

Du chimique au biocontrôle en agriculture: panorama mondial et perspectives africaines

From chemicals to biocontrol in agriculture: a global overview and African perspectives

Rachid AZENZEM¹

¹ Centre régional de recherche agronomique de Tanger, Institut national de la recherche agronomique, Avenue Ennasr, BP 415 Rabat Principale, 10090 Rabat, Maroc, rachid.azenzem@inra.ma / r.azenzem@gmail.com

RÉSUMÉ. Face aux conséquences néfastes de l'usage intensif des pesticides chimiques, les biopesticides émergent progressivement comme une solution prometteuse pour la gestion des stress biotiques en agriculture. Cet article dresse un panorama global de l'usage des pesticides et de l'essor des biopesticides, avec une attention particulière portée au contexte africain. L'analyse de données récentes révèle de fortes disparités régionales : les Amériques, l'Europe et certaines régions d'Asie dominent à la fois en termes de volumes de pesticides consommés et de nombre de produits de biocontrôle enregistrés. En revanche, l'Afrique se caractérise par une utilisation relativement faible de pesticides chimiques, avec une moyenne de seulement 0,7 kg/ha en 2023. Parallèlement, plusieurs pays africains enregistrent des avancées notables en matière de biocontrôle. L'article examine les principaux déterminants de ces dynamiques et identifie les leviers à mobiliser pour favoriser le développement du biocontrôle sur le continent.

ABSTRACT. Due to the negative impacts associated with intensive use of chemical pesticides, biopesticides are gradually gaining recognition as a sustainable and effective alternative for managing biotic stresses in agriculture. This article provides a global overview of pesticide usage alongside the rising trend of biopesticides, with a special emphasis on Africa. Recent data analysis reveals significant regional disparities: the Americas, Europe, and certain Asian regions lead in both pesticide consumption and the number of registered biopesticide products. Conversely, Africa exhibits relatively low chemical pesticide use, averaging just 0.7 kg/ha in 2023. Meanwhile, several African countries are showing promising advancements in the adoption of biocontrol methods. The article explores the key factors driving these trends and identifies levers to promote the development of biocontrol across the continent.

MOTS-CLÉS. Biopesticides, Agriculture durable, Biointrants, Afrique, Protection phytosanitaire, Pesticides.

KEYWORDS. Biopesticides, Sustainable agriculture, Bio-inputs, Africa, Plant protection, Pesticides

1. Introduction

Depuis l'essor de l'agriculture moderne, les pesticides chimiques constituent un pilier fondamental des méthodes de protection des cultures contre les dégâts causés par les adventices, les ravageurs et les agents pathogènes. Leur contribution à l'augmentation de la productivité, à la satisfaction des besoins alimentaires et à la sécurisation des moyens de subsistance des agriculteurs est largement reconnue [SCH 12]. Cependant, leur utilisation intensive peut avoir des effets néfastes sur l'environnement et sur les organismes non ciblés, et entraîner des problèmes tels que le développement de résistances chez les insectes ou la présence de résidus toxiques dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux [KUM 15].

Ces dernières années, des efforts considérables ont été déployés pour développer des alternatives dans le cadre d'une agriculture durable, visant à maximiser la production malgré la raréfaction des ressources naturelles, tout en limitant les impacts environnementaux. Dans cette optique, les biopesticides apparaissent comme une solution prometteuse pour la gestion des stress biotiques en santé végétale. Il s'agit d'organismes vivants ou de substances naturelles utilisant divers mécanismes pour contrôler ou éliminer les ravageurs et les agents phytopathogènes. Leur popularité ne cesse de croître à l'échelle mondiale, en raison de leurs effets supposés moindres sur l'environnement et la santé humaine, de leur biodégradabilité et de leur compatibilité avec les approches de lutte intégrée contre les nuisibles.

Or, malgré l'intérêt croissant pour les biopesticides, plusieurs défis persistent et freinent leur adoption généralisée. Dans ce contexte, les taux et les rythmes d'adoption restent encore limités à l'échelle mondiale et présentent d'importantes variations en fonction des régions.

En Afrique notamment, le marché des biopesticides est encore balbutiant, bien qu'il ait connu une croissance notable ces dernières années. Si certains pays africains enregistrent des progrès significatifs dans le développement et l'utilisation de produits biopesticides, les informations restent limitées pour de nombreux autres. L'absence de données consolidées sur les tendances d'usage de ces produits freine la compréhension des dynamiques en cours et complique l'identification des leviers d'action nécessaires pour accompagner efficacement la transition vers des pratiques phytosanitaires durables.

Cet article commence par une présentation des pesticides chimiques et des biopesticides, intégrant leurs définitions, classifications et un aperçu historique de leur développement. Il dresse ensuite un état des lieux des avantages et des limites propres à chacune de ces deux catégories. Par la suite, il propose une analyse des tendances mondiales de consommation des pesticides. Enfin, un focus spécifique est consacré aux dynamiques africaines en matière d'usage des produits phytosanitaires et des niveaux d'enregistrement des solutions de biocontrôle.

2. Pesticides versus biopesticides : état des faits et de la littérature

Les pesticides, au sens large, désignent toute substance ou mélange de substances, utilisée pour repousser, tuer ou contrôler des organismes susceptibles de nuire aux cultures, aux denrées stockées ou à l'environnement agricole. Selon la FAO, ils incluent également des régulateurs de croissance des plantes, des défoliants, ou des substances appliquées après récolte pour éviter la détérioration des produits agricoles [FAO 90] [BAR 94]. On distingue plusieurs formes de classification : par fonction (insecticides, herbicides, fongicides, etc.), par structure chimique (organochlorés, carbamates, néonicotinoïdes, etc.), par mode d'action (inhibiteurs enzymatiques, modulateurs nerveux, etc.) et par origine (synthétique ou naturelle) [ABU 20]. C'est selon ce dernier critère que l'on oppose généralement les pesticides chimiques de synthèse aux biopesticides.

2.1 Les pesticides chimiques

2.1.1. Présentation

Les pesticides chimiques désignent un ensemble de substances synthétiques élaborées pour lutter contre des organismes nuisibles susceptibles de compromettre la production agricole. Ces nuisibles incluent aussi bien les insectes, les champignons, les mauvaises herbes, les bactéries, les virus que certains vertébrés ou invertébrés. Le recours à ces produits vise à limiter les pertes de rendement, à garantir la qualité des récoltes, et à sécuriser les chaînes d'approvisionnement alimentaire.

Les pesticides chimiques sont classés selon leur usage spécifique en herbicides (contre les mauvaises herbes), insecticides (contre les insectes), acaricides (contre les acariens), termiticides (contre les termites), fongicides (contre les champignons), bactéricides (contre les bactéries), rodenticides (contre les rongeurs), molluscicides (contre les mollusques), nématicides (contre les nématodes), parmi d'autres [ANA 19]. Les pesticides de synthèse peuvent être aussi classés selon leur structure chimique en différentes grandes familles, parmi lesquelles figurent les organochlorés, organophosphorés, carbamates, pyréthriinoïdes, néonicotinoïdes, triazines, dithiocarbamates [BOR 18].

L'utilisation des pesticides chimiques a véritablement pris son essor au cours du XXe siècle, notamment après la découverte des propriétés insecticides du DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) en 1939. Le DDT s'est révélé extrêmement efficace contre les insectes vecteurs de maladies (comme le paludisme) et contre les ravageurs agricoles, marquant le début d'un recours massif aux pesticides de synthèse. Cette période, intensifiée après la Seconde Guerre mondiale, a coïncidé avec la Révolution verte, durant laquelle les produits phytosanitaires chimiques ont contribué à l'augmentation spectaculaire des rendements agricoles. Toutefois, dès les années 1960, les impacts environnementaux et sanitaires de ces substances ont été dénoncés. Aujourd'hui, bien qu'ils restent au cœur des pratiques agricoles conventionnelles, leur usage est de plus en plus remis en question en raison des risques écotoxicologiques, du développement de résistances chez les ravageurs et des préoccupations croissantes en matière de santé publique [HAS 20]. Cela a ouvert la voie à des approches alternatives, comme la lutte intégrée et les biopesticides.

2.1.2. Impacts de l'usage des pesticides chimiques

L'utilisation des pesticides chimiques en agriculture moderne a permis des avancées considérables, mais elle soulève également de nombreuses préoccupations. Dans un contexte de forte croissance démographique mondiale, la nécessité d'assurer la sécurité alimentaire impose une augmentation continue de la production agricole. Or, l'un des principaux obstacles à cette productivité reste les pertes dues aux bioagresseurs : on estime que plus de 9 000 espèces d'insectes et d'acariens, 50 000 maladies des plantes et 8 000 espèces de mauvaises herbes affectent les cultures dans le monde [ZHA 11]. Les insectes ravageurs sont responsables de 14 % des pertes agricoles, les maladies des plantes de 13 %, et les mauvaises herbes également de 13 % [PIM 09]. En l'absence de traitement pesticide, les pertes dues aux insectes ravageurs pourraient atteindre jusqu'à 78 % pour les cultures fruitières, 54 % pour les légumes et 32 % pour les céréales [CAI 08]. Toutefois, l'application d'insecticides permettrait de limiter ces pertes, avec une réduction estimée entre 35 et 42 % [PIM 97]. Aux États-Unis, par exemple, 80 % des cultures de fruits et légumes reçoivent des traitements fongicides, ce qui permettrait, dans le cas de la pomme, un gain économique estimé à plus de 1,2 milliard de dollars [ZHA 11]. De plus, l'absence de pesticides entraînerait une baisse de 27 % des exportations de cultures clés comme le coton, le blé ou le soja [ZHA 11].

Sur le plan économique, ces produits ont permis d'augmenter significativement les rendements agricoles, de stabiliser les productions et de réduire les pertes post-récolte dues aux bioagresseurs. Leur efficacité rapide, leur accessibilité sur le marché et leur facilité d'utilisation ont contribué à leur adoption massive. Cela se traduit, à court terme, par une amélioration des revenus des agriculteurs et par une sécurité accrue de l'approvisionnement alimentaire [COO 07] [AGB 22]. Toutefois, ces bénéfices sont contrebalancés par plusieurs inconvénients : coûts élevés d'achat et de ré-application, dépendance croissante des producteurs à l'égard des intrants chimiques, apparition de résistances chez les bioagresseurs, et coûts indirects liés à la gestion des externalités négatives [PIM 05].

