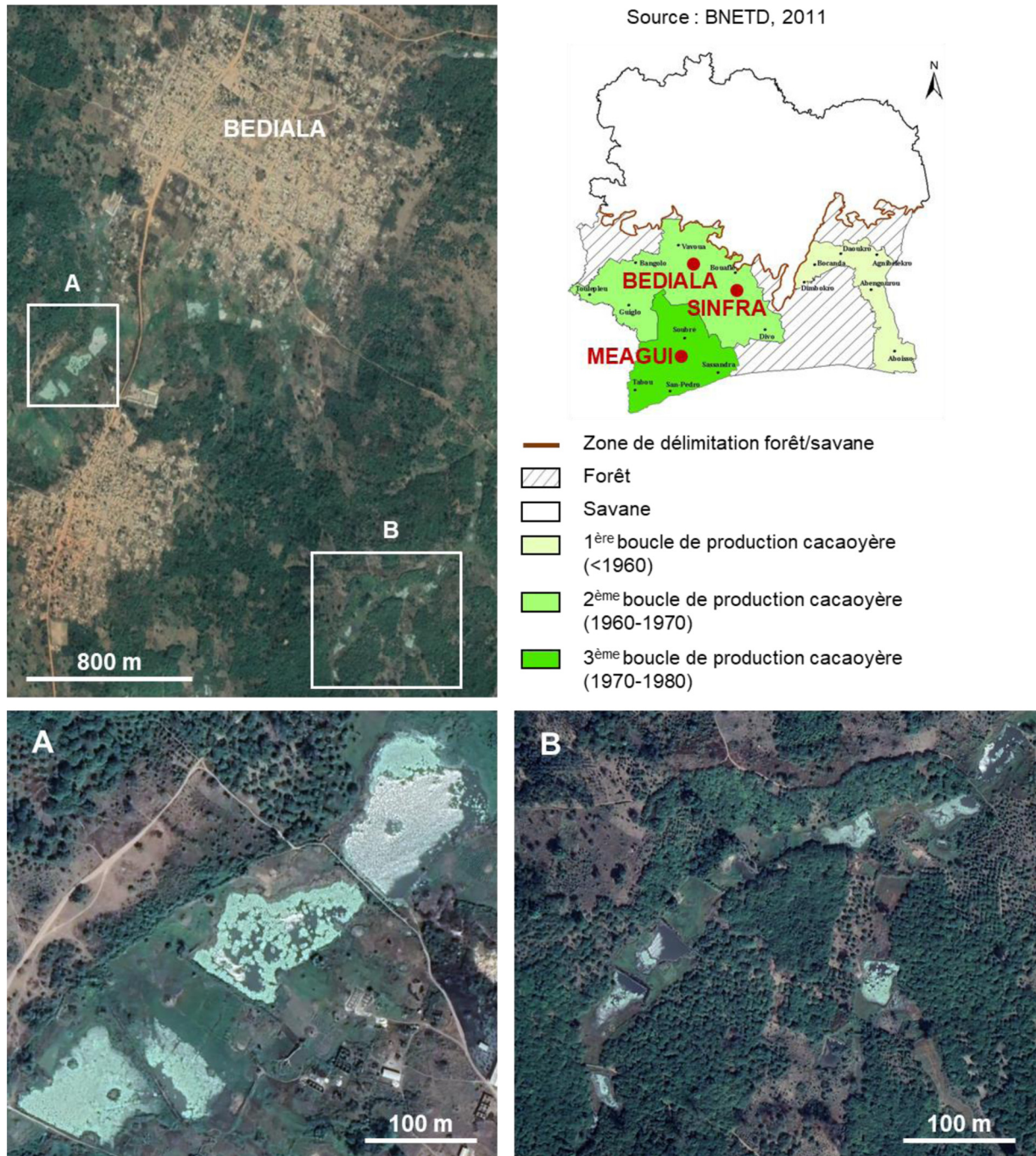


Fig. 1. Carte des trois régions d'étude et occupation des bas-fonds par les étangs piscicoles dans la localité de Bédiala. Les cultures en bordure d'étang sont visibles sur les images satellites (Google Earth[®]).

Fig. 1. Map of the three study regions and occupation of lowlands by fish ponds in the locality of Bédiala. Cacao fields on the edges of ponds are visible on satellite images (Google Earth[®]).

Le questionnaire a été complété par un entretien individuel, réalisé dans chaque site de production. Préalablement aux entretiens, une rencontre entre l'ONG APDRA Pisciculture Paysanne (APDRA) et les producteurs impliqués a été organisée pour présenter les objectifs, s'assurer de l'implication de chaque personne et de la compréhension du questionnaire, traduit dans la langue locale si nécessaire. La participation à cette étude était entièrement volontaire et les

réponses étaient basées sur les déclarations des producteurs. Au total, 45 cacaopisciculteurs ont été interrogés (21 à Bédiala, 12 à Sinfra et 12 à Méagui).

2.3 Analyse des données

Les enregistrements des entretiens ont été retranscrits et les informations résultantes ont été analysées pour identifier les

Tableau 1. Profil des cacao-pisciculteurs interrogés.
Table 1. Profile of surveyed cocoa-fish farmers.

