



Projet BioInnovation Afrique



coopération
allemande
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Mise en œuvre par

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

État phytosanitaire et étude épidémiologique sur les maladies et ravageurs du gingembre dans la région de Beforona, Moramanga



Étude réalisée par l'équipe du FOFIFA – Département de Recherches Agronomiques,
dans le cadre du Projet BioInnovation Afrique, financé par le GIZ

FOFIFA-DEPARTEMENT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
Ambatobe, Antananarivo

(Septembre 2025)

SOMMAIRE

CHAPITRE I – ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

- I.1. Cadre de l'étude
- I.2. Approche méthodologique
- I.3. Profil des producteurs, itinéraires techniques et situation sanitaire globale
 - Profil socio-démographique
 - Contexte agro-environnemental
 - Superficie et structure foncière
 - Pratiques culturales
 - Gestion des semences
 - Fertilisation et intrants
 - Dynamique saisonnière et symptomatologie
 - Modes de progression et dispersion
 - Transmission inter-parcellaire
 - Impacts économiques et phytosanitaires
- I.4. Analyse comparative épidémiologique et phytosanitaire par zone de production
 - Bemanasa : zone la plus critique
 - Antanambao : foyer épidémique régional
 - Ambohimarina : petites surfaces, grandes pertes
 - Ambatomasina : foyer modéré mais en extension
 - Antsakarivo : diversité symptomatique et forte diffusion
- I.5. Synthèse transversale : dynamique épidémiologique du gingembre à Beforona
 - Sources d'inoculum
 - Modes de dispersion
 - Facteurs favorables aux maladies
 - Importance phytosanitaire et économique

CHAPITRE II – EXAMEN PHYTOPATHOLOGIQUE

- II.1. Objet de l'étude
- II.2. Approche méthodologique
- II.3. Résultats d'analyse
 - Inventaire des bioagresseurs
 - Prévalence globale
 - Répartition par localité
 - Co-infections et synergies pathogènes
- II.4. Calendrier cultural du gingembre et périodes critiques de maladies et ravageurs

CHAPITRE III – GESTION INTÉGRÉE DES BIOAGRESSEURS

III.1. Principes généraux

III.2. Gestion des semences

III.3. Gestion culturale et aménagements

- Rotation et diversification
- Amélioration du drainage et du travail du sol
- Apports organiques et hygiène culturale
- Gestion des sols infectés et des zones à risque topographique
- Lutte intégrée contre les vers blancs

III.4. Stratégies communautaires et organisationnelles

III.5. Cultures hôtes à éviter dans les zones contaminées

III.6. Plantes et cultures qui limitent ou détruisent les bioagresseurs

III.7. Scénarios de gestion intégrée des bioagresseurs

- Scénario 1 : Rotation assainissante à long terme
- Scénario 2 : Rotation moyenne pour zones modérément infectées
- Scénario 3 : Rotation rapide pour zones à risque faible
- Scénario 4 : Rotation agroforestière pour bas-fonds humides
- Scénario 5 : Système mixte production–régénération continue

CHAPITRE IV – PERSPECTIVES DE COLLABORATION AVEC LE FOFIFA POUR LA REHABILITATION DURABLE DE LA FILIÈRE GINGEMBRE

IV.1. Recherche appliquée et développement de biointrants locaux

IV.2. Production et diffusion de semences saines

IV.3. Innovation agronomique et gestion durable des sols

IV.4. Renforcement des capacités et transfert technologiques

IV.5. Appui institutionnel à la filière

CONCLUSION GÉNÉRALE : LIMITE DE L'ÉTUDE

Annexe 1 : Outil d'enquête épidémiologique

CHAPITRE I : ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE

I.1. Cadre de l'étude

La culture du gingembre occupe une place importante dans les systèmes de production agricole de la région de Beforona, notamment pour les débouchés commerciaux. Toutefois, au cours des dernières années, cette spéculation fait face à de graves contraintes phytosanitaires, se traduisant par une baisse significative de la productivité et de la rentabilité des exploitations. Les producteurs rapportent de plus en plus fréquemment l'apparition de maladies affectant le feuillage, la tige et surtout les rhizomes, entraînant des pertes post-récolte considérables et menaçant la durabilité de la filière.

Afin de mieux comprendre la situation, une enquête épidémiologique a été conduite dans cinq zones représentatives de la région de Beforona (Antsakarivo, Ambatomasina, Antanambao, Bemanasa et Ambohimarina) auprès de 54 producteurs de gingembre.

Les données recueillies couvrent plusieurs dimensions :

- le profil socio-économique des producteurs et leurs pratiques culturelles,
- les symptômes phytosanitaires observés sur les plantes,
- les niveaux d'incidence et de pertes estimés,
- ainsi que les modes de gestion mis en œuvre par les producteurs face aux maladies et ravageurs.

Cette analyse vise à :

- identifier les sources d'inoculum,
- préciser les modes de dispersion des bioagresseurs,
- déterminer les facteurs favorables aux maladies,
- et évaluer l'importance économique et phytosanitaire des pathologies rencontrées.

Cette compréhension approfondie constitue une base essentielle pour formuler des recommandations pratiques et orienter la mise en place de stratégies de gestion intégrée adaptées aux conditions locales.