Sur le plan social, les pesticides chimiques ont contribué à renforcer la sécurité alimentaire mondiale, en assurant une disponibilité plus constante des denrées agricoles et en permettant de nourrir une population mondiale croissante. Ils ont permis de réduire les famines dans certaines régions, stabilisé les prix agricoles, et facilité le développement de chaînes d'approvisionnement agroalimentaires à grande échelle. En outre, l'amélioration des rendements a souvent permis d'accroître les revenus agricoles dans certaines régions et de stimuler l'emploi rural [COO 07]. Néanmoins, l'exposition chronique ou accidentelle à ces substances représente une menace pour la santé des travailleurs agricoles, des riverains et des consommateurs [CUR 20].

Sur le plan écologique, les pesticides chimiques ont initialement permis de préserver les cultures face aux pressions biologiques [COO 07]. Mais leur usage intensif et souvent mal maîtrisé peut engendrer des dommages majeurs aux écosystèmes : contamination des sols et des nappes phréatiques, mortalité des espèces non ciblées (pollinisateurs, oiseaux, microfaune du sol), appauvrissement de la biodiversité, et déséquilibres dans les chaînes alimentaires. De plus, la persistance de certains composés dans l'environnement favorise leur bioaccumulation et leur transfert dans les réseaux trophiques [AYI 23]. Par exemple, une part importante des pesticides appliqués est perdue dans l'environnement, notamment par dérive de pulvérisation, dépôt hors cible, ruissellement ou photodégradation. Ces pertes involontaires peuvent avoir des conséquences négatives sur les espèces non ciblées et perturber les écosystèmes dans leur ensemble [DAR 23].

2.2 Les biopesticides

2.2.1. Présentation

Avant d'aborder spécifiquement les biopesticides, il est important de replacer leur utilisation dans le cadre plus large des approches de protection des cultures fondées sur la lutte biologique et le biocontrôle. La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivants (prédateurs, parasitoïdes, micro-organismes) pour réguler les populations des nuisibles de manière naturelle et durable. Le biocontrôle, concept plus récent, élargit cette approche en intégrant également des substances naturelles ou d'origine biologique utilisées pour prévenir ou réduire les dommages causés par les bioagresseurs [DEG 23]. Dans certains pays, à l'instar de la France, il fait l'objet d'une définition stricte centrée autour de quatre catégories d'intrants : les macroorganismes utiles dans la lutte contre les ravageurs de culture, les solutions de protections des plantes à base de micro-organismes, celles à base de substances dites « naturelles », et les médiateurs chimiques (en particulier les phéromones pour la confusion sexuelle) [AUL 17].

Bien que les deux notions soient souvent confondues, elles se distinguent par leur nature : la lutte biologique désigne avant tout une stratégie écologique, tandis que le biocontrôle se réfère davantage à un ensemble de produits et d'agents mobilisés pour la protection des cultures.

La notion de biopesticides chevauche en partie celle de biocontrôle, et désigne généralement des agents de protection des plantes issus de sources naturelles destinés à lutter contre les bioagresseurs (insectes, champignons, bactéries, virus, mauvaises herbes). Ils sont considérés par différents acteurs comme un levier majeur pour réduire l'usage des pesticides chimiques et leurs effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine.

Selon l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) des États-Unis, ils désignent des pesticides élaborés à partir de substances naturelles telles que des animaux, des plantes, des bactéries ou certains minéraux [LEA 14]. De son côté, l'Agence européenne pour l'environnement (EEA) considère les biopesticides comme des agents biologiques naturels agissant spécifiquement sur les organismes nuisibles en produisant des effets biologiques ciblés, plutôt qu'une action de type toxique chimique [EEA 25]. La FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) et l'OMS (Organisation mondiale de la santé) adoptent une vision plus large du terme, englobant toute substance issue de la nature, tel qu'un micro-organisme, un extrait de plante ou une substance semi-chimique, pouvant être formulée et appliquée de manière similaire à un pesticide chimique conventionnel, et normalement utilisée pour un contrôle à court terme des bioagresseurs [FAO 17].

Les biopesticides sont généralement classés en quatre grandes catégories, selon l'origine de la substance active ou de l'organisme vivant utilisé pour lutter contre les organismes nuisibles ciblés. On distingue ainsi :

- Les pesticides microbiens (à base de micro-organismes comme des bactéries, champignons ou virus),
- Les pesticides biochimiques (incluant les pesticides botaniques et les substances sémi-chimiques, comme les phéromones),
- Les produits incorporés aux plantes transgéniques (ou PIP, Plant-Incorporated Protectants),
- Les ennemis naturels (ou les macroorganismes auxiliaires tels que les insectes prédateurs ou parasitoïdes).

L'histoire des biopesticides remonte à plusieurs siècles, bien avant l'ère moderne des pesticides chimiques. Dès l'Antiquité, des civilisations telles que les Chinois, les Égyptiens et les Romains utilisaient des extraits de plantes ou des organismes pour éloigner les ravageurs. Vers 304 après J.-C., des textes anciens mentionnent que des agriculteurs chinois favorisaient la présence de fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina*) dans les vergers d'agrumes pour protéger les fruits des insectes nuisibles [WAY 92].

Au XIX^{ème} siècle, plusieurs avancées majeures ont structuré le développement scientifique des biopesticides. En 1835, Agostino Bassi identifia le champignon *Beauveria bassiana* comme pathogène des vers à soie [PRA 65]. Cependant, le tournant marquant dans l'histoire moderne survient à la fin du siècle avec la première mise en œuvre documentée de contrôle biologique. En 1899, la coccinelle *Rodolia cardinalis* a été introduite en Californie depuis l'Australie pour éradiquer la cochenille floconneuse (*Icerya purchasi*), causant des ravages dans les vergers d'agrumes [DEB 71]. Cette opération fut un succès spectaculaire et est considérée comme l'acte fondateur du biocontrôle classique.

Au début du XX^e siècle, les biopesticides continuèrent de se développer scientifiquement. En 1901, le bactériologiste japonais Shigetane Ishiwata isola pour la première fois une bactérie pathogène chez un ver à soie malade (*Bombyx mori*), qu'il nomma *Bacillus sotto*. Cette bactérie fut redécouverte en 1911 par l'entomologiste allemand Ernst Berliner, qui l'identifia dans des larves de teigne des farines et la nomma *Bacillus thuringiensis*, en référence à la région de Thuringe. Berliner publia une description

scientifique détaillée en 1915, posant les bases de son utilisation future [MIL 94]. Le premier produit commercial à base de Bt apparut en France en 1938 [SAN 11].

Dans les années 1950, le développement du DDT comme insecticide ainsi que d'autres méthodes chimiques de lutte a freiné le développement et l'utilisation des méthodes biologiques de lutte contre les ravageurs et les maladies à travers le monde. Les pesticides de synthèse étaient perçus comme des solutions économiques, faciles à produire et efficaces à large échelle. Ce n'est que lorsque leurs effets néfastes sur la santé humaine et les écosystèmes ont été révélés, après la publication de « Silent Spring » en 1962, que les biopesticides ont regagné l'attention du monde scientifique et des autorités sanitaires.

À partir de la seconde moitié des années 1960, l'intérêt pour les biopesticides a connu un véritable regain. Cette période a vu un essor notable des recherches et des applications commerciales d'agents de biocontrôle naturels. En 1965, un produit à base du champignon *Beauveria bassiana* fut développé en URSS pour lutter contre des ravageurs majeurs tels que le doryphore de la pomme de terre et le carpocapse [DEF 07]. Les recherches se sont diversifiées avec l'émergence de nouveaux agents biologiques, tels que les champignons du genre *Trichoderma* utilisés contre les maladies fongiques, ou encore des bactéries comme *Bacillus subtilis* pour lutter contre les pathogènes du sol. Dans les décennies suivantes, l'utilisation de virus (NPV) et de nouvelles souches de Bt s'est développée, tout comme le recours aux phéromones pour piégeages massifs.

Parallèlement à ces développements, l'émergence du concept de lutte intégrée (Integrated Pest Management, IPM) a joué un rôle déterminant. Cette approche prône l'utilisation combinée de méthodes biologiques, culturales, mécaniques et chimiques dans une logique de durabilité et de réduction des intrants. De plus, la montée de l'agriculture biologique, officialisée dans plusieurs pays à partir des années 1970, a renforcé la demande pour des alternatives non chimiques, accélérant le développement, la réglementation et la diffusion de produits à base d'agents naturels.

Ces dernières années, de nombreux biopesticides ont été homologués et présentés comme des alternatives prometteuses aux pesticides chimiques. Bien que leurs avantages soient largement reconnus, tant sur le plan environnemental que sanitaire, leur efficacité et leur adoption à grande échelle demeurent encore limitées [CLE 07]. En pratique, les objectifs initiaux visant à réduire significativement l'usage des produits chimiques n'ont pas encore été atteints, et ces derniers continuent de dominer la protection phytosanitaire à l'échelle mondiale [MIS 14].

2.2.2. Les avantages et les inconvénients des biopesticides

Les biopesticides présentent plusieurs avantages majeurs qui expliquent l'intérêt croissant qu'ils suscitent dans le domaine de la protection des cultures. Leur action ciblée permet de préserver les organismes non nuisibles, réduisant ainsi les risques pour la biodiversité et la santé humaine. Contrairement aux pesticides chimiques classiques, ils sont généralement moins persistants dans l'environnement, ce qui limite la contamination des sols, de l'eau et des aliments par des résidus toxiques. De plus, les biopesticides ont souvent un mode d'action complexe impliquant plusieurs mécanismes biologiques, ce qui rend le développement de résistances chez les ravageurs beaucoup moins probable. Cette caractéristique est particulièrement précieuse face aux problèmes croissants de résistance aux pesticides chimiques.

Cependant, ces solutions naturelles comportent aussi certains inconvénients. Leur efficacité peut parfois être plus lente ou moins forte que celle des produits chimiques, ce qui peut poser problème dans les situations où une action rapide et curative est nécessaire. Par ailleurs, leur durée d'action limitée nécessite souvent des applications plus fréquentes, ce qui peut alourdir les coûts et la gestion des traitements. Leur

conservation et leur stabilité posent également des défis techniques, car certains agents biologiques sont sensibles aux conditions environnementales et aux variations de température. Enfin, en raison de leur spécificité, les biopesticides s'adressent souvent à des marchés de niche, ce qui peut compliquer leur développement commercial en raison des coûts élevés liés à leur enregistrement et leur mise sur le marché.