		Bédiala (n=21)	Méagui (n=12)	Sinfra (n=12)
Âge moyen (an)		51 (31–78)	48 (33–73)	52 (35–71)
Scolarité	Aucune	76 %	59 %	75 %
	Primaire	19 %	33 %	17 %
	Secondaire	5 %	8 %	8 %
Main-d'œuvre	Familiale uniquement	85 %	67 %	83 %
	Familiale et groupe d'entraide	5 %	8 %	0 %
	Familiale et contractuels	5 %	0 %	17 %
	Familiale et employés	5 %	17 %	0 %
	Combinaison de l'ensemble	0 %	8 %	0 %

méthodes alternatives aux pesticides utilisées par les cacaoculteurs. Les différences d'âge des cacaoculteurs entre les régions ont été analysées à l'aide d'un test non paramétrique de Kruskal-Wallis, suivi d'un test de Dunn avec correction de Bonferroni. Le test de Khi-deux a été utilisé pour tester les différences entre les régions dans les occurrences (i) des principaux bioagresseurs identifiés par les cacaopisciculteurs et (ii) des pratiques phytosanitaires (type de pesticides utilisés et molécules actives, fréquence des traitements). Le niveau de significativité pour les analyses statistiques a été fixé à $\alpha = 0,05$. Tous ces tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R version 4.3.1.

3 Résultats

3.1 Profil des exploitants interrogés

Les 45 cacaopisciculteurs interrogés sont tous des hommes, avec une moyenne d'âge de 51 ans à Bédiala, 48 ans à Méagui et 52 ans à Sinfra (Tab. 1) sans qu'il n'y ait de différence significative entre les régions ($H = 0,51$, $p = 0,77$). La plupart de ces producteurs n'ont pas bénéficié d'une éducation formelle, ce qui se traduit par un taux d'analphabétisme élevé. Quelle que soit la localité, moins de 10 % des cacaopisciculteurs ont fréquenté l'enseignement secondaire. La main-d'œuvre familiale est responsable du travail au sein de leurs exploitations.

3.2 Pratiques phytosanitaires dans les systèmes de production cacaopiscicoles

Les enquêtes menées sur les exploitations ont permis d'identifier trois types de produits agrochimiques utilisés pour l'entretien des cacaoyères et des installations piscicoles, à savoir les herbicides pour lutter contre les adventices, les insecticides pour lutter contre les mirides et les foreurs de tiges, et les fongicides pour lutter contre les champignons responsables de la pourriture brune des cabosses. Les différents types d'itinéraires techniques et des pratiques phytosanitaires associées sont résumées sur la Figure 2 et détaillées dans les sections ci-dessous.

3.2.1 Utilisation des insecticides et fongicides en cacaoculture

Les bioagresseurs tels que les foreurs de tiges, les mirides et les champignons causant la pourriture brune des cabosses sont cités par la majorité des cacaoculteurs de Bédiala (57 %), Sinfra (57 %) et Méagui (100 %) comme les principaux ravageurs de leurs cacaoyères. Le *swollen shoot* n'a pas été rapporté, bien que très vraisemblablement présent. Pour combattre les bioagresseurs, les stratégies diffèrent entre les régions ($\chi^2 = 11,68$, $p < 0,01$). Respectivement 52 %, 83 % et 100 % des cacaopisciculteurs de Bédiala, de Sinfra et Méagui recourent aux insecticides. Entre 1 et 9 traitements par an sont réalisés dans les cacaoyères. Les périodes de traitement se situent généralement entre avril et juin, entre juillet et septembre, et entre octobre et janvier.

La formulation des insecticides utilisés est généralement une combinaison de deux molécules actives, parmi lesquelles l'acétamipride, la bifenthrine et la cyperméthrine sont les plus fréquentes (Tab. 2). Seul un cacaoculteur de Bédiala indique utiliser des fongicides, bien que les champignons responsables de la pourriture brune des cabosses soient présents dans toutes les cacaoyères.

3.2.2 Utilisation des herbicides en cacaopisciculture

Les données issues des enquêtes ont montré que 33 % des producteurs de cacao à Bédiala et Méagui, contre 58 % à Sinfra, utilisent des herbicides à base de glyphosate sans que cette différence soit significative ($\chi^2 = 2,29$, $p = 0,36$). Ces herbicides sont achetés sur le marché local. Les traitements sont effectués par une main-d'œuvre familiale non formée et sans équipement approprié, à tout moment selon la disponibilité des produits et le niveau d'enherbement. Cependant, nos observations montrent que le premier traitement se fait entre mars et avril, et le second entre juillet et août. En outre, bien que les cacaoculteurs affirment enfouir ou incinérer les emballages vides, ces derniers ont été retrouvés abandonnés dans 85 % des cacaoyères visitées.

La majorité des cacaopisciculteurs (96 %) alternent l'utilisation d'herbicides à base de glyphosate, souvent combiné avec du 2.4 D sel d'amine ou du nicosulfuron, avec