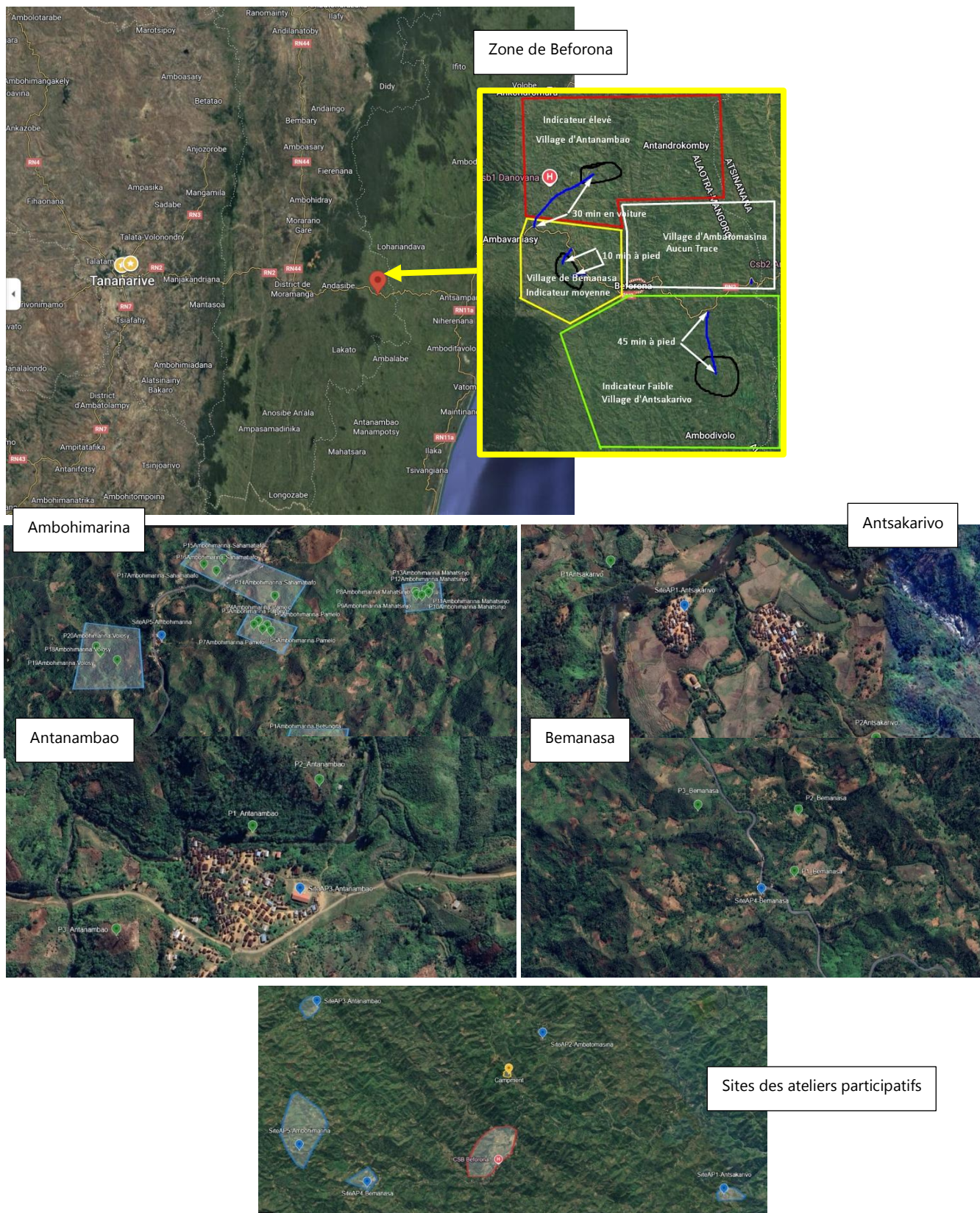


Figure 1. Localisation des sites d'interventions

I.2. Approche méthodologique

Une enquête épidémiologique participative, combinant observations de terrain, collecte de données auprès des producteurs et analyses phytosanitaires ciblées a été réalisée en Juillet 2025 dans la commune de Beforona (district de Moramanga, région Alaotra Mangoro). Cinq zones représentatives de la commune ont été couvertes (Antsakarivo, Ambatomasina, Antanambao, Bemanasa et Ambohimarina), avec un échantillonnage total de 54 producteurs. Pour chaque producteur enquêté, une fiche normalisée (Annexe 1) a permis de recueillir des informations générales (identité du producteur, localisation GPS, superficie, type de sol, historique cultural), des données phytosanitaires (symptômes observés, date et stade d'apparition, parties atteintes, nombre de plants malades, incidence et sévérité), ainsi que des facteurs environnementaux (pluviométrie, température, état du sol, ombrage).

Le protocole d'échantillonnage a intégré différents types de bioagresseurs :

- prélèvement de tiges, feuilles et rhizomes pour les maladies fongiques et bactériennes,
- extraction de racines et de sol pour les nématodes,
- capture directe et piégeage pour les insectes ravageurs,
- collecte de feuilles symptomatiques pour les suspicions virales

Les données sur les pratiques culturelles locales ont été relevées à travers des entretiens avec les producteurs, couvrant l'origine des semences, l'usage d'intrants (compost, fumier, traitements chimiques ou biologiques), les rotations culturales, les pratiques de gestion des maladies et ravageurs et la perception de l'efficacité des interventions. Cette méthodologie a permis d'établir un diagnostic complet, en reliant les symptômes observés, les facteurs de risque et les modes de gestion aux dynamiques épidémiologiques locales, afin de dégager des pistes de recommandations adaptées.



Figure 2. Enquête épidémiologique menée auprès des producteurs

I.3. Profil des producteurs, itinéraires techniques et situation sanitaire globale

– Profil socio-démographique des producteurs

Les producteurs de gingembre enquêtés dans la zone de Beforona couvrent une tranche d'âge allant de 20 à 70 ans avec une majorité de jeunes (40,7 % inférieur à 35 ans) et de producteurs d'âge intermédiaire (31,5 % entre 36 à 50 ans) et près d'un tiers de producteurs âgés (27,8 % supérieur à 50 ans) ; ce qui témoigne de l'engagement intergénérationnel dans cette culture. Ces derniers, souvent expérimentés, s'appuient encore largement sur des pratiques traditionnelles, notamment la réutilisation des semences, culture répétée sur la même parcelle, absence de rotation, qui favorisent la persistance des maladies. La majorité des enquêtés sont des femmes (75,9 %), confirmant leur rôle central dans la gestion et la production de gingembre.

– Contexte agro-environnemental

Les contextes diffèrent selon les zones prospectées (Antsakarivo, Ambatomasina, Antanambao, Bemanasa, Ambohimarina). La majorité des parcelles (83,3 %) sont situées en pente, ce qui favorise le ruissellement et la dissémination rapide des inoculums telluriques. À l'inverse, environ 14,8 % des parcelles sont situées en bas-fonds, où elles sont exposées aux inondations et reçoivent l'eau de ruissellement en provenance des parcelles amont potentiellement infectées. Ces conditions créent un environnement idéal pour le développement de pathogènes telluriques tels que *Ralstonia solanacearum* et *Pythium spp.* Ces caractéristiques topographiques renforcent la vulnérabilité sanitaire des cultures de gingembre et expliquent en partie la gravité des foyers observés dans les zones basses et mal drainées.

– Superficie cultivée et structure foncière

Les superficies exploitées s'étendent de moins de 2 ares à un maximum de 0,5 ha. La grande majorité des producteurs (≈72,5 %) cultivent sur des micro-parcelles inférieures à 5 ares, tandis que seuls 9,8 % disposent de surfaces comprises entre 1 à 5 ha. Ce système de micro-exploitations familiales limite fortement les possibilités de diversification culturale et accentuant les risques sanitaires.

– Pratiques culturales

En matière de pratiques culturales, 46,3 % des producteurs cultivent exclusivement du gingembre (monoculture stricte), tandis qu'environ 40,7 % associent cette culture à d'autres spéculations comme le maïs, le riz, le haricot ou le manioc. Toutefois, ces associations sont motivées avant tout par des considérations alimentaires et économiques plutôt que par une logique de gestion sanitaire, et n'apparaissent pas comme une stratégie permettant de réduire l'incidence des maladies. La monoculture répétée est accentuée par le fait que 75,9 % des parcelles sont cultivées chaque année sans période de jachère, et qu'une proportion notable de producteurs maintient le gingembre sur la même parcelle pendant plusieurs années consécutives (jusqu'à 4 ans). Lorsqu'une rotation est pratiquée, elle se limite généralement à

l'alternance avec le riz, le maïs ou le manioc, qui ne semble pas suffire à diminuer la pression sanitaire observée sur le terrain.

– Gestion des semences

La gestion des semences constitue un facteur clé de vulnérabilité : 48 % des producteurs réutilisent systématiquement leurs rhizomes d'une saison à l'autre, parfois plusieurs années de suite, sans contrôle sanitaire. Seule une minorité (≈ 12 %) change régulièrement de semences, souvent en achetant ou en renouvelant une partie du stock. Cette réutilisation prolongée favorise la survie de pathogènes telluriques majeurs (*Ralstonia solanacearum*, *Fusarium spp.*, nématodes à galles).