L'agriculture moderne se heurte donc à un dilemme : les pesticides chimiques, bien qu'efficaces et économiques à court terme, soulèvent de graves problèmes de santé publique, de pollution environnementale et de développement de résistances. À l'inverse, les biopesticides, perçus comme des alternatives plus respectueuses de l'environnement, se caractérisent par leur spécificité, leur faible toxicité et leur biodégradabilité. Toutefois, ils souffrent souvent de faiblesses techniques (efficacité variable, sensibilité aux conditions environnementales, durée de conservation limitée) et économiques (coûts de production, marché restreint).

Face à ces limites respectives, la lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) s'impose comme une voie intermédiaire et pragmatique, combinant le meilleur des deux approches. Plutôt que d'opposer chimique et biologique, l'IPM les articule intelligemment avec d'autres leviers de gestion agricole : rotations culturales, sélection de variétés résistantes, piégeage, libération d'auxiliaires, ou encore utilisation ciblée et raisonnée de traitements chimiques ou biologiques. L'objectif n'est plus d'éradiquer les ravageurs à tout prix, mais de maintenir leurs populations sous des seuils tolérables économiquement et écologiquement.

Cette approche a déjà démontré son efficacité sur le terrain. Par exemple, dans la lutte contre *Tuta absoluta* sur la tomate, des programmes IPM ont intégré l'utilisation de phéromones, de biopesticides microbiens, et d'insecticides à faible impact, démontrant qu'une approche combinée peut compenser les faiblesses individuelles de chaque méthode [DES 22]. Bien que l'adoption de la lutte intégrée soit encore freinée par des obstacles structurels (manque de sensibilisation, accès limité aux intrants biologiques, absence d'incitations économiques), elle constitue aujourd'hui une voie équilibrée pour gérer les bioagresseurs tout en amorçant une transition plus progressive vers des pratiques agricoles responsables.

Après avoir présenté le contexte général et défini les pesticides et les biopesticides, ainsi que leurs avantages et limites respectifs, cette étude vise à dresser un panorama mondial et africain des tendances en matière de pesticides chimiques et de produits de biocontrôle, afin d'identifier les dynamiques et perspectives de leur adoption en agriculture. Pour atteindre cet objectif, l'analyse commence par les tendances mondiales des pesticides chimiques, se poursuit avec celles des biopesticides, puis examine les évolutions en Afrique pour les pesticides chimiques et se termine par les tendances africaines des biopesticides.

La section suivante décrit les données et méthodes utilisées pour réaliser cette analyse et assurer la comparabilité des informations à l'échelle mondiale et africaine.

3. Données et méthodes

Cette étude s'appuie sur des données secondaires issues de trois sources complémentaires. Premièrement, des statistiques sur l'utilisation des pesticides au niveau mondial, pour la période 1990-2023, ont été extraites de la base FAOSTAT de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Cette base fournit un suivi détaillé des volumes totaux d'ingrédients actifs utilisés, ainsi que des tendances par pays et par catégorie de pesticide (herbicides, insecticides, fongicides).

Deuxièmement, l'analyse des solutions de biocontrôle repose sur les produits enregistrés dans le CABI BioProtection Portal du Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI), consulté en août 2025. Cette plateforme, mise à jour périodiquement, recense les produits de biocontrôle et biopesticides officiellement enregistrés dans plusieurs pays, avec des filtres par pays, culture et ravageur.

Enfin, des informations issues de la littérature ont été mobilisées pour relever les principaux défis liés à l'enregistrement des biopesticides dans certains pays africains.

L'analyse combinée de ces sources a permis de : (i) quantifier l'évolution de l'usage des pesticides conventionnels sur plusieurs décennies, (ii) identifier l'état des enregistrements de biopesticides dans les pays couverts par le portail CABI, et (iii) relever les principaux défis liés à l'enregistrement des solutions de biocontrôle dans certains pays africains.

Les traitements statistiques comprennent des calculs de tendances linéaires et de taux de croissance, ainsi que des comparaisons interrégionales. Les enregistrements de biopesticides ont été agrégés par pays. Les analyses ont couvert plusieurs dimensions : le volume annuel de pesticides utilisés, l'usage par hectare, l'usage par catégorie de produits et par région, les tendances globales des biopesticides, ainsi que le nombre de solutions de biocontrôle enregistrées par continent.

Ces sources présentent néanmoins certaines limites : les statistiques FAOSTAT dépendent de la qualité variable des déclarations nationales ; le CABI BioProtection Portal ne couvre pas de façon exhaustive tous les pays ni tous les produits enregistrés ; et les informations issues de la littérature reposent souvent sur des contextes spécifiques. Ces éléments doivent être pris en compte dans l'interprétation des résultats et invitent à considérer les tendances identifiées comme indicatives plutôt que parfaitement exhaustives.

4. Résultats

4.1. Analyse globale de l'utilisation des pesticides en agriculture

4.1.1 Utilisation mondiale des pesticides

En 2023, l'utilisation totale de pesticides en agriculture a atteint 3,73 millions de tonnes d'ingrédients actifs. Cela représente une augmentation de plus de 4 % par rapport à 2021, de 13 % sur la dernière décennie, et un doublement depuis 1990 (Figure 1) [FAO 3]. De plus, la consommation de pesticides par hectare a atteint 2,4 kg en 2023, traduisant un doublement par rapport au niveau enregistré en 1990 (Figure 2).

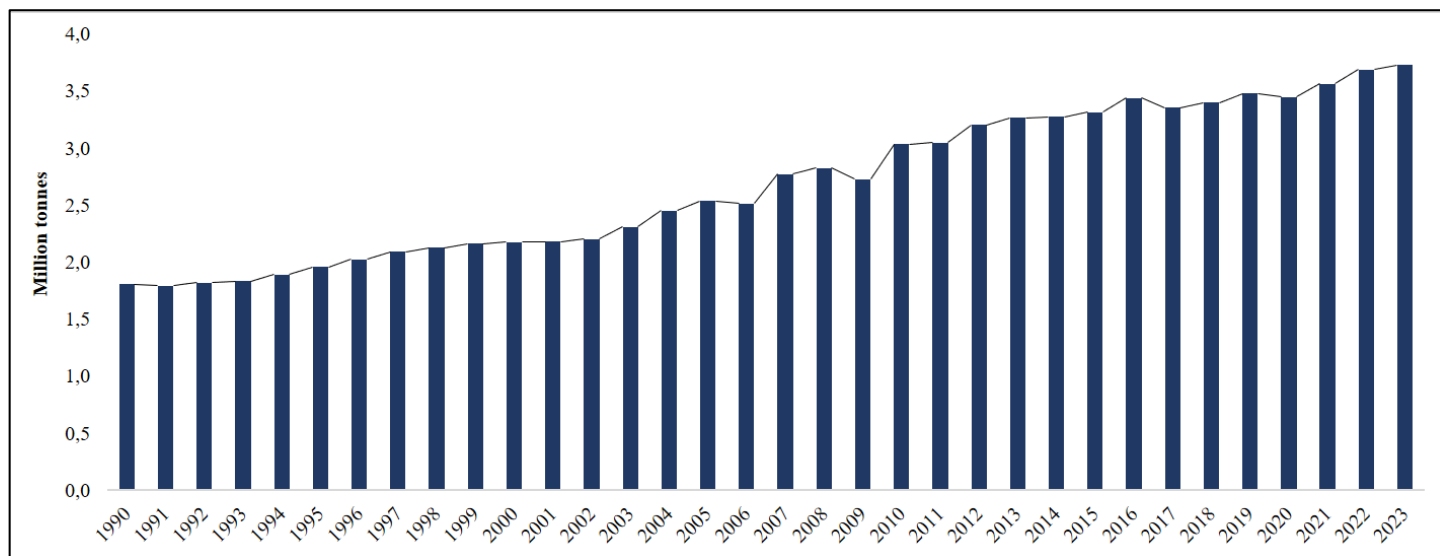


Figure 1. Évolution du volume annuel des pesticides utilisés dans le monde [FAO 23]

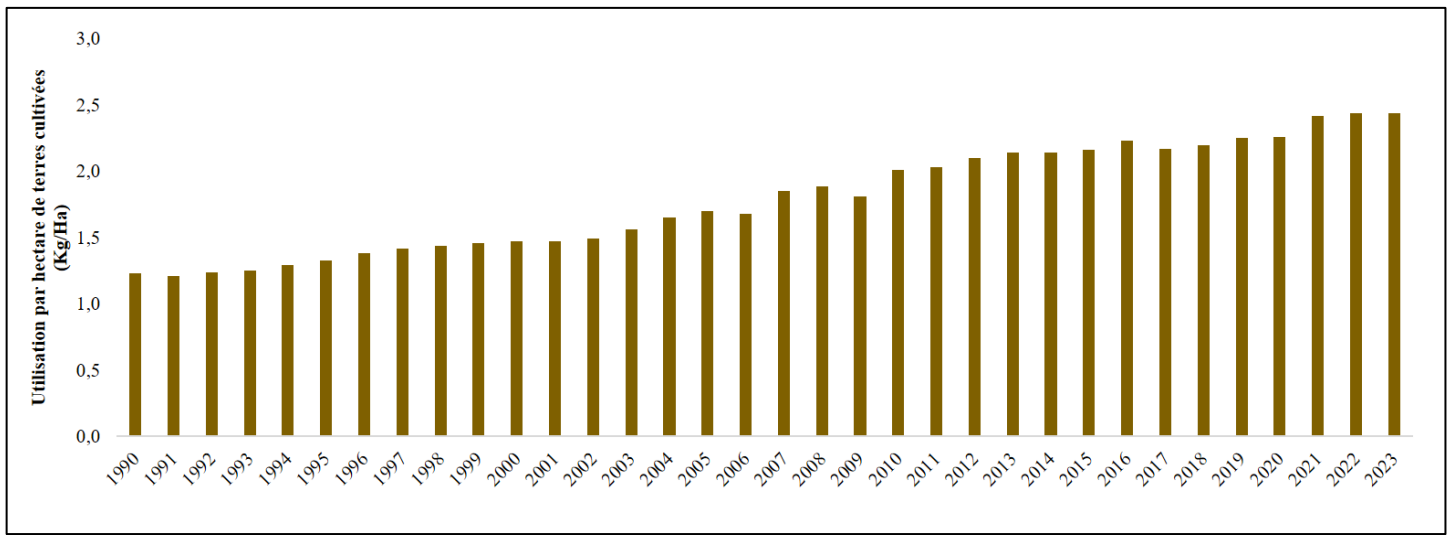


Figure 2. *Évolution de l'usage des pesticides par hectare de terres cultivées à l'échelle mondiale [FAO 23]*

Si l'on compare l'utilisation des pesticides par catégorie, les données entre 1990 et 2023 montrent des évolutions significatives. Ainsi, l'usage des herbicides est passé de 0,7 million de tonnes en 1990 à 2 millions de tonnes en 2023, soit une augmentation de 186 %. L'utilisation des fongicides et bactéricides a progressé de 0,45 à 0,78 million de tonnes (+73 %), tandis que celle des insecticides a augmenté de 0,47 à 0,76 million de tonnes (+62 %) durant la même période (Figure 3).