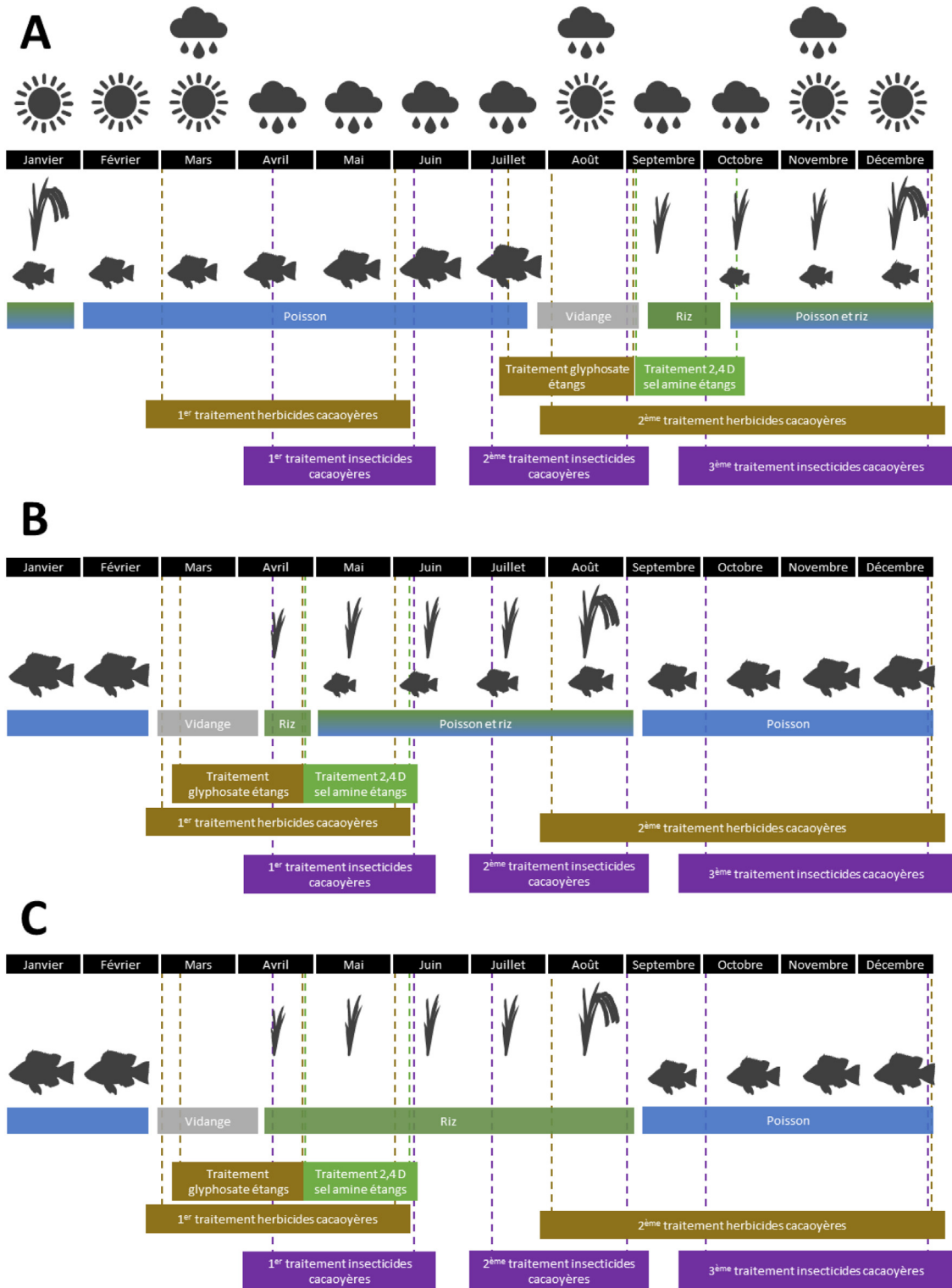


Fig. 2. Itinéraires techniques rizipiscicoles identifiés dans les zones de Bédiala, Méagui et Sinfra. (A) Modèle rizipiscicole associé I : le cycle de production du poisson est superposé à celui du riz avec traitement des étangs en août-septembre ; (B) Modèle rizipiscicole associé II : le cycle de production du poisson est superposé à celui du riz avec traitement des étangs en avril-mai ; et (C) Modèle rizipiscicole alterné : le cycle de production du poisson débute à la fin du cycle du riz.

Fig. 2. Rice-fish farming itineraries identified in the Bédiala, Méagui and Sinfra regions. (A) Combined rice-fish farming model I: the fish production cycle is superimposed on that of rice, with ponds treated in August-September; (B) Combined rice-fish farming model II: the fish production cycle is superimposed on that of rice, with ponds treated in April-May; and (C) Alternating rice-fish farming model: the fish production cycle begins at the end of the rice cycle.

Tableau 2. Liste des pesticides utilisés et leur occurrence sur les sites étudiés. Comme les différentes molécules actives peuvent être combinées dans un même produit commercial ou utilisées en alternance lors d'une même campagne de traitement, la somme des colonnes peut être supérieure à 100 %.

Table 2. List of pesticides used and their occurrence on the sites surveyed. As the various active molecules may be combined in the same commercial product or used alternately during the same treatment campaign, the sum of the columns may exceed 100%.

Type de pesticides	Matières actives	Bédiala (n=21)	Méagui (n=12)	Sinfra (n=12)
Insecticides	Acétamipride	78 %	100 %	100 %
	Bifenthrine	56 %	78 %	80 %
	Cyperméthrine	56 %	44 %	60 %
	Imidaclopride	0 %	33 %	60 %
	Lambda-cyhalothrine	33 %	22 %	40 %
	Thiaméthoxame	33 %	0 %	40 %
Fongicides	Diméthomorphe	11 %	0 %	0 %
	Cymoxanil	11 %	0 %	0 %
	Mancozèbe	11 %	0 %	0 %
	Oxychlorure de cuivre	11 %	0 %	0 %
	Pyraclostrobin	11 %	0 %	0 %

le désherbage à la machette pour le nettoyage des digues sans qu'il n'y ait de distinction entre les régions ($\chi^2=1,17$, $p=0,99$). Certains cacaopisciculteurs (entre 1 et 2 par région) utilisent également des herbicides contenant du chlorure de paraquat malgré son interdiction, arguant qu'ils impactent peu les racines des adventices, et donc limitent l'érosion des digues contrairement au glyphosate. Un quart des cacaopisciculteurs ajustent la concentration finale de matière active dans la solution utilisée pour le désherbage en fonction de l'espèce adventice et de son stade de développement.