– Fertilisation et intrants

L'usage d'intrants demeure très limité : les intrants chimiques sont quasi absents (98 %), tandis que le compost et le fumier ne sont utilisés que par une minorité de producteurs (9,2 %). La fertilisation reste dans l'ensemble aléatoire et non raisonnée. Combinée à des densités de plantation souvent élevées et à un drainage insuffisant (52,2 %), cette carence en apports nutritifs accroît la sensibilité des plants et favorise la propagation rapide des maladies telluriques. Par ailleurs, le travail du sol reste essentiellement manuel et superficiel (84 %), les outils utilisés pouvant constituer des vecteurs mécaniques de dissémination des pathogènes d'une parcelle à l'autre.

– Dynamique saisonnière et symptomatologie

Les symptômes apparaissent majoritairement en saison des pluies (55%), entre 2 et 3 mois après plantation, synchrones avec les conditions d'humidité et de chaleur propices aux agents telluriques et hydriques. Les maladies les plus fréquemment observées sont le jaunissement foliaire (90 % des parcelles), le flétrissement (78 %), et les pourritures du collet et des rhizomes (92 %) mais aussi nécroses et moisissures (72 %).

– Modes de progression et dispersion

La progression des maladies débute le plus souvent sous forme de foyers localisés : 41,5 % des producteurs signalent une apparition aléatoire et dispersée dans la parcelle. D'autres évoquent une localisation plus précise, notamment au centre (24,5 %) ou en bordure (18,9 %), tandis que seuls 7,5 % rapportent une apparition généralisée dès le départ. Près de 60 % des producteurs décrivent une dispersion rapide, contre seulement 24,5 % qui la qualifient de lente. La vitesse de propagation est parfois jugée subite (3,8 %) ou dépendante des conditions d'humidité et de saison (≈ 6 %). Ces résultats montrent que la dynamique épidémiologique du gingembre à Beforona est fortement conditionnée par l'humidité du sol et la saison des pluies, favorisant une expansion accélérée des foyers infectieux.

– Transmission inter-parcellaire

La transmission inter-parcellaire est manifeste : des producteurs signalent que les maladies apparaissent d'abord dans une parcelle puis dans les voisines (64,8 %). L'absence de pratiques préventives renforce cette propagation : aucun producteur ne déclare désinfecter ses outils, 59 % se contentent d'arracher les plants malades sans destruction appropriée, et 75,9 % cultivent leurs parcelles chaque année sans jachère. Ces pratiques maintiennent un niveau élevé d'inoculum et facilitent la dissémination des maladies d'une parcelle à l'autre. La majorité des producteurs (79,6 %) rapporte la présence des maladies dès la saison précédente, confirmant la permanence de l'inoculum dans les sols et les semences.

– Impacts économiques et phytosanitaires

Les niveaux épidémiologiques sont préoccupants : en moyenne, 61 % des plants dans une parcelle sont affectés, et les pertes estimées s'élèvent à 77 % des rendements. Ce taux élevé témoigne de l'impact sévère des maladies sur la productivité locale. Face à cette situation, environ 59 % des producteurs arrachent les plants malades, mais rarement avec destruction adéquate, perpétuant ainsi le cycle infectieux. Par ailleurs, 70 % des producteurs n'appliquent aucun traitement. Quelques-uns (3 producteurs) utilisent des solutions biologiques comme le Sodifafana, jugées partiellement efficaces. Enfin, la diversité génétique est extrêmement faible : très peu de variétés alternatives tolérantes sont cultivées, ce qui accroît la vulnérabilité de la filière.

Dans l'ensemble, l'analyse met en lumière un système de production caractérisé par la monoculture répétée, un recours limité à l'association, une rotation quasi inexistante, la réutilisation sans contrôle de semences infectées et des conditions agronomiques favorables aux maladies. Ces éléments, combinés au contexte climatique et pédologique local, créent un milieu extrêmement propice à la persistance, la dissémination et la gravité des bioagresseurs. Le défi est majeur, tant pour la viabilité phytosanitaire que pour la rentabilité économique de la culture du gingembre à Beforona.



Figure 3. Parcelle de culture prospectée

I.4. Analyse comparative épidémiologique et phytosanitaire par zone de production

- Bemanasa : la zone la plus critique

Bemanasa représente la situation la plus alarmante. Les semences autoproduites et les sols saturés en pathogènes constituent les principales sources d'inoculum. La dispersion est amplifiée par les inondations fréquentes et le ruissellement, dans un contexte d'absence totale de pratiques de gestion. Les bas-fonds mal drainés, la monoculture répétée et l'absence de traitements créent des conditions idéales pour le développement des maladies. Les pertes économiques sont totales : 64 % d'incidence et 100 % de pertes signalées. Bemanasa peut être également considéré aussi comme un foyer épidémique, où la culture du gingembre est menacée de disparition si aucune stratégie intégrée n'est mise en place.

– Antanambao : un foyer épidémique régional

Antanambao illustre la situation la plus préoccupante menaçant la durabilité de la culture dans la région entière. Les semences réutilisées quasi systématiquement et les sols sur-exploités sont les principales sources d'inoculum. Les maladies se propagent rapidement via le ruissellement et les outils, touchant plusieurs parcelles voisines. La rotation est quasiment absente, la jachère inexistante et le drainage insuffisant, renforçant un environnement favorable aux pathogènes. Les conséquences économiques rapportées sont dramatiques : une incidence moyenne de 75,5 % et des pertes atteignant 92,5 %.

– Ambohimarina : petites surfaces mais grandes pertes

Dans cette zone, les producteurs s'appuient sur des semences locales non contrôlées, ce qui alimente les sols en pathogènes. La dispersion est facilitée par le ruissellement et par l'absence de destruction appropriée des plants malades. Les parcelles, généralement très petites ($\approx 429 \text{ m}^2$), sont fortement densifiées et cultivées sans jachère, ce qui accentue la pression pathogène. Sur le plan économique, les dégâts sont sévères : une incidence moyenne de 61 % et des pertes atteignant 85 %. L'absence de pratiques de gestion efficaces, combinée au faible recours aux traitements (26,7 %), fait de cette zone une aire hautement vulnérable.

– Ambatomasina : un foyer modéré mais en extension potentielle

À Ambatomasina, les sources d'inoculum proviennent surtout des rhizomes autoproduits réutilisés d'une saison à l'autre, ce qui maintient la présence des pathogènes dans le sol. La dispersion se fait principalement par le ruissellement et l'utilisation d'outils contaminés, favorisant une propagation lente mais persistante. L'absence de jachère, les densités élevées et un drainage imparfait contribuent à la survie des maladies. Les pertes économiques sont relativement limitées (43,3 % d'incidence et 45 % de pertes), ce qui en fait la zone la moins touchée. Toutefois, la présence régulière de symptômes comme le flétrissement confirme l'installation d'un inoculum latent qui pourrait s'amplifier en l'absence de mesures adaptées.