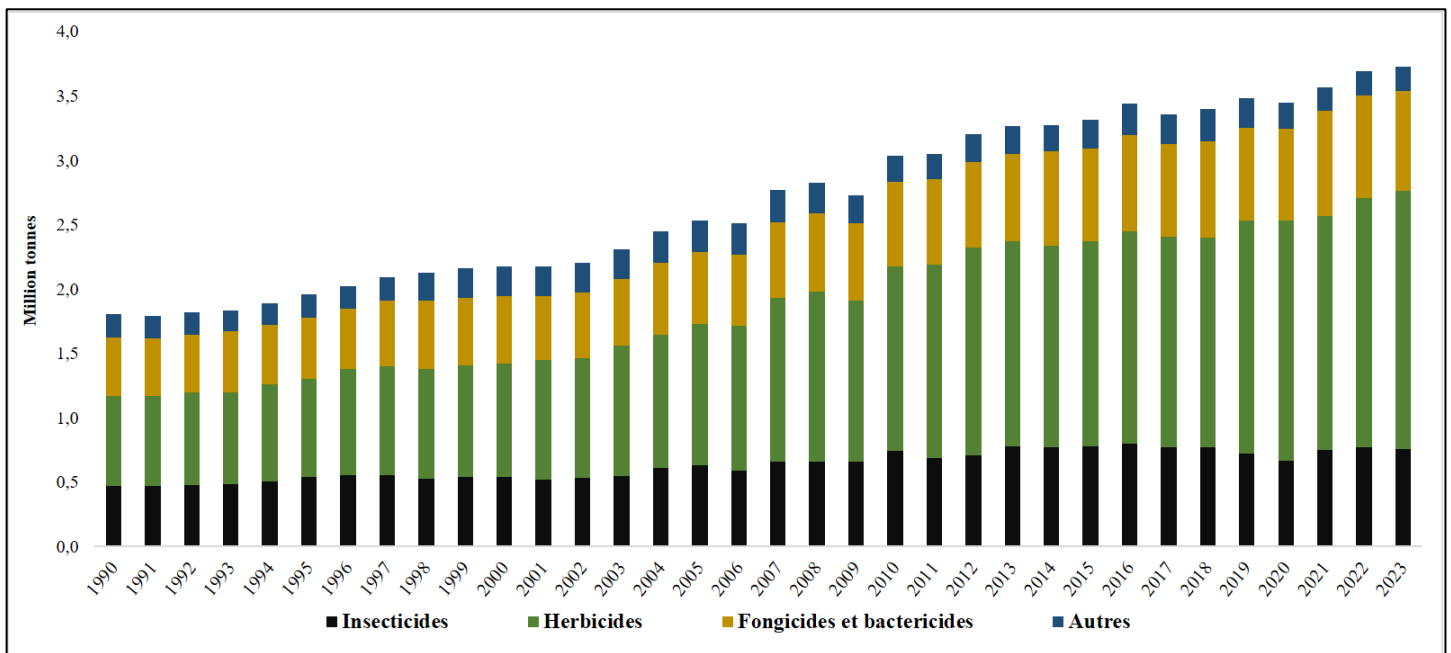


Figure 3. *Utilisation mondiale des pesticides par catégorie au fil des années [FAO 23]*

Au cours de la dernière décennie, les herbicides ont connu la croissance la plus marquée, passant de 1,57 million de tonnes en 2014 à 2 millions de tonnes en 2023. L'utilisation des insecticides est restée relativement stable, tandis que les fongicides et bactéricides ont connu de légères fluctuations, avec une légère hausse vers la fin de la période (Tableau 1).

Type	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Insecticides	0,77	0,78	0,80	0,77	0,77	0,72	0,67	0,75	0,77	0,76
Herbicides	1,57	1,59	1,65	1,64	1,63	1,81	1,86	1,82	1,94	2
Fongicides et bactéricides	0,73	0,72	0,75	0,72	0,75	0,73	0,72	0,82	0,79	0,78
Autres*	0,21	0,23	0,24	0,23	0,25	0,23	0,20	0,18	0,18	0,19
Pesticides (total)	3,28	3,32	3,44	3,36	3,40	3,48	3,45	3,57	3,69	3,73

(*) Inclut les rodenticides, les régulateurs de croissance des plantes, les huiles minérales, les désinfectants et autres produits chimiques utilisés comme pesticides.

Tableau 1. Utilisation mondiale des pesticides synthétiques par type (millions de tonnes) au cours de la dernière décennie [FAO 23]

Les données les plus récentes de 2023 montrent que les herbicides dominent l'utilisation mondiale des pesticides, représentant 54 % du total des applications. Les insecticides comptent pour 20 %, tandis que les fongicides et bactéricides en représentent 21 %. Les autres types de pesticides ne constituent que 5 % des volumes appliqués (Figure 4).

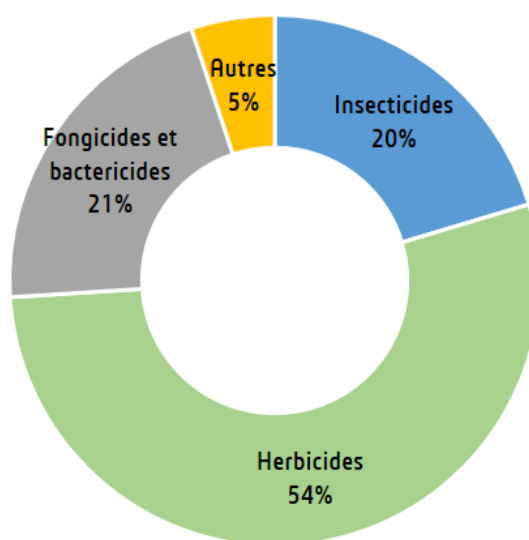


Figure 4. Répartition du marché mondial des pesticides par type en 2023 [FAO 23]

En ce qui concerne les variations régionales, les Amériques ont constamment dominé l'utilisation des pesticides depuis les années 1990, suivies de l'Asie, de l'Europe, de l'Afrique et de l'Océanie (Figure 5). Les Amériques ont connu la plus forte croissance, avec une augmentation de 195 % de l'utilisation des pesticides entre 1990 et 2023, soit une moyenne de 1,24 million de tonnes par an. L'Asie, deuxième plus grand consommateur mondial de pesticides, a maintenu une consommation globalement stable entre 2014 et 2023, avec une moyenne annuelle de 1,08 million de tonnes. La consommation est restée quasiment inchangée, à 1,05 million de tonnes, tant au début qu'à la fin de cette période, malgré quelques fluctuations intermédiaires. L'Europe continue de montrer une diminution de sa consommation de pesticides depuis 1990, avec une baisse globale de 12 %. Bien que l'Afrique et l'Océanie aient également vu leur usage de pesticides augmenter, elles restent les continents aux consommations les plus faibles. Au cours de la dernière décennie, l'Afrique n'a représenté que 5 % de l'utilisation mondiale des pesticides, avec une moyenne de 0,188 million de tonnes par an. Pendant cette période, les fongicides et bactéricides ont constitué 33 % de la consommation totale de pesticides sur le continent, les herbicides 31 % et les insecticides 28 %.

En 2023, les Amériques représentaient la plus grande part de l'utilisation mondiale des pesticides, avec 49 %, suivies de l'Asie avec 28 %. L'Europe et l'Afrique contribuaient respectivement à hauteur de 12 % et 5%, tandis que l'Océanie détenait la plus petite part avec 6 %.