Les enquêtes ont également révélé l'utilisation d'herbicides dans la production rizipiscicole, avec différentes approches modulées par les objectifs et les ressources disponibles des cacaopisciculteurs. Une pratique courante consiste, avant le semis du riz, à effectuer un premier traitement avec des herbicides totaux à base de glyphosate ou de chlorure de paraquat pour éliminer les adventices dans la zone amont des étangs. Les grains de riz préalablement prégermés sont ensuite semés à la volée dans la vase des étangs. Pendant la croissance du riz, un second traitement est réalisé avec des herbicides sélectifs à base de 2.4 D sel d'amine, ou propanil associé au triclopyr, pour éliminer les herbes dans les zones non encore inondées. Enfin, une à deux semaines après ce traitement, les étangs sont empoisonnés avec des alevins de tilapia. Cette approche est largement adoptée à Sinfra et Méagui respectivement par 50 % et 56 % des cacaopisciculteurs, tandis que la proportion est significativement plus élevée à Bédiala (90 % ; $\chi^2=12,91$; $p=0,02$).

3.3 Alternatives à l'usage des produits phytosanitaires

3.3.1 Alternative aux insecticides dans les cacaoyères

Pour lutter contre les insectes, les cacaopisciculteurs interrogés n'ont pas développé de véritable alternative. Cependant, certains utilisent des méthodes de lutte mécanique. Par exemple, à Bédiala, un cacaopisciculteur élimine les foreurs de tiges en bouchant les trous qu'ils forent sur les

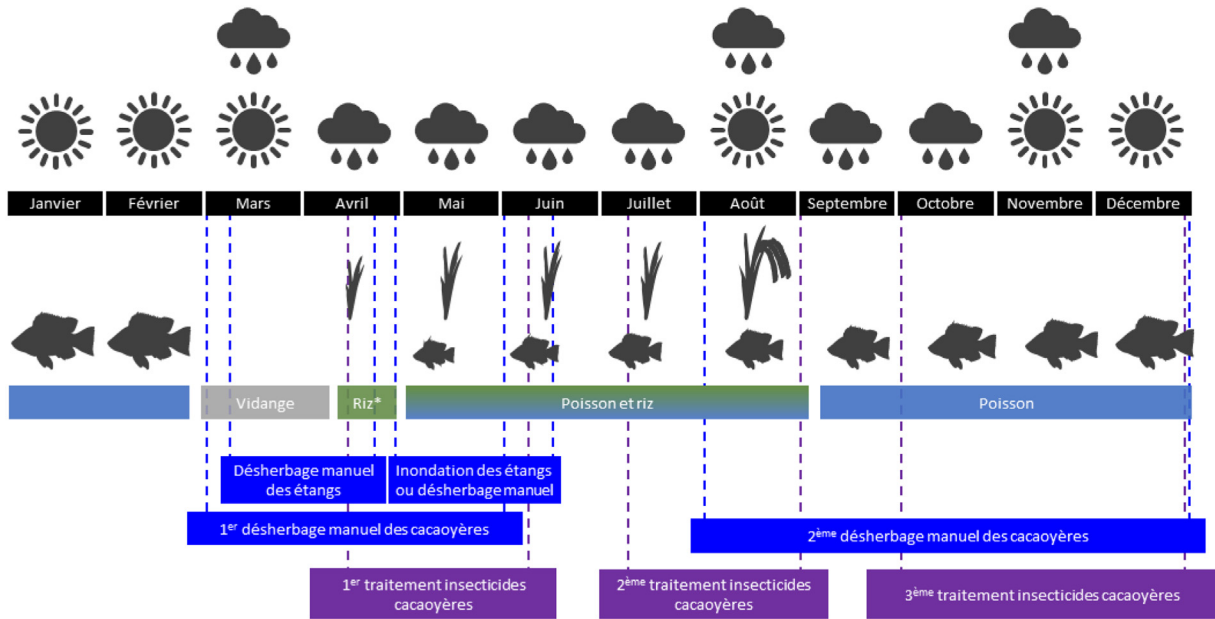
cacaoyers. Il explique sa méthode en disant que l'obstruction des orifices créés sur les cacaoyers permet de tuer les insectes qui s'y trouvent.

3.3.2 Alternative aux herbicides dans les systèmes cacaopiscicoles

Parmi les cacaopisciculteurs interrogés dans cette étude, 43 % ont abandonné complètement l'utilisation des herbicides dans les cacaoyères et ont opté pour le désherbage à la machette. Un cacaoculteur de Bédiala explique ce choix en mettant en avant la mortalité précoce des cacaoyers dans les plantations qui sont régulièrement désherbées avec des herbicides. Par ailleurs, 97 % des cacaopisciculteurs interrogés ont déclaré avoir réduit l'utilisation des herbicides dans leurs cacaoyères. Un cacaoculteur de Méagui qui a fait ce choix avance, là-encore, comme principale raison, la mortalité perçue des plants de cacao.

Concernant les alternatives aux herbicides dans les étangs et sur les digues, diverses approches ont été adoptées par certains cacaopisciculteurs interrogés. Ainsi, trois d'entre-eux préfèrent désormais le désherbage à la machette pour éviter l'érosion accélérée des digues, comme l'explique l'un d'eux qui affirme que l'usage d'herbicides affaiblit les digues, qui ont tendance à se fissurer et s'effondrer. L'un d'eux a également planté de la patate douce comme plante de couverture pour contrôler les mauvaises herbes et empêcher l'érosion des digues.

Une autre approche alternative identifiée auprès d'un cacaopisciculteur pratiquant la rizipisciculture à Bédiala est l'usage d'une méthode anticipative en créant, à proximité des étangs, des pépinières de riz. Ainsi, juste après la vidange de l'étang, il repique le riz dans la vase et augmente progressivement le niveau d'eau de l'étang à l'aide de batardeaux pour éliminer les adventices. Lorsque le niveau d'eau atteint 40 cm, il introduit les tilapias (Fig. 3). Cette approche permet de contrôler rapidement la croissance des adventices et d'éliminer manuellement les quelques adventices résiduelles. Ce choix est justifié par la mortalité observée chez les poissons, qui était associée, selon ce cacaopisciculteur, aux herbicides chimiques autrefois utilisés pour le désherbage.