– Antsakarivo : diversité symptomatique et forte diffusion

À Antsakarivo, les rhizomes issus de la récolte précédente et les sols contaminés constituent les principales sources d'inoculum. Les maladies apparaissent d'abord sous forme de foyers localisés avant de se diffuser rapidement grâce au ruissellement sur les parcelles en pente et à l'utilisation d'outils agricoles non désinfectés. Les densités de plantation élevées et le drainage insuffisant créent des conditions propices à l'infection. Les pertes sont significatives (57 % d'incidence et 58,5 % de pertes), mais moins extrêmes que dans d'autres zones. La diversité des symptômes (flétrissement, jaunissement, pourriture) témoigne de la présence probable de plusieurs agents pathogènes, rendant la gestion plus complexe et augmentant le risque de diffusion inter-parcellaire.



Figure 4. Cartographie de chaque zone de production avec la localisation des parcelles de production et l'importance des maladies

(● maladie importante, ● ou ● maladie modérée, ● pas de maladie observée)

I.4. Synthèse transversale : dynamique épidémiologique du gingembre à Beforona

L'analyse comparée des cinq zones de production étudiées (Ambohimarina, Antanambao, Ambatomasina, Antsakarivo et Bemanasa) met en évidence des dynamiques épidémiologiques contrastées mais globalement préoccupantes, traduisant une forte vulnérabilité phytosanitaire de la filière.

– Sources d'inoculum

Dans toutes les zones, les semences locales autoproduites et réutilisées constituent la principale source d'inoculum. Cette pratique favorise la survie des pathogènes dans le sol et leur accumulation au fil des cycles. Les sols sur-exploités et cultivés en continu sans jachère renforcent cette accumulation.

– Modes de dispersion

Le ruissellement en pente et les outils agricoles non désinfectés apparaissent comme les principaux vecteurs de dissémination des maladies. À Bemanasa, les inondations fréquentes accélèrent la diffusion des bioagresseurs entre parcelles, tandis qu'à Antsakarivo, la topographie en pente contribue fortement à la propagation.

– Facteurs favorables aux maladies

Les facteurs favorisant la persistance des maladies sont similaires : densités de plantation élevées, drainage insuffisant et monoculture répétée sans jachère. Ces pratiques créent un environnement propice aux bioagresseurs telluriques et hydriques. Les bas-fonds mal drainés de Bemanasa constituent un facteur aggravant supplémentaire, expliquant les pertes totales rapportées.

– Importance phytosanitaire

Toutes les zones présentent un large spectre symptomatique (flétrissement, jaunissement, pourritures, nécroses), ce qui suggère la co-existence de plusieurs agents pathogènes.

- Les zones critiques (Bemanasa et Antanambao) constituent des réservoirs régionaux de pathogènes.
- Les zones intermédiaires (Ambohimarina, Antsakarivo) subissent déjà des pertes élevées, aggravées par les pratiques culturales et l'absence de renouvellement sanitaire.
- La zone modérée (Ambatomasina) illustre un potentiel foyer épidémique latent.

Tableau 1. Synthèse comparative des indicateurs épidémiologiques et pratiques de gestion par zone

Zone	Sources d'inoculum	Modes de dispersion potentiels	Facteurs favorables	Incidence / Pertes	Pratiques de gestion	Importance économique & phytosanitaire
Ambohimarina	Semences locales non contrôlées ; sols contaminés	Ruissellement ; absence de destruction des plants malades	Petites surfaces densifiées ; pas de jachère	61 % / 85 %	Arrachage sans destruction ; utilisation de Sodifafana (faible efficacité)	Forte vulnérabilité, pertes sévères sur petites surfaces
Antanambao	Réutilisation quasi systématique ; sols surexploités	Ruissellement et outils contaminés	Monoculture répétée ; absence de rotation ; drainage insuffisant	75,5 % / 92,5 %	Arrachage limité ; peu de traitements	Épicentre épidémique régional, menace la durabilité
Ambatomasina	Rhizomes autoproduits réutilisés ; inoculum latent	Ruissellement ; outils contaminés	Densités élevées ; absence de jachère ; drainage imparfait	43,3 % / 45 %	Gestion partielle (arrachage sans destruction) ; 50 % utilisent traitements (efficacité partielle)	Zone modérée mais en extension potentielle
Antsakarivo	Rhizomes issus de récoltes précédentes ; sols contaminés	Ruissellement en pente ; outils non désinfectés	Forte densité ; drainage insuffisant	57 % / 58,5 %	Arrachage fréquent sans destruction ; 46,2 % utilisent traitements (efficacité mitigée)	Situation intermédiaire, diversité symptomatique forte et diffusion rapide
Bemanasa	Semences autoproduites ; sols saturés en pathogènes	Inondations fréquentes ; ruissellement	Bas-fonds mal drainés ; monoculture répétée ; absence de traitement	64 % / 100 %	Aucune pratique de gestion ; 0 % traitements	Zone la plus critique, pertes totales, menace de disparition de la culture

CHAPITRE II : EXAMEN PHYTOPATHOLOGIQUE

II.1. Objet de l'étude

L'analyse épidémiologique conduite au chapitre précédent a mis en évidence l'ampleur des contraintes phytosanitaires pesant sur la culture du gingembre à Beforona, ainsi que la diversité des symptômes observés dans les différentes zones de production. Toutefois, la nature précise des bioagresseurs en cause – champignons, bactéries, nématodes ou autres ravageurs – demeure encore imparfaitement documentée, alors qu'elle conditionne la mise en place de mesures de gestion adaptées.

La présente étude vise à approfondir la compréhension des agents pathogènes et organismes nuisibles associés au gingembre à travers un diagnostic phytosanitaire approfondi afin d'identifier les agents pathogènes et ravageurs associés au gingembre et d'en évaluer l'importance relative dans chaque zone de production.

II.2. Approche méthodologique

Des prélèvements ont été conduits dans quatre zones représentatives de production de gingembre dans la commune de Beforona : Ambohimarina (5 sites), Bemanasa (3 sites), Antsakarivo (3 sites) et Antanambao (3 sites). Dans chacune des sites inventoriées, cinq échantillons de rhizomes et de tissus végétaux – sélectionnés à la fois parmi des plants symptomatiques et des plants apparemment sains – ont été prélevés selon une méthode systématique en W. Cette approche a permis d'assurer une représentativité spatiale des prélèvements tout en intégrant l'hétérogénéité intra-parcellaire.

Les échantillons collectés ont ensuite fait l'objet de :

- Observations macroscopiques, visant à caractériser les symptômes visibles au champ (flétrissement, jaunissement foliaire, pourritures de racines et de rhizomes, déformations, galles) ;
- Analyses microscopiques, permettant de détecter et d'identifier les structures pathogènes (nématodes, hyphes fongiques, spores, bactéries).
- Cultures sur milieux gélosés spécifiques, destinées à isoler et confirmer en laboratoire les bioagresseurs détectés (champignons, bactéries), afin de consolider les observations macroscopiques et microscopiques.

L'analyse a porté principalement sur la présence de phytopathogènes telluriques (nématodes, champignons, bactéries) et d'autres bioagresseurs secondaires, avec pour objectif de fournir une vue d'ensemble de l'état phytosanitaire de la culture de gingembre dans la zone étudiée.