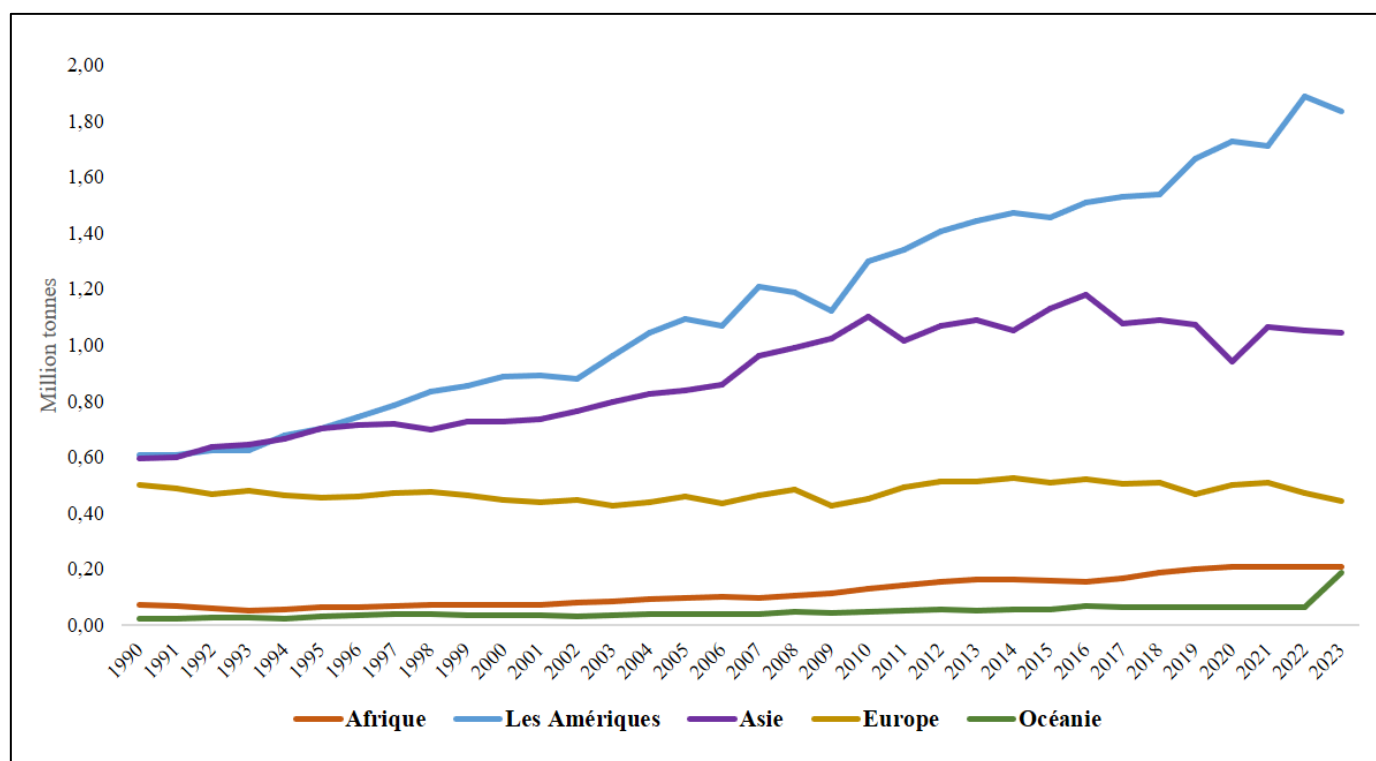


Figure 5. Utilisation des pesticides par région entre 1990 et 2023 [FAO 23]

Au niveau des pays, le Brésil a été le principal utilisateur mondial de pesticides en 2023, avec 800 652 tonnes appliquées à des fins agricoles. Il est suivi dans le top cinq par les États-Unis (429 501 tonnes), l'Indonésie (294 935 tonnes), l'Argentine (262 507 tonnes) et la Chine (229 026 tonnes).

4.1.2 Tendances globales de l'usage des biopesticides

Le marché des biopesticides reste un segment de niche, caractérisé par une demande limitée et une disponibilité restreinte des produits. La part des biopesticides dans le marché global des pesticides est encore relativement faible. Cependant, malgré ces défis, les perspectives à long terme demeurent positives. En 2013, les biopesticides représentaient 5 % du marché mondial de la protection des cultures, estimé à 3 milliards de dollars américains. En 2022, les biopesticides ont connu une croissance à deux chiffres et constituent désormais environ 10 % du marché mondial des pesticides. Le segment du biocontrôle contre les ravageurs affiche la croissance la plus rapide, avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 13,6 %. Ainsi, le marché du biocontrôle devrait passer d'environ 5 milliards de dollars en 2022 à 15 milliards de dollars américains en 2029 [MAR 24]. Si cette tendance se maintient, les projections suggèrent que le marché du biocontrôle pourrait dépasser les 40 à 50 milliards de dollars à l'horizon 2050.

Concernant les taux d'adoption, la FAO, qui s'est appuyée sur les données relatives aux bioinsecticides, a relevé d'importantes différences régionales et des parts généralement faibles. L'organisation a examiné la part médiane des biopesticides insecticides dans 56 pays au cours de la dernière décennie. L'Océanie arrive en tête avec 44 %, suivie par les Amériques (2 %), l'Afrique et l'Asie (1 % chacun), puis l'Europe (0,7 %) (Figure 6).

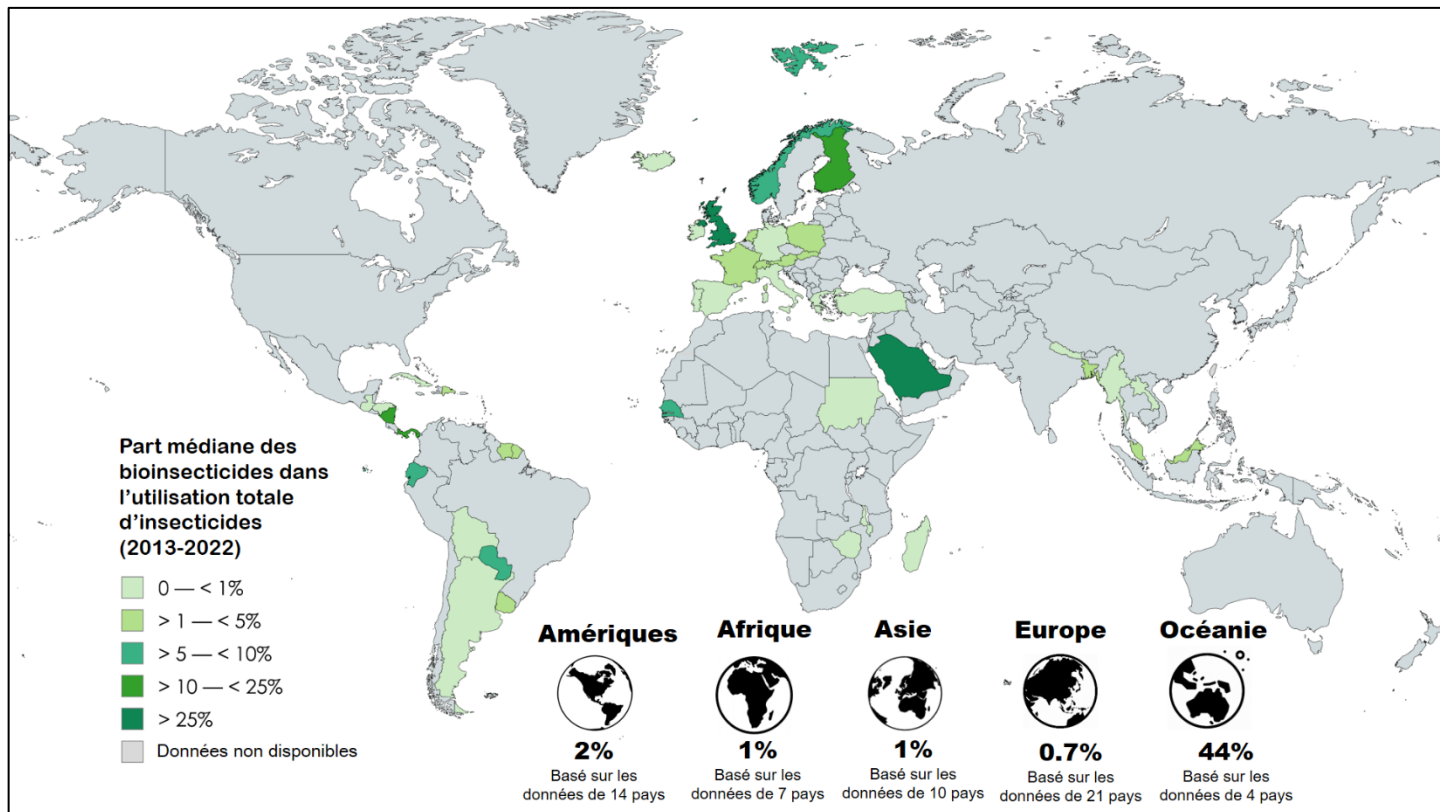


Figure 6. Part médiane des bioinsecticides dans l'utilisation totale d'insecticides au cours de la dernière décennie [FAO 23]

Cette disparité régionale se manifeste à la fois dans le nombre de produits biopesticides homologués par pays et dans les taux d'adoption variables de ces produits.

4.2 Focus sur l'Afrique

4.2.1 Usage des pesticides en Afrique

En 2023, l'Afrique a consommé un total de 211 124 tonnes de pesticides chimiques à usage agricole, représentant 5,6 % de la consommation mondiale, selon les données de la FAO. Cette consommation reste faible comparée à d'autres régions, traduisant une utilisation modérée des intrants chimiques à l'échelle continentale. En moyenne, l'usage était de 0,7 kg/ha, mais cette moyenne masque de fortes disparités régionales (Figure 7). Djibouti affiche la consommation la plus élevée avec 34,2 kg/ha, suivi des Seychelles (19,5 kg/ha) et de Maurice (7,1 kg/ha), des valeurs largement supérieures à la moyenne continentale. La majorité des pays africains enregistrent des niveaux d'usage inférieurs à 2 kg/ha, et plus d'une dizaine de pays, dont la Guinée, le Mali, le Niger, le Tchad ou encore la Tanzanie, rapportent une consommation nulle ou négligeable.

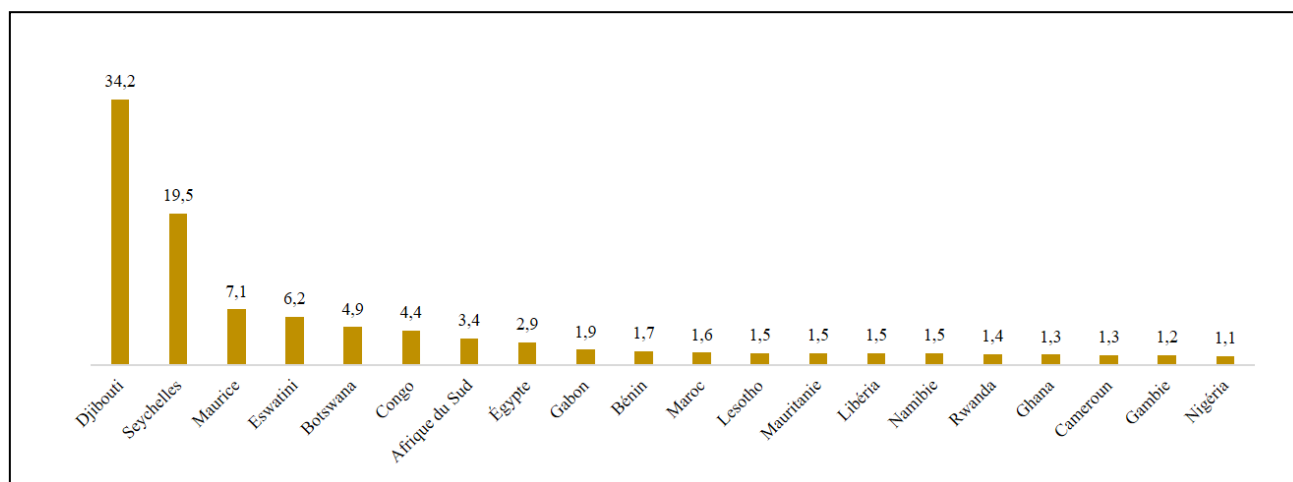


Figure 7. Top 20 des pays africains par usage de pesticides agricoles en 2023 (kg/ha) [FAO 23].