* Les plants de riz utilisés sont issus de pépinières situées à proximité des étangs

Fig. 3. Itinéraire technique rizipiscicole sans usage d’herbicide.
 Fig. 3. Herbicide-free rice-fish farming itinerary.

3.4 Aménagements fonciers pour réduire l’exposition des étangs aux pesticides

Dans 82 % des fermes piscicoles étudiées, les étangs sont adjacents aux cacaoyères, ce qui expose les poissons à un risque de contamination par les eaux de ruissellement lors des périodes pluvieuses. Pour prévenir cette contamination, deux pisciculteurs ont eu l’idée de creuser des canaux de dérivation pour isoler leurs étangs des cacaoyères. Selon un cacaopisciculteur de Bédiala, cette mesure lui a permis d’éviter les épizooties qui ont touché d’autres fermes de la région en 2021 et qui n’ont pas été caractérisées.

Le fils d’un pisciculteur a mentionné qu’il avait été encouragé par son père à laisser une bande de forêt intacte, permettant, selon lui, d’empêcher les produits chimiques utilisés dans les cacaoyères de contaminer les étangs. Un autre paysan a également souligné l’importance de cette pratique pour protéger les étangs piscicoles des effets néfastes des produits chimiques utilisés dans les plantations de cacao.

4 Discussion

4.1 Analyse des alternatives aux pesticides

Nos enquêtes révèlent que certains cacaopisciculteurs abandonnent les herbicides pour le désherbage manuel, en raison des effets néfastes observés sur les plants de cacao. Des études récentes montrent que des herbicides comme le glyphosate diminuent la teneur en chlorophylle, ralentissent la croissance des cacaoyers et augmentent leur mortalité (Adu-Yeboah *et al.*, 2023). Le désherbage manuel est également perçu comme une méthode qui préserve l’activité piscicole. L’utilisation d’herbicides expose les sols à l’érosion, fragilisant les digues des étangs. Roose et Lelong (1976)

estiment que le dénudement complet du sol peut multiplier par 20 à 50 les pertes de terre par ruissellement. Cette érosion peut entraîner des ruptures de digues pendant la saison des pluies, augmentant les coûts de réparation ou conduisant à l’abandon des étangs (Milon, 2023). L’érosion peut aussi provoquer des pertes d’eau par infiltration à travers les digues, impactant les récoltes en saison sèche (Niamien *et al.*, 2017).

Pour réduire les coûts d’entretien, certains cacaoculteurs utilisent des plantes de couverture pour limiter la prolifération des adventices et valoriser les digues. Par exemple, Ruf *et al.* (2019) décrivent l’utilisation de l’anacarde pour créer de l’ombrage dans les cacaoyères, réduisant ainsi la dépendance aux herbicides tout en diversifiant les revenus. Cette méthode est étendue aux digues des étangs piscicoles, où des cacaopisciculteurs cultivent des légumes et de la patate douce. La culture sur digues est une pratique ancestrale en Asie. Par exemple, des arbres fruitiers tels que les bananiers peuvent être plantés sur les digues. Si celles-ci sont, en plus, utilisées pour l’élevage de volailles, le recyclage des nutriments s’avère d’autant plus efficace. Les déjections des volailles servent de fertilisant aux arbres et, par lessivage, aux étangs piscicoles (Symoens et Micha, 1995). En Chine, la culture de mûriers sur des digues d’étangs de poissons nourrit des vers à soie dont les déjections servent de nourriture aux poissons (Guo, 2015). Ces systèmes intégrés permettent une meilleure utilisation des ressources et renforcent la résilience des exploitations. Plusieurs études montrent que ces pratiques peuvent être des réponses adaptées au changement climatique (Mishra *et al.*, 2024 ; Freed *et al.*, 2020).

Nos enquêtes montrent également une adaptation récente des pratiques en rizipisciculture, visant à se passer d’herbicides en réponse aux mortalités de poissons dans la région de Sinfra et Méagui. Certains cacaopisciculteurs suspectent les pesticides d’être à l’origine de ces mortalités. Bien que des études

spécifiques soient encore nécessaires, des recherches antérieures montrent que certaines molécules d'insecticides (cyperméthrine, deltaméthrine, chlorpyrifos) et d'herbicides (malathion, glyphosate) sont associées à des taux élevés de mortalité des poissons (Ray *et al.*, 2012).

Les pesticides comme le glyphosate peuvent affecter la production primaire des étangs et perturber l'apport en nourriture des poissons (Uddin *et al.*, 2016). Ils impactent aussi la physiologie et la santé des poissons, réduisant les performances zootechniques. Par exemple, des études sur le tilapia du Nil montrent que des molécules comme le glyphosate et le 2,4-D diméthylammonium diminuent les érythrocytes, les protéines sériques et l'hémoglobine, même à faible concentration (Thanomsit *et al.*, 2024). Ces altérations conduisent à une diminution du poids corporel et à un risque accru de mortalité (Muhammad *et al.*, 2021).

L'adoption de pratiques de rizipisciculture sans herbicide réduit non seulement l'usage de produits phytosanitaires, mais semble prometteuse pour améliorer les performances des exploitations cacaopiscicoles en permettant, potentiellement, de minimiser les risques de perte de poissons. Berg et Tam (2018) ont relevé des avantages similaires en comparant des rizipiscicultures à faible ou à fort usage de pesticides au Vietnam. Toutefois, il serait nécessaire de suivre les évolutions récentes de la rizipisciculture en Côte d'Ivoire pour évaluer les conséquences à plus long terme des changements de pratiques.