II.3. Résultats d'analyse

– Inventaire des bioagresseurs

Les analyses menées sur 13 parcelles réparties dans 4 localités (Antsakarivo, Antanambao, Bemanasa, Ambohimarina) ont mis en évidence cinq groupes majeurs de bioagresseurs affectant le gingembre :

- Nématodes (*Meloidogyne* spp. et *Pratylenchus* spp. probables), parasites racinaires favorisant les pourritures ;
- *Ralstonia solanacearum*, agent du flétrissement bactérien ;
- *Rhizoctonia solani*, champignon tellurique responsable de pourritures du collet ;
- *Fusarium* spp., agents de nécroses et pourritures racinaires et rhizomiques,
- et enfin, dans le sol, la présence de larves de hannetons (Scarabaeidae, vers blancs), insectes ravageurs polyphages s'attaquant aux racines et rhizomes.

Cet inventaire corrobore les constats issus de l'atelier participatif de reconnaissance des bioagresseurs, au cours duquel des photos de symptômes typiques ont été présentées aux producteurs. Ceux-ci avaient reconnu et confirmé la présence de ces mêmes maladies et ravageurs dans leurs parcelles, en les identifiant comme des contraintes majeures de la culture de gingembre.



Figure 5 : Reconnaissance et inventaire des bioagresseurs lors de l'atelier participatif

– Prévalence globale

Sur les 62 échantillons analysés, le flétrissement bactérien causé par *Ralstonia solanacearum* domine largement (72,6 %), suivi de près par les nématodes (69,3 %). Les champignons telluriques contribuent aussi aux dépérissements, avec *Rhizoctonia solani* (46,8 %) et, plus marginalement, les *Fusarium* spp. (14,5 %). Les vers blancs (larves de Scarabaeidae) n'ont pas été détectés dans les parcelles prospectées, mais ont été retrouvés dans certaines semences de gingembre issues de la zone de Beforona. Leur importance a été largement soulignée par les producteurs lors de l'atelier participatif, où la majorité a rapporté des infestations sévères, avec des pics de présence entre novembre et décembre.

Les producteurs ont également confirmé que les symptômes de flétrissement apparaissent le plus souvent entre janvier et avril, période correspondant aux phases critiques de levée et de tubérisation. Ces constats renforcent l'idée que la pression phytosanitaire résulte d'un complexe pathologique multifactoriel, dominé par *Ralstonia solanacearum* et les nématodes, aggravé par les champignons telluriques, et amplifié par les ravageurs entomologiques selon la saison.

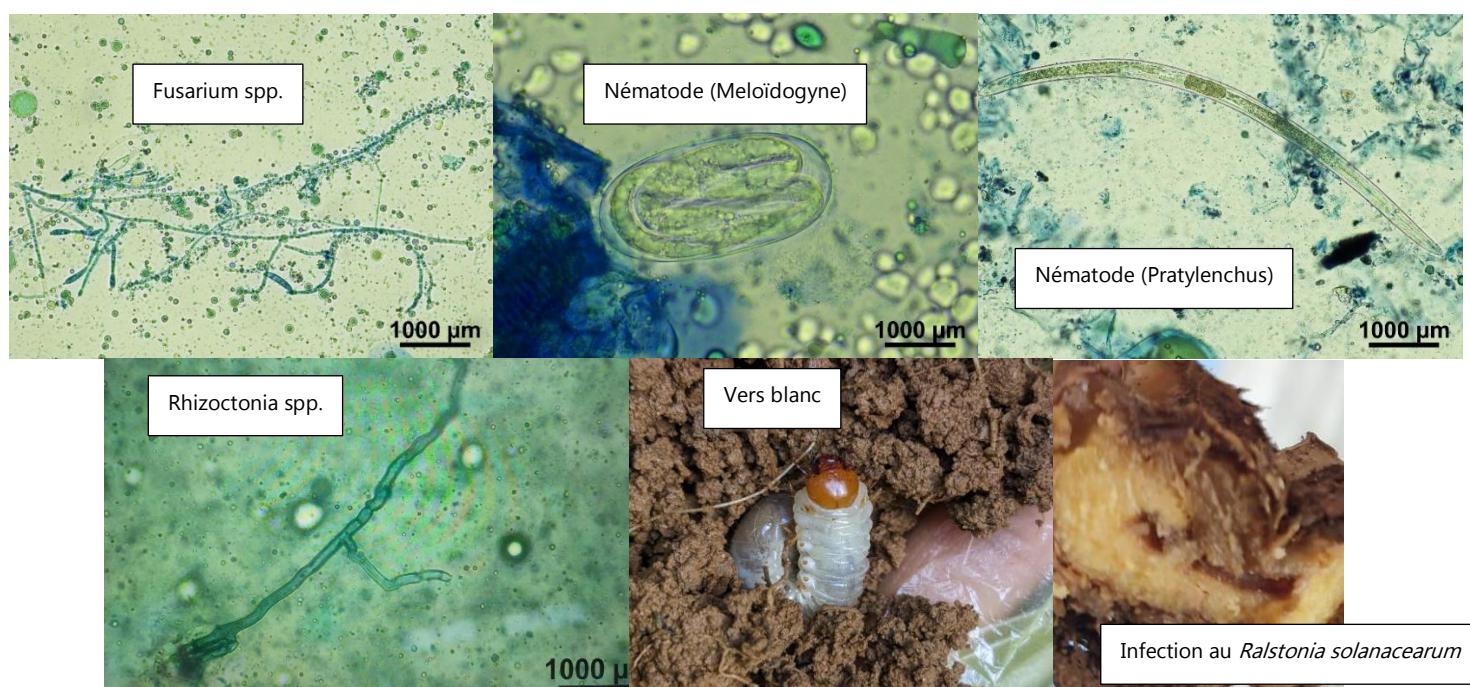


Figure 6. Les bioagresseurs associés aux maladies de la culture de gingembre

– Répartition par localité et importance des bioagresseurs

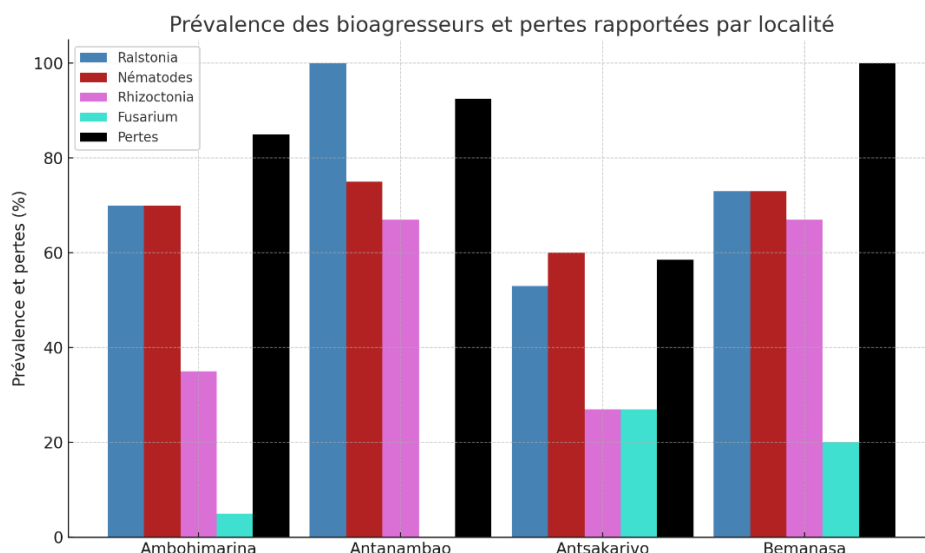


Figure 7 : Répartition des bioagresseurs et pertes rapportées par localité (%)