4.2.2 Enregistrement des produits de biocontrôle dans les pays africains

Une analyse des solutions de biocontrôle enregistrées dans différents pays, basée sur le portail BioProtection [ISH 24] de CABI (données d'août 2025), révèle une disparité significative entre les niveaux d'adoption des pays africains et ceux d'autres régions (Figure 8). Au total, 18 pays africains ont été examinés. Parmi eux, le Kenya présente le plus grand nombre avec 149 solutions enregistrées, suivi par le Maroc (111), le Zimbabwe (82), l'Égypte (59) et l'Afrique du Sud (40). La plupart des autres pays africains, dont la Mauritanie, le Niger, le Mali, le Tchad et la Guinée-Bissau, ne comptabilisent que 9 à 10 produits, ce qui reflète une adoption très limitée. La répartition des produits enregistrés en Afrique est très inégale, l'Afrique de l'Est et l'Afrique du Nord présentant des niveaux d'enregistrement relativement plus élevés que l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique centrale.

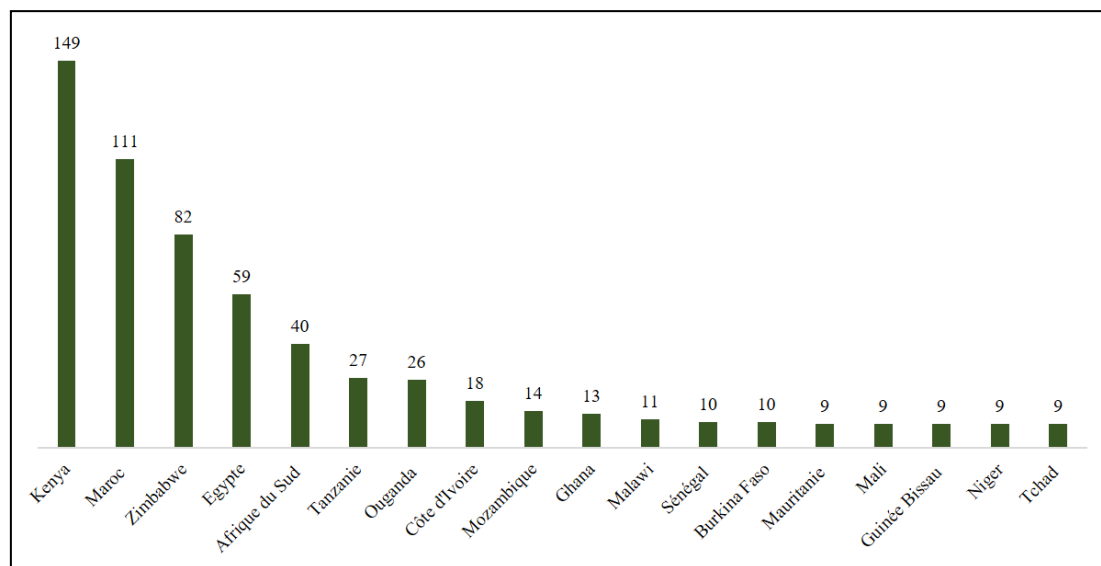


Figure 8. Solutions de biocontrôle enregistrées dans certains pays africains [CAB 25]

En comparaison, les pays situés en dehors de l'Afrique affichent des nombres de produits de biocontrôle enregistrés nettement plus élevés (Figure 9). Les Amériques présentent les chiffres les plus élevés, avec des pays comme le Brésil, qui arrive en tête avec 1090 produits enregistrés, suivi des États-Unis (609), du Pérou (545), du Canada (436) et de la Colombie (240). En Europe, plusieurs pays affichent également des niveaux élevés, notamment l'Espagne (1057), la France (504), l'Allemagne (408), le Portugal (326) et la Hongrie (326). En Asie, on observe une forte disparité entre les pays : certains, comme l'Inde (230), le Vietnam (169) et le Népal (142), enregistrent un nombre important de solutions, tandis que d'autres, comme la Jordanie (5), l'Arabie Saoudite (7) ou le Sri Lanka (6), en comptent très peu. Enfin, en Océanie, l'Australie (150) et la Nouvelle-Zélande (95) présentent un nombre relativement élevé de produits, malgré la taille plus réduite de leurs marchés.

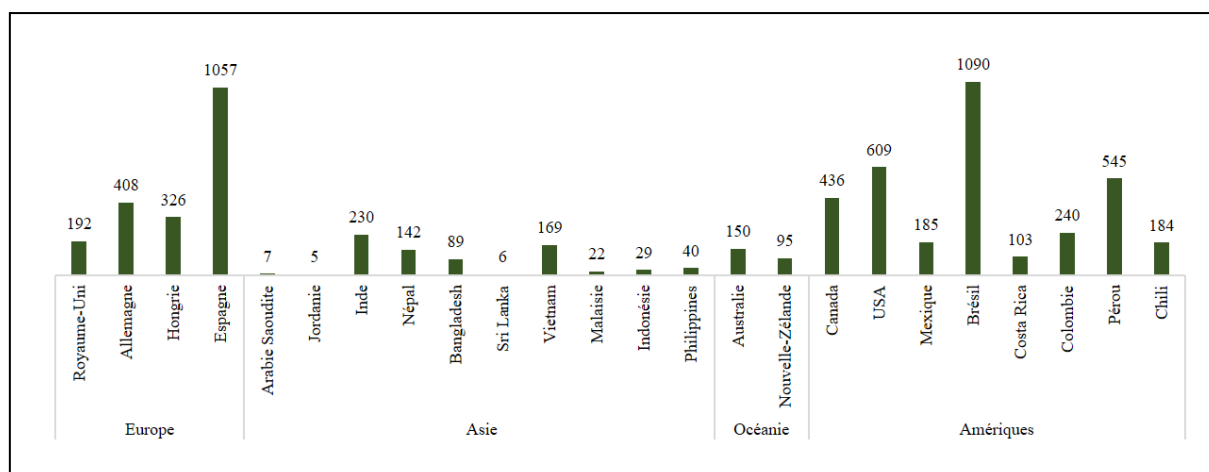


Figure 9. Solutions de biocontrôle enregistrées dans les pays d'Asie, d'Europe, des Amériques et d'Océanie [CAB 25]

5. Discussion des tendances

L'augmentation observée de l'utilisation des pesticides à l'échelle mondiale illustre une dépendance croissante à ces produits pour répondre à la demande alimentaire grandissante et préserver les rendements des cultures. Cette dynamique repose à la fois sur une croissance du volume global utilisé en lien avec l'expansion des surfaces cultivées pour nourrir une population mondiale en constante expansion [ZHO 24]. Parallèlement, elle s'explique par une intensification de l'usage par unité de surface, qui traduit une pression phytosanitaire accrue, résultant de facteurs multiples tels que la généralisation des systèmes de culture intensive, la mondialisation facilitant la propagation rapide des bioagresseurs, les perturbations écologiques liées au changement climatique, ainsi que l'émergence de résistances aux substances actives. À ces éléments s'ajoute la pénétration croissante des vendeurs et distributeurs de produits phytosanitaires dans les zones rurales reculées, entraînant une utilisation de plus en plus importante de ces produits par les producteurs agricoles.

La forte hausse de la consommation d'herbicides et leur rôle dominant dans l'usage mondial des pesticides s'expliquent notamment par la montée des coûts et la rareté de la main-d'œuvre, la sélectivité des herbicides, leur large spectre d'action, ainsi que leur efficacité et leur rapidité dans le contrôle des adventices [NAT 24].

Parmi les continents, les Amériques représentent plus de la moitié de la consommation mondiale de pesticides. Cette part importante s'explique par les systèmes agricoles à grande échelle des pays comme les États-Unis, le Brésil et l'Argentine, qui figurent parmi les cinq plus grands utilisateurs mondiaux de pesticides en volume absolu. Ces pays sont également d'importants producteurs de cultures telles que le maïs, le soja et le blé, qui nécessitent une protection phytosanitaire intensive.

En Afrique, bien que les taux d'utilisation restent faibles, on observe une adoption croissante des produits phytosanitaires. Cette évolution est principalement portée par le développement rapide des activités agricoles, visant à augmenter la production pour répondre à la croissance démographique et à la demande alimentaire locale. Par ailleurs, l'intensification des cultures, l'introduction de nouvelles espèces plus sensibles aux ravageurs, ainsi que les pressions croissantes liées aux bioagresseurs encouragent les agriculteurs à recourir davantage aux pesticides chimiques. Enfin, l'amélioration de l'accès aux produits, grâce à la commercialisation et à la diffusion de techniques agricoles modernes, contribue également à cette tendance.

À l'inverse, la diminution continue de l'utilisation des pesticides en Europe, et plus récemment en Asie, s'explique par l'orientation vers des pratiques agricoles plus durables, un encadrement réglementaire plus strict, et une transition croissante vers l'agriculture biologique [PHA 23].

La demande croissante pour des alternatives durables aux pesticides chimiques stimule l'expansion continue du marché mondial des biopesticides. Cela laisse présager qu'en dépit des défis actuels, les biopesticides joueront un rôle de plus en plus central dans la protection des cultures à l'échelle mondiale. Leur marché se développera à la fois grâce à la conquête de parts de marché détenues par les pesticides chimiques, et à la mise au point de nouveaux produits capables de cibler des nuisibles non maîtrisés par les solutions conventionnelles.

L'analyse de la FAO concernant la part médiane des bioinsecticides dans 56 pays au cours de la dernière décennie met en évidence un contraste frappant entre les continents en termes de taux d'adoption. La plupart des régions présentent des niveaux faibles d'utilisation, à l'exception de l'Océanie, qui se distingue par des investissements importants dans l'agriculture durable et des politiques de soutien à l'usage d'alternatives écologiques.

En cohérence avec ces disparités régionales, les biopesticides ne représentent actuellement qu'environ 9 % de l'ensemble des pesticides utilisés en Inde, mais leur part de marché pourrait dépasser 50 % d'ici 2050 [YAD 22] [KES 20]. En Chine, cette proportion demeure également limitée, autour de 10 %, malgré un nombre croissant de produits enregistrés [AHM 22].