Les résultats de notre étude montrent que les alternatives à l'utilisation des pesticides concernent principalement les herbicides, bien que certains cacaopisciculteurs aient mentionné recourir à une méthode de lutte mécanique pour réduire l'usage des insecticides. D'autres méthodes alternatives de gestion des bioagresseurs, telles que l'utilisation d'extraits végétaux, existent également (Mahob *et al.*, 2021 ; Coulibaly *et al.*, 2002). Cependant, malgré les efforts des organisations gouvernementales et non gouvernementales pour promouvoir ces approches, leur adoption reste faible en Afrique de l'Ouest, comme l'ont souligné Miyittah *et al.* (2022) pour le Ghana, ce qui suggère un transfert insuffisant d'information vers les producteurs.

4.2 Leviers pour une plus large adoption des pratiques agroécologiques

Malgré les avantages du désherbage manuel, les herbicides restent largement utilisés par les cacaopisciculteurs. La difficulté à recruter de la main-d'œuvre et la pénibilité du désherbage manuel sont des obstacles majeurs. Le manque de main-d'œuvre est souvent cité comme la raison principale du maintien des produits phytosanitaires pour l'entretien des cacaoyères (Konlan *et al.*, 2019 ; Gnagne *et al.*, 2019). La rentabilité économique est également importante : à court terme, les pesticides sont moins coûteux en raison des frais élevés de main-d'œuvre et du coût d'opportunité. Par exemple, Konlan *et al.* (2019) ont estimé que l'usage d'herbicides est 50 % moins coûteux que le désherbage manuel, et Ruf *et al.* (2013) montrent que l'abandon des herbicides pourrait multiplier par 10 le temps de désherbage par hectare. Des recherches menées par Etse *et al.* (2014) confirment que les choix des agriculteurs sont souvent motivés par des

considérations économiques plutôt que par les impacts environnementaux et sanitaires.

Les cacaopisciculteurs tendent à minimiser les risques associés aux pesticides, rarement conscients des effets délétères sur l'écosystème et la santé humaine, qui peuvent apparaître longtemps après leur utilisation (Gohourou, 2020). Cette méconnaissance des risques à long terme, combinée à une absence de protection adaptée et aux risques indirects liés à la consommation d'aliments contaminés, empêche une meilleure évaluation des dangers par les cacaopisciculteurs.

Le retour d'expérience des acaopisciculteurs après l'utilisation des pesticides est crucial pour changer cette perception. La co-construction de pratiques agroécologiques adaptées aux contraintes locales et un changement de perception parmi les cacaopisciculteurs pourraient conduire à une intensification agroécologique à grande échelle, comme le montre la polyculture du tilapia et du riz (Lethimonnier *et al.*, 2022). Cette évolution pourrait améliorer la santé environnementale à l'échelle des territoires. Par exemple, des images satellitaires de Bédiala en 2014 montrent 318 étangs aménagés sur 123 hectares. La densification des étangs dans cette région suggère que l'adoption de pratiques agroécologiques liées à la pisciculture pourrait améliorer la gestion des eaux et filtrer les polluants. En effet, les travaux de Gaillard (2014) ont montré que la charge en pesticides est réduite de 10 à 100 % entre l'entrée et la sortie de l'étang. Cette rétention des polluants par les étangs piscicoles permet d'enrichir la biodiversité, contribuant ainsi à la qualité du réseau hydrographique du territoire.

5 Conclusion

Cette étude met en lumière les alternatives aux pesticides dans les systèmes cacaopiscicoles, telles que le désherbage manuel, les plantes de couverture et la rizipisciculture. Ces pratiques permettent de réduire l'usage de produits chimiques tout en maintenant la productivité des exploitations et la santé des écosystèmes aquatiques. Pour favoriser une adoption généralisée, il faut considérer les défis socio-économiques des agriculteurs, comme la disponibilité de la main-d'œuvre, les coûts de production et les risques perçus des pesticides. Des incitations financières, des programmes de formation et de sensibilisation, ainsi qu'un soutien technique peuvent être nécessaires pour encourager ces pratiques.

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements à Juliette Gaillard, docteur en écotoxicologie, pour ses conseils tout au long du travail d'enquête auprès des cacaopisciculteurs. Son expertise a grandement enrichi la qualité de notre recherche et de notre article.

Cette étude sur les alternatives à l'usage des pesticides en cacaopisciculture a été conduite dans le cadre du projet Cocoa4Future (C4F), qui bénéficie d'un financement de l'Initiative européenne DeSIRA au titre de la convention de subvention n° FOOD/2019/412-132 et de l'Agence française de développement. Le projet C4F fédère de multiples compétences pour répondre aux enjeux de développement de la cacaoculture d'Afrique de l'Ouest. Il rassemble de nombreux partenaires qui ont pour ambition partagée d'œuvrer

pour remettre l'humain et l'environnement au cœur de la cacao-culture de demain. Il s'agit de la publication ISEM2024-227.