L'étude met en évidence des profils épidémiologiques contrastés selon les localités, avec des pertes proportionnelles à l'intensité et à la combinaison des bioagresseurs :

- À Ambohimarina, la situation est dominée par *Ralstonia solanacearum* (70 %) et les nématodes (70 %), dont l'association constitue un facteur aggravant majeur. Les bactéries provoquent des flétrissements rapides, tandis que les nématodes affaiblissent les racines et facilitent les infections secondaires. *Rhizoctonia solani* (35 %) et *Fusarium* spp. (5 %) restent secondaires mais contribuent à maintenir une pression pathologique constante. Cette combinaison explique des pertes importantes estimées à 85 %, illustrant une menace intermédiaire susceptible d'évoluer vers un foyer plus grave.
- À Antanambao, la situation est critique. Le flétrissement bactérien y atteint 100 % de prévalence, accompagné des nématodes (75 %) et de *Rhizoctonia* (67 %). Les co-infections bactéries-nématodes-champignons y sont fréquentes, conduisant à une destruction rapide des plants et à des pertes quasi totales, évaluées à plus de 92 %. Antanambao apparaît ainsi comme la zone la plus vulnérable, où le gingembre est menacé de disparition sans mesures de gestion strictes.
- À Antsakarivo, aucun agent ne domine totalement : nématodes (60 %), *Ralstonia* (53 %), *Rhizoctonia* (27 %) et *Fusarium* (27 %) se partagent l'espace pathologique. Cette configuration polymicrobienne génère une diversité de symptômes (jaunissements, flétrissements, pourritures), mais sans provoquer de foyers explosifs. Les pertes y sont estimées à près de 60 %, ce qui traduit une menace diffuse nécessitant toutefois une vigilance renforcée, car la coexistence de plusieurs pathogènes rend la gestion plus complexe.
- À Bemanasa, tous les bioagresseurs sont fortement représentés : *Ralstonia* (73 %), nématodes (73 %), *Rhizoctonia* (67 %) et *Fusarium* (20 %). Ici, les co-infections sont quasi systématiques : les nématodes facilitent l'invasion bactérienne, tandis que les

champignons entretiennent les pourritures chroniques. Cette synergie entre agents explique des pertes maximales, atteignant 100 %, faisant de Bemanasa un foyer épidémique majeur et récurrent.

Dans l'ensemble, le classement des menaces place Antanambao et Bemanasa comme foyers critiques, Ambohimarina comme zone intermédiaire à risque évolutif, et Antsakarivo comme situation polymicrobienne diffuse. La dynamique observée confirme que les co-infections jouent un rôle déterminant dans l'aggravation des dégâts, et que les pertes économiques sont directement proportionnelles à la complexité et à la dominance des bioagresseurs. Le gingembre se trouve ainsi dans une filière hautement vulnérable sans approche de gestion intégrée.

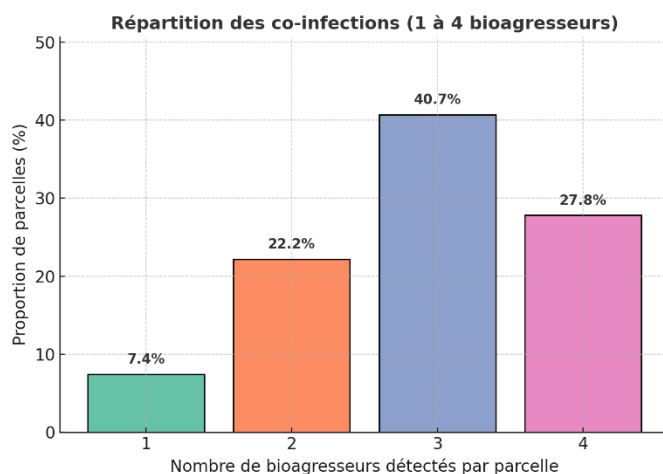


Figure 8 : Répartition des co-infections
On voit clairement que les cas de co-infections (≥ 2 agents) dominent, confirmant que la culture du gingembre est rarement affectée par un seul agent pathogène.



Figure 9 : Carte de sévérité des foyers de bioagresseurs par localité
Antanambao et Bemanasa : en rouge, foyers critiques (prévalence très élevée, co-infections majeures). Ambohimarina : en orange, situation intermédiaire avec menace évolutive. Antsakarivo : en vert, situation modérée et polymicrobienne sans foyer explosif.

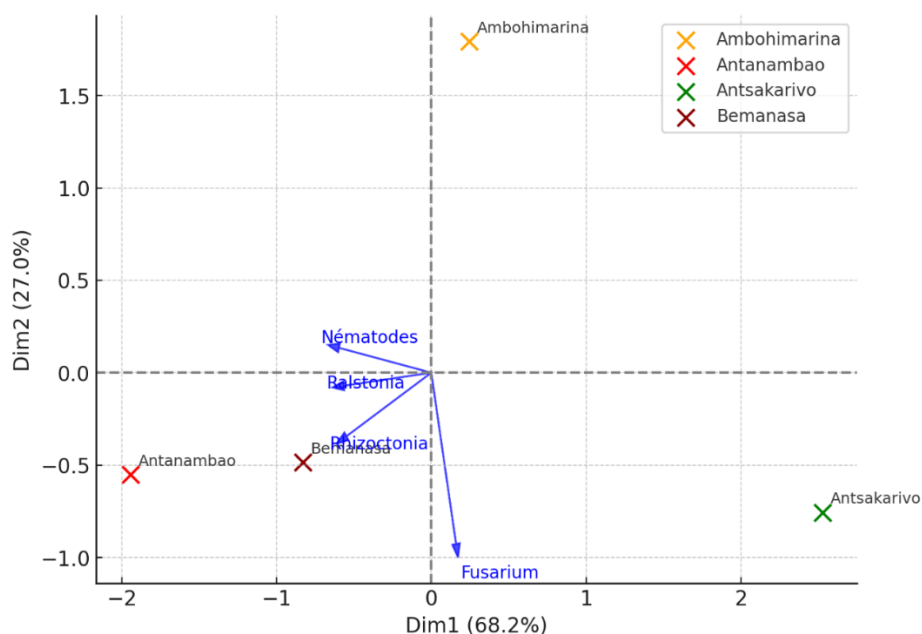


Figure 10 : ACP Bioagresseurs par localité

La dynamique épidémiologique du gingembre à Beforona est fortement conditionnée par la co-infection bactéries–nématodes–champignons, avec deux épïcèntres majeurs (Antanambao, Bemanasa) et des zones tampon à surveiller (Ambohimarina, Antsakarivo).