En outre, cette croissance reste inégale selon les segments du marché. Alors que les biopesticides connaissent une progression à deux chiffres, leur développement reste fortement concentré sur les insecticides et fongicides. À l'inverse, les bioherbicides constituent une part négligeable de cette offre, malgré les besoins croissants dus aux résistances aux herbicides chimiques. Cette situation s'explique par les difficultés techniques à concevoir des solutions biologiques aussi efficaces, polyvalentes et économiquement compétitives que les herbicides conventionnels. Or, dans plusieurs régions, l'augmentation de l'usage des pesticides est surtout portée par les herbicides, en lien avec l'essor des cultures industrielles et la réduction du travail manuel. Comme mentionné précédemment, les herbicides représentent à eux seuls 53 % de l'utilisation mondiale des pesticides, contre seulement 21 % pour les insecticides et 21 % pour les fongicides.. Dès lors, si les biopesticides constituent une piste intéressante pour réduire l'usage de certains produits chimiques, ils ne peuvent à ce stade être considérés comme une solution globale pour diminuer l'ensemble des intrants phytosanitaires, en particulier ceux liés à la gestion des adventices.

Par ailleurs, certains auteurs soulignent que l'adoption des biopesticides ne garantit pas une transformation systémique des pratiques agricoles [GOU 23]. Dans de nombreux contextes, ces produits s'intègrent avant tout comme des substitutions techniques au sein du modèle de production existant, améliorant la gestion des bioagresseurs sans remettre fondamentalement en cause les pratiques dominantes ni favoriser une transition structurelle vers l'agroécologie.

Au-delà des limites techniques propres à certains segments comme les bioherbicides, plusieurs facteurs structurels freinent également la généralisation des biopesticides dans leur ensemble. Des recherches antérieures ont identifié notamment des procédures réglementaires complexes et coûteuses qui rendent les processus d'autorisation de nouveaux biopesticides difficiles, un marché très concurrentiel, des clients réticents au changement, des canaux de distribution peu développés et une disponibilité limitée des produits [MAR 07] [DAM 18].

Toutefois, l'expansion progressive du marché, soutenue par les pressions réglementaires, la demande sociétale et les avancées technologiques, contribue à atténuer ces contraintes. Cette évolution ouvre des perspectives plus favorables pour le développement et l'intégration à plus grande échelle des biopesticides dans les systèmes agricoles.

6. Perspectives pour les biopesticides en Afrique

En Afrique, les biopesticides suscitent un intérêt croissant dans la gestion phytosanitaire. Toutefois, leur déploiement à grande échelle reste limité, en raison de nombreux freins techniques, économiques, réglementaires et sociaux, auxquels s'ajoute une insuffisance des politiques publiques en matière de soutien à l'innovation agricole durable.

Sur le plan institutionnel, les politiques publiques africaines restent globalement timides en ce qui concerne le développement et la promotion des biopesticides. Dans de nombreux pays, les cadres législatifs existants ne tiennent pas compte des spécificités de ces produits. Ils sont souvent soumis aux mêmes procédures d'homologation que les pesticides chimiques, impliquant des démarches longues, coûteuses et inadaptées aux réalités des petits producteurs ou des entreprises locales de biocontrôle. De plus, l'absence d'harmonisation réglementaire à l'échelle régionale constitue un frein supplémentaire : un produit autorisé dans un pays ne peut pas nécessairement circuler dans les pays voisins, ce qui limite les opportunités de marché et décourage les investissements dans le secteur.

L'insuffisance de financement public dédié à la recherche et au développement constitue également un obstacle majeur. Le manque d'infrastructures scientifiques locales, de laboratoires spécialisés et de ressources humaines formées restreint la capacité des pays à identifier des souches locales efficaces, à développer des formulations adaptées aux conditions agroclimatiques africaines, ou à réaliser des essais d'efficacité. Ce déficit de recherche freine l'innovation locale et renforce la dépendance aux produits importés, souvent onéreux et parfois mal adaptés aux systèmes de culture locaux.

Du point de vue économique, les biopesticides sont souvent perçus comme moins rentables à court terme, en raison de leur coût de production plus élevé, de leur durée de conservation plus courte, ou de leur mode d'action plus lent que les produits chimiques. Pour les petits agriculteurs, qui représentent la majorité des producteurs africains, le prix d'achat et les contraintes logistiques (disponibilité en zone rurale, conditions de stockage, absence de conseils techniques) constituent des barrières importantes. En l'absence de subventions ou de mécanismes d'appui à la transition agroécologique, ces produits restent hors de portée pour une large part du secteur agricole.

Les réticences sociales et culturelles jouent également un rôle non négligeable. Dans de nombreux cas, les agriculteurs ne connaissent pas les biopesticides ou en ont une image négative, souvent fondée sur des expériences passées avec des produits inefficaces ou mal formulés. Le manque de formation, de démonstrations sur le terrain et de vulgarisation adaptée renforce cette méfiance. Par ailleurs, les agents de vulgarisation, eux-mêmes peu formés aux biotechnologies agricoles, ne sont pas en mesure d'accompagner efficacement les producteurs dans l'adoption de ces nouvelles pratiques.

Cependant, certaines dynamiques positives commencent à émerger. Des pays comme le Kenya, le Maroc ou le Zimbabwe enregistrent un nombre croissant de solutions de biocontrôle homologuées, signe d'une dynamique naissante. Cet intérêt est soutenu par des initiatives ciblées de certains gouvernements qui commencent à renforcer leurs cadres réglementaires, des incitations des partenaires techniques et financiers, ainsi qu'une prise de conscience accrue des risques liés aux pesticides conventionnels. Par ailleurs, la demande croissante des marchés internationaux pour des produits agricoles respectant des normes sanitaires strictes constitue un levier puissant, notamment dans les pays exportateurs comme le Maroc.

Parallèlement, plusieurs fournisseurs internationaux spécialisés dans le biocontrôle investissent sur le continent via des partenariats, des implantations commerciales ou la création d'unités de production locales, contribuant à améliorer l'accessibilité des produits et à structurer les filières régionales. Enfin, les initiatives régionales et internationales visant à réduire les intrants chimiques créent un environnement favorable à l'intégration progressive des biopesticides dans les systèmes agricoles africains.

Pour que l'Afrique puisse pleinement tirer parti du potentiel des biopesticides, il sera essentiel de renforcer plusieurs axes prioritaires.

D'abord, il est primordial d'intensifier la recherche locale en investissant dans des infrastructures scientifiques modernes, en formant des experts spécialisés et en encourageant l'identification et le développement de souches adaptées aux conditions agroécologiques spécifiques du continent. Cette recherche locale permettra de concevoir des formulations efficaces, accessibles et durables, répondant aux besoins des agriculteurs africains.

Parallèlement, les cadres réglementaires doivent être adaptés pour mieux prendre en compte les spécificités des biopesticides, en simplifiant et en accélérant les procédures d'homologation tout en garantissant la sécurité sanitaire et environnementale. Une harmonisation régionale des normes serait également un levier important pour faciliter la circulation des produits, élargir les marchés et encourager les investissements.

Le développement de chaînes de valeur locales, incluant la production, la distribution et la commercialisation, est un autre enjeu majeur. Cela implique notamment de soutenir les entreprises locales de biocontrôle, de faciliter l'accès aux matières premières et de promouvoir des partenariats publics-privés. Une meilleure structuration des filières contribuera à rendre les biopesticides plus accessibles et abordables, notamment pour les petits exploitants.

Enfin, un accompagnement technique renforcé est indispensable pour encourager l'adoption des biopesticides. Cela passe par des programmes de formation ciblés pour les agriculteurs et les agents de vulgarisation, des démonstrations pratiques sur le terrain et une diffusion adaptée de l'information. Ce

soutien doit viser à lever les freins liés aux connaissances, aux pratiques culturelles et aux représentations sociales, afin de favoriser une adoption durable et massive.

Conclusion

L'évolution mondiale de l'usage des pesticides révèle une double dynamique : une dépendance croissante aux produits phytosanitaires pour maintenir les rendements d'une agriculture intensive à grande échelle, et une prise de conscience progressive des limites et des impacts de ces pratiques, qui stimule l'émergence de solutions moins nocives pour la santé humaine et les écosystèmes. Parmi celles-ci, les biopesticides apparaissent comme une réponse prometteuse aux défis actuels liés aux pesticides chimiques. Toutefois, leur déploiement à grande échelle demeure limité, en raison d'obstacles techniques, réglementaires et économiques, notamment dans le segment prédominant des herbicides.

L'analyse des données disponibles révèle de fortes disparités régionales dans le développement des biopesticides. L'Amérique du Sud, l'Amérique du Nord, l'Europe et certaines régions d'Asie enregistrent déjà un grand nombre de produits de biocontrôle homologués. En revanche, en Afrique, le marché des biopesticides demeure en phase émergente, malgré une évolution positive observée ces dernières années dans quelques pays pionniers. Cela reflète à la fois les défis structurels du continent et les opportunités qu'offre une meilleure intégration du biocontrôle dans les stratégies agricoles.

À l'heure où la sécurité alimentaire, la résilience climatique et la préservation de la biodiversité sont au cœur des priorités globales, le développement du biocontrôle représente un levier stratégique pour accompagner la transformation des systèmes agricoles, notamment en Afrique.

Pour assurer le déploiement à grande échelle des biopesticides en Afrique, il est essentiel de mobiliser une volonté politique forte au niveau national et continental. Cela implique l'élaboration et la mise en œuvre de politiques agricoles intégrées qui favorisent explicitement l'utilisation des biopesticides, notamment à travers l'adaptation des cadres réglementaires. En effet, simplifier et harmoniser les procédures d'homologation des biopesticides facilitera leur commercialisation et réduira les délais d'accès au marché, ce qui encouragera l'innovation et la compétitivité des entreprises locales et internationales œuvrant dans ce secteur.

Du côté économique, des investissements ciblés sont indispensables pour soutenir la recherche appliquée, la production locale et la structuration des filières du biocontrôle. Cela inclut le financement de laboratoires, la formation de personnel qualifié, mais aussi l'accompagnement des entreprises locales et des start-ups spécialisées. Par ailleurs, des mécanismes d'incitation financière, tels que des subventions, des crédits bonifiés ou des allègements fiscaux, pourraient rendre les biopesticides plus accessibles, en particulier pour les petits exploitants agricoles qui représentent la majorité des producteurs en Afrique.