Références

- Adu-Yeboah P, Lowor ST, Segbefia MA, Konlan S, Pobee P. 2023. Physiological and growth responses of cacao to glyphosate exposure. *Journal of Environmental Science and Health* 58(2): 91–99. <https://doi.org/10.1080/03601234.2023.2169523>.
- Akpo SK, Coulibaly LS, Kamagate M, Kouadio AK, Eba GM, Coulibaly L. 2021. Assessment and spatial modeling of diffuse pollution pesticide risk from cocoa-growing areas: Case of the Houda upstream watershed, Côte d'Ivoire. *Journal of Materials and Environmental Science* 12(9): 1191–1208.
- Amian AF, Wandan EN, Blé MC, Vanga AF, Assi Kaudhjis JP. 2017. Étude des déterminants socio-économiques et techniques de la pisciculture extensive en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* 13(6): 389–409. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p389>.
- Banque mondiale. 2019. Situation économique en Côte d'Ivoire : au pays du Cacao. Comment transformer la Côte d'Ivoire. Abidjan (Côte d'Ivoire): Groupe de la Banque Mondiale, 64 p.
- Barima YSS, Konan GD, Kouakou ATM, Bogaert J. 2020. Cocoa production and forest dynamics in Côte d'Ivoire from 1985 to 2019. *Land* 9(524): 1–22. <https://doi.org/10.3390/land9120524>.
- Berg H, Tam NT. 2018. Decreased use of pesticides for increased yields of rice and fish-options for sustainable food production in the Mekong Delta. *Science of The Total Environment* 619-620: 319–327. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.062>.
- Brou YT, Akindès F, Oswald J, Bigot S, Servat E. 2004. Récession pluviométrique et mutations socio-économiques en Côte d'Ivoire. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie* 17: 131–134.
- Cote FX, Poirier-Magona E, Perret S, Rapidel B, Roudier P, Thirion MC. 2018. La transition agro-écologique des agricultures du Sud. Versailles (France): Éditions Quæ, 368 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2824-9>.
- Coulibaly O, Mbila D, Sonwa DJ, Adesina A, Bakala J. 2002. Responding to economic crisis in sub-Saharan Africa: New farmer-developed pest management strategies in cocoa-based plantations in Southern Cameroon. *Integrated Pest Management Reviews* 7: 165–172. <https://doi.org/10.1023/B:IPMR.0000027500.24459.fe>.
- Etse K, Kanda M, Akpavi S, Wala K, Batawila K, Akpagana K. 2014. Apparition d'un commerce informel de produits phytosanitaires dans le sud-ouest du Togo. *European Scientific Journal* 10(6): 271–283. <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n6p%0>.
- FAO. 2023. FishStatJ: Software for fishery statistical time series. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Freed S, Barman B, Dubois M, Flor RJ, Funge-Smith S, Gregory R, *et al.* 2020. Maintaining diversity of integrated rice and fish production confers adaptability of food systems to global change. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4: 576179. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.576179>.
- Gaillard J. 2014. Rôle des étangs de barrage à vocation piscicole dans la dynamique des micropolluants en têtes de bassins versants. Sciences agricoles. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, 227 p.
- García-Villanueva LA, Cuapio-Ortega VH, Henández-Paniagua IY, Fernández-Villagómez G, Rodrigo-Ilarri J., Rodrigo-Clavero ME, *et al.* 2023. Effects of glyphosate on the environment and human health. *Nature Environnement et Technologie de la Pollution* 23(1): 17–32. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i01.002>.
- Gnagne AAGB, Kouadio AI, Affourmou K, Yao BL, Sanogo M. 2019. State of play in the use and management of pesticides and risk of contamination of fish ponds in agricultural production areas in Côte d'Ivoire: Case of the departments of Agboville and Soubré. *Journal of Faculty of Food Engineering* 15(3): 246–257.
- Gohourou F. 2020. Populations locales et stratégies de développement de l'économie agricole à Bonon (Centre-Ouest ivoirien). *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes* 9: 98–113.
- Guo S. 2015. The research into the world heritage value and tourism development of Dike-Pond agriculture in the pearl river delta. In : Zeng G, ed. *Tourism and Hospitality Development Between China and EU*. Berlin (Germany): Springer, pp. 111–127. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35910-1_9.
- Hanquiez I, Oswald M. 2009. Développer la pisciculture en Afrique tropicale humide pour renforcer la sécurité alimentaire. *Grain de sel* 46-47: 28–29.
- ICCO. 2023. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. L, No.1, Cocoa year 2023/24. Abidjan (Ivory Coast): International Cocoa Organisation.
- Kamagaté B, Ouattara NI, Zéa Bi UC, Pèlèbè ROE. 2021. Socio-economic study of rice-fish farming in the region of upper Sassandra (Côte d'Ivoire). *Moroccan Journal of Agricultural Sciences* 2(1): 45–51.
- Kimou NB, Koumi RA, Koffi MK, Atsé CB, Ouattara IN, Kouamé PL. 2016. Utilisation des sous-produits agroalimentaires dans l'alimentation des poissons d'élevage en Côte d'Ivoire. *Cahiers Agricultures* 25: 25006. <https://doi.org/10.1051/cagri/2016012>.
- Konate Z, Assiri AA, Messoum FG, Sekou A, Camara M, Yao-Kouamé A. 2016. Identification de quelques contraintes paysannes en replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire. *Revue CAMES-Science de la vie, de la terre et agronomie* 4(2): 51–57.
- Konlan S, Quaye AK, Pobee P, Amon-Armah F, Dogbatse JA, Arthur A, *et al.* 2019. Effect of weed management with glyphosate on growth and early yield of young cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Ghana. *African Journal of Agricultural Research* 14(28): 1229–1238. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13555>.
- Kouadio A, Pepey E, Niamien KHJ, Fertin L, Pouil S, Canonne M, *et al.* 2023. Fish farming as a way for diversifying sources of income in the cocoa sector in Côte d'Ivoire. Montpellier: Proceedings of the International Symposium on Cocoa Research 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10214095>.
- Kouakou K, Kébé BI, Kouassi N, Ake S, Cilas C, Muller E. 2012. Geographical distribution of Cacao swollen shoot virus molecular variability in Côte d'Ivoire. *Plant disease* 96(10): 1445–1450. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-11-0749-RE>.
- Kouassi KE. 2021. Menaces sur l'avenir du cacao ivoirien. *Revue des Études Multidisciplinaires en Sciences Économiques et Sociales* 6 (3): 103–120.
- Lethimonnier D, Bent B, Mikolase O, Oswald M. 2022. Case study of innovations in commercial West African family fish farming that led to an ecological intensification. *Aquatic Living Resources* 35 (6): 1–11. <https://doi.org/10.1051/alr/2022006>.
- Mahob RJ, Taliedje DM, Mahot HC, Mama Ngah I, Eteme Enama S, Cilas C, *et al.* 2021. Biocontrol of the brown cocoa mirids using neem oil and an ethanolic extract from neem under laboratory conditions. *African Entomology* 29(2): 507–521. <https://doi.org/10.4001/003.029.0507>.
- Milon L. 2023. Développement territorial de la pisciculture et appuis socio-techniques des projets de développement : analyse compa-