II.4. Calendrier culturel du gingembre et périodes critiques de maladies et ravageurs

Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Plantation											
	Pluie					Pluie					
		Vers blanc									
	Flétrissement - Jaunissement										
				Pourriture des rhizomes							
						Récolte					

Figure 10 : Cycle culturel et bioagresseurs

Ce calendrier illustre la dynamique de la culture du gingembre et des principaux bioagresseurs en interaction avec le régime pluviométrique. La plantation s'effectue de septembre à décembre, période où les premières pluies d'octobre–novembre créent des conditions favorables à la levée et au développement initial des plants. Dès novembre, les attaques de vers blancs débutent et se prolongent jusqu'en avril, avec un pic d'activité entre janvier et mars où les dégâts racinaires deviennent plus sévères. Le flétrissement et le jaunissement apparaissent précocement dès octobre et s'intensifient fortement en janvier–février, période où l'humidité élevée et la chaleur favorisent la multiplication de *Ralstonia* et des nématodes. À partir de février, les pourritures des rhizomes prennent de l'ampleur, culminant entre mars et avril, avant de persister jusqu'en août. La récolte, programmée de mars à août, intervient donc dans une phase critique où les attaques fongiques et bactériennes sont déjà bien installées, ce qui accentue les pertes post-récolte et réduit la qualité marchande des rhizomes.

CHAPITRE III. Gestion intégrée des bioagresseurs

III.1. Principes généraux

Les analyses effectuées confirment que les pertes de rendement du gingembre proviennent d'un ensemble complexe de bioagresseurs – *Ralstonia solanacearum*, nématodes, champignons telluriques (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp.) et insectes du sol (vers blancs). Ces agents sont souvent présents simultanément, générant des co-infections aggravées par des pratiques culturales à risque (semences autoproduites, drainage insuffisant, monoculture).

Ainsi, deux constats ressortent :

- Les foyers les plus critiques se concentrent à Bemanasa et Antanambao, zones où l'association bactéries–nématodes–champignons est systématique.
- Les conditions climatiques locales, en particulier l'alternance des pluies et de l'humidité, renforcent la dynamique épidémique.

Dans ce contexte, aucune mesure isolée n'est suffisante. Une gestion intégrée, combinant semences saines, pratiques culturales améliorées, hygiène, biocontrôle et organisation collective, s'impose pour réduire durablement les pertes et sécuriser la filière.

III.2. Gestion des semences

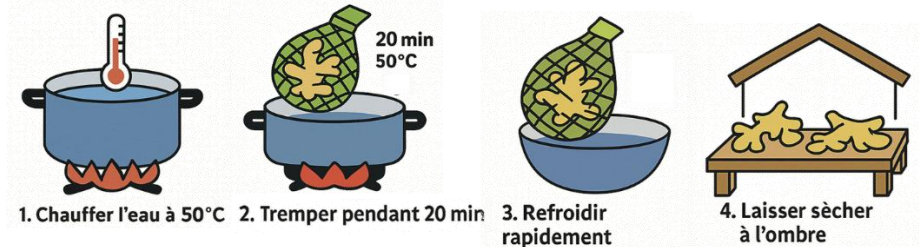
L'origine et la qualité des semences constituent le facteur le plus déterminant dans la propagation des maladies du gingembre. Les résultats de l'étude ont montré que dans les quatre zones prospectées, la majorité des parcelles sont contaminées par plusieurs bioagresseurs (*Ralstonia*, nématodes, *Rhizoctonia*, *Fusarium*).

Dans l'état actuel, les rhizomes issus des parcelles prospectées dans les quatre zones (Bemanasa, Antanambao, Ambohimarina et Antsakarivo) ne peuvent être considérés comme sains, car les parcelles sont elles-mêmes contaminées et les rhizomes hébergent, à des degrés divers, des agents pathogènes visibles ou latents. Ces parcelles ne sauraient donc servir à la production de semences. Leur réutilisation comme matériel de plantation ne ferait qu'entretenir le cycle épidémique et aggraver la situation d'une campagne à l'autre.

– Stratégies pour obtenir des semences saines

- **Choix de semences saines** : éviter absolument l'utilisation de rhizomes issus de parcelles infestées. Privilégier des semences issues de champs non contaminés ou certifiées indemnes de phytopathogènes.
- **Tri rigoureux** : éliminer systématiquement les rhizomes présentant des taches, pourritures, jaunissements ou moisissures ou malformations. Ne conserver que les rhizomes fermes issus de plants sains, sans blessure, à peau lisse.

- **Alternative en attendant la mise en place d'un système de production de semences contrôlées** : repérer et sélectionner les plants apparemment sains (sans jaunissement, flétrissement ni pourriture) pour constituer un lot de semences provisoires
- **Pré-traitement sanitaire des semences** : un trempage dans de l'eau chaude (50 °C pendant 20 minutes) permet de réduire les agents pathogènes internes et externes (*Ralstonia*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, nématodes) tout en préservant le pouvoir germinatif.



- **Mise en place de pépinières contrôlées** : Installer de petites pépinières villageoises où la surveillance sanitaire est collective. Ces pépinières servent à observer rapidement l'apparition éventuelle de symptômes avant une diffusion à grande échelle.
- **Mini-parcelles de test** : Réserver une petite surface d'essai pour chaque lot de semences pour observer l'évolution de la santé des semences avant une mise en culture à grande échelle.
- **Diversification variétale** : introduire progressivement des variétés tolérantes ou résistantes, afin de réduire la vulnérabilité à un seul génotype.
- **Perspective collective** : à moyen terme, il est indispensable de mettre en place un système villageois de multiplication et de certification locale des semences, sous l'encadrement des services techniques (FOFIFA, SOC) ou à travers une production contractuelle assurée par le FOFIFA. Un tel dispositif permettra : de produire des semences contrôlées dans des conditions strictement surveillées, de sécuriser durablement les approvisionnements des producteurs, de réduire la dépendance aux rhizomes autoproduits, souvent infectés et à l'origine de la persistance des épidémies.

III.3. Gestion culturale et aménagements

Les résultats des enquêtes et des analyses phytosanitaires montrent que la plupart des bioagresseurs identifiés dans les zones de Beforona (*Ralstonia*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, nématodes, vers blancs) trouvent leurs conditions optimales dans les systèmes de culture dégradés : monoculture répétée, drainage insuffisant, apport d'intrants organiques limité et travail du sol inadapté. Ces pratiques, combinées à la topographie (pentes, bas-fonds) et à l'humidité excessive, entretiennent les foyers infectieux et aggravent les pertes. La gestion culturale et l'aménagement des terrains deviennent donc un axe central de la lutte intégrée, visant à réhabiliter les sols, réduire la charge pathogène et restaurer la productivité.

– Gestion des sols infectés et des zones à risque topographique

• Jachère sanitaire et réhabilitation biologique :

- Mettre les sols en repos idéalement 2–3 ans pour les foyers les plus contaminés.
- Couvrir la parcelle avec des plantes non hôtes et régénératrices : *Stylosanthes*, *Crotalaria juncea*, *Brachiaria ruziziensis*, *Desmodium*, *Arachis pintoï* (couvre-sol durable). Ces espèces réduisent l'inoculum, améliorent la structure du sol et limitent l'érosion.
- Après 3 à 4 mois, enfouir la biomasse comme engrais vert pour stimuler la microflore bénéfique.

• Apports organiques et désinfection biologique :

- Eviter d'incorporer du fumier frais ou des débris organiques non décomposés qui attirent les femelles pour la ponte.
- Incorporer de la chaux agricole (dolomie) ou des cendres de bois (1 à 2 t/ha) pour augmenter le pH et réduire la survie des agents pathogènes.
- Appliquer du compost bien mûr pour favoriser la recolonisation microbienne bénéfique du sol.
- En saison chaude, recouvrir les parcelles humides d'une bâche plastique transparente pendant 4 à 6 semaines (solarisation) pour détruire partiellement l'inoculum superficiel.