Sur le plan social, renforcer les capacités locales passe aussi par la sensibilisation et la formation des agriculteurs et des acteurs de terrain. L'adoption de nouvelles pratiques repose en effet sur la confiance et la connaissance, qui peuvent être améliorées par des programmes de vulgarisation adaptés, des démonstrations sur le terrain et l'implication active des services de conseil agricole. De plus, la mobilisation des communautés rurales, à travers des réseaux d'agriculteurs relais ou des plateformes locales d'échanges, permet de renforcer le partage de savoir-faire entre producteurs, de diffuser les expériences réussies et de réduire les réticences à l'adoption des biopesticides.

Enfin, la coopération régionale et internationale joue un rôle clé pour mutualiser les ressources, partager les bonnes pratiques et favoriser les partenariats public-privé. Dans ce cadre, l'engagement des organisations africaines et des bailleurs de fonds internationaux contribue à créer un environnement propice à une adoption accélérée et durable des biopesticides sur le continent.

Bibliographie

- [ABU 20] ABUBAKAR, Y., TIJJANI, H., EGBUNA, C., ADETUNJI, C. O., KALA, S., KRYEZIU, T. L., et al., 2020. Pesticides, history, and classification. In Egbuna, Chukwuebuka, and Sawicka, Barbara (eds). *Natural remedies for pest, disease and weed control* (pp. 29-42). Academic Press.
- [AGB 22] AGBOOLA, A. R., OKONKWO, C. O., AGWUPUYE, E. I., MBEH, G. 2022. Biopesticides and conventional pesticides: Comparative review of mechanism of action and future perspectives. *AROC Agriculture*. n°1, pp. 14-32.
- [AHM 22] AHMED, M., JAVEED, A., SAJID, A. R., ULLAH, S., SALEEM, R. Q., AHMAD, Z. et al. (2022). Biopesticides: a healthy alternative of hazardous chemical pesticides, current development and status in China. *Biomedical Letters*. n°8(2), pp. 98-108.
- [ANA 19] ANAKWUE, R. 2019. Cardiotoxicity of pesticides: are Africans at risk?. *Cardiovascular toxicology*. n°19(2), pp. 95-104.
- [AUL 17] AULAGNIER, A., GOULET, F. (2017). Des technologies controversées et de leurs alternatives. Le cas des pesticides agricoles en France. *Sociologie du travail*. n°59(3).
- [AYI 23] AYILARA, M. S., ADELEKE, B. S., AKINOLA, S. A., FAYOSE, C. A., ADEYEMI, U. T., GBADEGESIN, L. A., et al. 2023. Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Frontiers in microbiology*. n°14, 1040901.
- [BAR 94] BARBERIS G., 1994. *Législation sur l'homologation des pesticides*. FAO, Vol. 51.
- [BOR 18] BORTOLI, S., COUMOUL, X. 2018. Impact of pesticides on human health. *Pratique en Nutrition*. n°14, pp. 18-24
- [CAB 25] CABI BioProtection Portal. 2025. La plus grande ressource gratuite pour la protection biologique des plantes. Consulté le 6 Aout 2025, sur <https://bioprotectionportal.com/fr/>.
- [CAI 08] CAI, D. W. 2008. Understand the role of chemical pesticides and prevent misuses of pesticides. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*. n°1(6), pp. 36–38.
- [CLE 07] CLEMSON HGIC. 2007. *Organic pesticides and biopesticides, Clemson extension, home and garden information center*. Clemson University, Clemson.
- [COO 07] COOPER, J., DOBSON, H. 2007. The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop protection*. n°26(9), pp. 1337-1348.
- [CUR 20] CURL, C. L., SPIVAK, M., PHINNEY, R., MONTROSE, L. 2020. Synthetic pesticides and health in vulnerable populations: agricultural workers. *Current environmental health reports*. n°7(1), pp. 13-29.
- [DAM 18] DAMALAS C A, KOUTROUBAS S D. 2018. Current status and recent developments in biopesticide use. *Agriculture*, n°8(1), 13.
- [DAR 23] DARABAN, G. M., HLIHOR, R. M., SUTEU, D. 2023. Pesticides vs. biopesticides: From pest management to toxicity and impacts on the environment and human health. *Toxics*. n°11(12), 983.
- [DEB 71] DEBACH, P., ROSEN, D., KENNETT, C. E. 1971. Biological control of coccids by introduced natural enemies. In *Biological Control: Proceedings of an AAAS Symposium on Biological Control*, Boston, Massachusetts December 30–31, 1969 (pp. 165-194). Boston, MA: Springer US.
- [DEF 07] DE FARIA, M. R., WRIGHT, S. P. 2007. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological control*. n°43(3), pp. 237-256.
- [DEG 23] DEGUINE, J. P. (2023). Lutte biologique et biocontrôle: un besoin de clarification. *Cahiers Agricultures*. n°32(11).
- [DES 22] DESNEUX, N., HAN, P., MANSOUR, R., ARNO, J., BREVAULT, T., CAMPOS, M. R. et al. 2022. Integrated pest management of *Tuta absoluta*: practical implementations across different world regions. *Journal of Pest Science*. n°95(1), pp. 17-39.
- [EEA 25] EEA (Agence européenne pour l'environnement). 2025. Biopesticide. Consulté le 4 novembre 2025, sur <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/chm-biodiversity/biopesticide>.

[FAO 17] FAO, WHO. 2017. *Guidelines for the registration of microbial, botanical and semiochemical pest control agents for plant protection and public health uses*. FAO/WHO, pp. 1-86.

[FAO 23] FAOSTAT. 2023. Pesticides use. Consulté le 6 Aout 2025, sur <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

[FAO 24] FAO. 2024. Pesticides use and trade – 1990–2022. *FAOSTAT Analytical Briefs*, n°89.

[FAO 90] FAO. 1990. Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides. Rome.

[GOU 22] GOULET, F., AULAGNIER, A., & HUBERT, M. (2023). Strong withdrawal or weak withdrawal? Problematization of pesticides and categorization of their alternatives in Argentina, Brazil and France. In Goulet, Frédéric, and Vinck, Dominique (eds.) *New Horizons for Innovation Studies* (pp. 153-167). Edward Elgar Publishing.

[HAS 20] HASHIMI, M. H., HASHIMI, R., RYAN, Q. 2020. Toxic effects of pesticides on humans, plants, animals, pollinators and beneficial organisms. *Asian Plant Research Journal*. n° 5(4), pp. 37-47.

[ISH 24] ISHII-ADAJAR, H., CAMERON, K., PALMER, C., LI, A. O., KADZAMIRA, M. A., FLEMING, S. et al. (2024). A Review of CABI Digital Tools for Plant Health and Pest Risk Management. *Journal of Agricultural & Food Information*. n°25(1-4), pp. 3-24.

[KES 20] KESWANI C. 2020. *Bioeconomy for Sustainable Development*. Springer-Nature: Singapore p. 388, ISBN 978-981-13-9430-0.

[KUM 2] KUMAR S, SINGH A. 2015. Biopesticides: present status and the future prospects. *Journal of Fertilizers & Pesticides*. n° 6(2), pp. 1-2.

[LEA 14] LEAHY, J., MENDELSON, M., KOUGH, J., JONES, R., BERCKES, N. 2014. Biopesticide oversight and registration at the US Environmental Protection Agency. *ACS Symposium Series*. Vol. 1172, pp. 3-18.

[MAR 07] MARRONE P G. 2007. Barriers to adoption of biological control agents and biological pesticides. *CABI Reviews*, n°051(2), 12p.

[MAR 24] MARRONE, P. G. 2024. Status of the biopesticide market and prospects for new bioherbicides. *Pest Management Science*, n°80(1), pp. 81-86

[MIL 94] MILNER, R. J. 1994. History of *Bacillus thuringiensis*. *Agriculture, ecosystems & environment*. n°49(1), pp. 9-13.

[MIS 14] MISHRA, J., TEWARI, S., SINGH, S., ARORA, N. K. 2014. Biopesticides: where we stand?. In *Plant microbes symbiosis: applied facets* (pp. 37-75). New Delhi: Springer India.

[NAT 24] NATH C P, SINGH R G, CHOUDHARY V K, DATTA D, NANDAN R, SINGH S S. 2024. Challenges and alternatives of herbicide-based weed management. *Agronomy*. n°14(1), 126.

[PHA 23] PHAN N T, RAJOTTE E G, SMAGGHE G, REN Z X, BIDDINGER D J, JOSHI N K. 2023. Agricultural pesticide regulatory environment for pollinator protection across geographical regions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. n 7, 1241601.

[PIM 05] PIMENTEL, D. 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, development and sustainability*. n°7(2), pp. 229–252.

[PIM 09] PIMENTEL, D. 2009. Pesticides and pest control. In Peshin, R., Dhawan, A.K. (eds) *Integrated pest management: innovation-development process* (pp. 83-87). Springer.

[PIM 97] PIMENTEL, D., GREINER, A. 1997. Environmental and socio-economics impacts of pesticide use. In Pimentel, David (ed.) *Techniques for reducing pesticide use: environmental an economics benefits* (pp. 51-78). John Wiley & Sons.

[PRA 65] PRAMER, D. 1965. Symposium on microbial insecticides. 3. Fungal parasites of insects and nematodes. *Bacteriological Reviews*. n°29(3), pp. 382-387.

[SAN 11] SANCHIS, V. 2011. From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: history of the biopesticide *Bacillus thuringiensis*. A review. *Agronomy for sustainable development*. n° 31(1), pp. 217-231.

[SCH 12] SCHREINEMACHERS P, TIPRAQSA P. 2012. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries. *Food policy*. n°37(6), pp. 616-626.

[WAY 92] WAY, M. J., AND KHOO, K. C. 1992. Role of ants in pest-management. *Annual Review of Entomology*. n°37, pp. 479-503.

[YAD 22] YADAV R. 2022. Biopesticides: Current status and future prospects. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, n° 12(3), 211.

[ZHA 11] ZHANG, W., JIANG, F., OU, J. 2011. Global pesticide consumption and pollution: With China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. n°1(2), 125-144.

[ZHO 24] ZHOU W, LI M, ACHAL V. 2024. A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*. Vol. 1(11), 100410.