- native dans trois villages des préfectures de N’Zérékoré et Yomou. Montpellier (France): Institut Agro Montpellier, 150 p.
- MIRAH. 2014. Plan stratégique de développement de l’élevage, de la pêche et de l’aquaculture en Côte d’Ivoire (PSDEPA 2014-2020). Tome I: Diagnostic – Stratégie de développement – Orientations. Abidjan (Côte d’Ivoire): Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, 102 p.
- Mishra A, Kumar R, Maryam M. 2023. Climate-resilient agriculture system: An approach to integrated farming system (IFS). In : Kumar M, Kumar R, Singh VP, eds. *Advances in water management under climate change*. Boca Raton (USA): CRC Press, pp. 66–78. <https://doi.org/10.1201/9781003351672-5>.
- Miyittah MK, Kosivi RK, Tulashi SK, Addi MN, Tawiah JY. 2022. The need for alternative pest management methods to mitigate risks among cocoa farmers in the Volta region, Ghana. *Heliyon* 8(12): e12591. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12591>.
- Muhammad UA, Yasid NA, Daud HM, Shukur MY. 2021. Glyphosate herbicide induces changes in the growth pattern and somatic indices of crossbred red tilapia (*O. niloticus* × *O. mossambicus*). *Animals* 11: 1–13. <https://doi.org/10.3390/ani11051209>.
- Niamien KHJ. 2020. Développement de la pisciculture paysanne dans le quart sud-ouest ivoirien : enjeux d’une mobilisation institutionnelle. *GéoVision* 1: 162–175.
- Niamien KHJ, Koffi GY, Kouassi K, Assi-Kaudjhis JP. 2017. Productivité piscicole, résilience climatique et sécurité alimentaire dans le Centre-Ouest de la Côte d’Ivoire. *Annales de l’Université de Parakou : Série Sciences Naturelles et Agronomie* 1: 43–50.
- Oswald M. 2015. Extensive fish farming, a complementary diversification of plantation economies. In : Ruf F, Schroth G, eds. *Economics and ecology of diversification*. Dordrecht (The Netherlands): Springer, pp. 201–224. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7294-5_9.
- Pokou ND, N’Goran JA, Kébé I, Eske A., Tahi M, Sangaré A. 2008. Levels of resistance to Phytophthora pod rot in cocoa accessions selected on-farm in Côte d’Ivoire. *Crop protection* 27(3-5): 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.07.012>.
- Ray BP, Baten MA, Saha MK. 2012. Effects of some selected pesticides on the mortality of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Biological and Chemical Research* 29(2): 189–205.
- Roose E, Lelong F. 1976. Les facteurs de l’érosion hydrique en Afrique tropicale. Études sur petites parcelles expérimentales de sol. *Revue de géographie physique et de géologie dynamique* 18: 365–374.
- Ruf F, Lemeilleur S, N’Dao Y. 2013. Certification du cacao, stratégie à hauts risques. [2024/04/25]. https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/Certification_du_cacao_Ruf_juin2013.pdf.
- Ruf F, Kone S, Bebo B. 2019. Le boom de l’anacarde en Côte d’Ivoire : transition écologique et sociale des systèmes à base de coton et de cacao. *Cahiers Agricultures* 28(21): 1–12. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019019>.
- Ruf F. 2009. Libéralisation, cycles politiques et cycles du cacao : le décalage historique en Côte d’Ivoire-Ghana. *Cahiers Agricultures* 14(5): 343–349. <https://doi.org/10.1684/agr.2009.0317>.
- Symoens JJ, Micha JC. 1995. L’aménagement des écosystèmes agropiscicoles d’eau douce en milieu tropical. Wageningen (The Netherlands): Centre Technique de coopération agricole et rurale, 633 p.
- Tano AM. 2012. Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Meadji au Sud-Ouest ivoirien. Toulouse (France): Université Toulouse le Mirail Toulouse II, 261 p.
- Thanomsit C, Prang Khanchanasal P, Prasatkaew W, Nanuam J, Meemon P, Amnuay W, *et al.* 2023. Adverse effects of 2,4-D dimethylammonium based-herbicide on Acetylcholinesterase expression in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Toxicology and Pharmacology* 106: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104383>.
- Uddin MH, Shahjahan M, Amin AKM, Haque MM, Islam MA, Azim ME. 2016. Impacts of organophosphate pesticide, sumithion on water quality and benthic invertebrates in aquaculture ponds. *Aquaculture Reports* 3: 88–92. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.01.002>.

Citation de l’article : Kouadio A, Pepéy É, Boussou C, Brou S, Fertin L, Pouil S. 2024. Leviers de substitution à l’usage de pesticides dans les systèmes cacaopiscicoles intégrés en Côte d’Ivoire. *Cah. Agric.* 33: 30. <https://doi.org/10.1051/cagri/2024027>