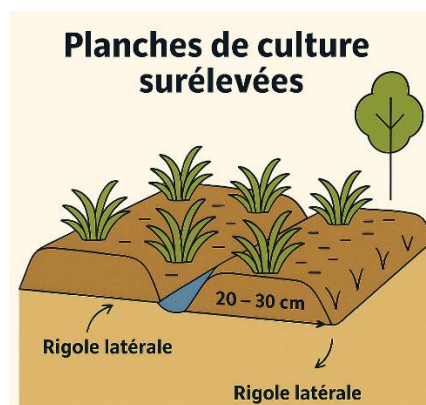
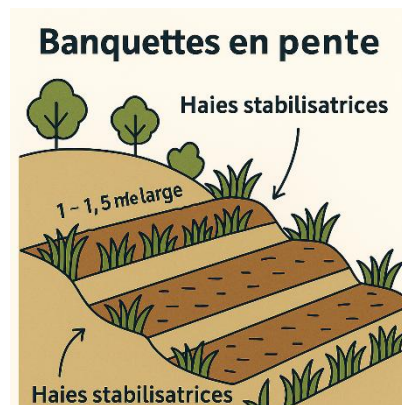
– Gestion culturale

• Rotation et diversification :

- Introduire des rotations longues (2 à 3 ans) avec des plantes non hôtes : maïs, riz pluvial, haricot, soja, pois de terre. En zones très contaminées (Bemanasa, Antanambao), prolonger la rotation à 3–4 ans minimum avant tout retour du gingembre pour casser les cycles des nématodes et champignons.

• Amélioration du drainage :

- Surélever les planches de culture de 20–30 cm et aménager des rigoles latérales pour faciliter l'écoulement.
- En pente, créer des banquettes horizontales ou terrasses étroites (1–1,5 m de large) avec haies stabilisatrices (citronnelle, vetiver).
- En bas-fonds, interdire la culture du gingembre et privilégier des plantes non hôtes (riz, pois de terre). La gestion de l'eau est essentielle : toute stagnation favorise *Ralstonia* et les pourritures.



- **Apports organiques :**
 - Incorporer du compost bien décomposé, enrichi en cendres (source de potasse) et en extraits végétaux stimulants (neem, tithonia). Ces apports améliorent la structure du sol, renforcent les défenses naturelles des plantes et limitent la survie des pathogènes.
 - Promouvoir la production locale de compost collectif et la gestion intégrée des déchets organiques.
- **Espacement et densité :** respecter un espacement de 30 à 40 cm entre plants et 60 à 70 cm entre lignes. Les plantations trop serrées favorisent l'humidité, réduisent l'aération et accélèrent la propagation des maladies.
- **Travail du sol et hygiène culturale :**
 - Pratiquer un labour profond (25–30 cm) après récolte pour enfouir les résidus infectés et exposer les larves de vers blancs à la surface.
 - Brûler les débris végétaux malades ; ne jamais les réutiliser fumure.
 - Désinfecter systématiquement les outils (houes, machettes, arrosoirs) à l'eau de javel diluée (10 %) entre deux parcelles.
- **Associations culturales :** intégrer le gingembre avec des cultures compagnes (maïs, légumineuses) pour améliorer la structure du sol et réduire la densité des pathogènes.

Tableau 2 : Rotation optimisée pour la zone humide

Année	Type de culture	Adaptation zone humide	Objectif agronomique	Bénéfice paysan
1	Riz pluvial / Maïs + Soja/pois de terre/haricot	Riz sur bas-fond, maïs sur pente	Assainir, casser le cycle bactérien	Alimentation et revenu
2	Brachiaria humidicola + Desmodium + arbustes (Gliricidia, Leucaena)	Très adapté à l'humidité, couvre-sol dense	Régénération biologique et fertilisation du sol	Fourrage et biomasse valorisable
3	Patate douce ou Manioc	Bonne tolérance à l'humidité, biomasse élevée	Couverture du sol, retour de fertilité	Vente et alimentation
4	Reprise du gingembre (sur planches surélevées et compostées)	Zones bien drainées uniquement	Production saine, relance économique	Culture principale restaurée

III.4. Stratégies communautaires et organisationnelles

La survie et le développement durable de la filière gingembre reposent sur une approche collective capable de coordonner la gestion des maladies, de sécuriser la production de semences et de renforcer la discipline communautaire, les initiatives individuelles s'avérant insuffisantes face à l'ampleur des menaces phytosanitaires.

Dans ce contexte, la mise en place de stratégies communautaires et organisationnelles constitue une condition essentielle pour préserver la filière, réduire les pertes économiques et restaurer la confiance des producteurs, des partenaires techniques et des marchés.

– Principales actions proposées

- **Comités de surveillance paysans** : mise en place d'équipes locales dans chaque fokontany, formées pour reconnaître rapidement les maladies et organiser des actions collectives (arrachage, compostage, drainage).
- **Partage de semences saines** : création de banques villageoises ou systèmes communautaires sécurisés pour la multiplication et la distribution de semences exemptes de pathogènes.
- **Formations participatives** : organisation d'ateliers pratiques sur la reconnaissance des symptômes, les méthodes d'arrachage sélectif, le compostage hygiénique et l'aménagement du sol (planches surélevées, rigoles, banquettes).
- **Parcelles écoles** : mise en place de parcelles de démonstration dans chaque fokontany, servant de support pédagogique pour l'apprentissage et la diffusion des bonnes pratiques.
- **Règles collectives (dina)** : adoption de règles locales interdisant l'introduction de semences suspectes, organisant la gestion collective des parcelles infestées et renforçant la solidarité communautaire.
- **Système d'alerte paysan** : création d'un mécanisme communautaire d'information rapide (via téléphones, radios locales ou relais villageois) pour signaler et contenir l'apparition de nouveaux foyers de maladies.

III.5. Cultures hôtes à éviter dans les zones contaminées

Pour restaurer les parcelles et réussir une rotation sanitaire, il est indispensable d'exclure temporairement les cultures sensibles ou hôtes des bioagresseurs dominants.

– Cultures hôtes de *Ralstonia solanacearum* (flétrissement bactérien)

Ce pathogène polyphage infecte de nombreuses plantes appartenant aux familles des Solanacées et Zingibéracées, ainsi que certaines légumineuses et adventices.

À éviter pendant au moins 3 ans dans les parcelles infectées :

<u>Famille</u>	<u>Cultures concernées</u>
Solanacées :	Tomate, pomme de terre, piment, aubergine, tabac
Zingibéracées :	Gingembre, curcuma, galanga
Fabacées sensibles :	Haricot, pois de terre, pois
Plantes adventices :	Morelle (<i>Solanum nigrum</i>), Bidens, Amaranthus

– Cultures hôtes des nématodes à galles

Les nématodes ont un spectre très large et persistent dans le sol plusieurs années.

A éviter :

<u>Type de culture</u>	<u>Exemples</u>
Légumineuses sensibles :	Haricot, pois, arachide, soja
Solanacées :	Tomate, aubergine, piment
Zingibéracées :	Gingembre, curcuma
Certaines cucurbitacées :	Concombre, pastèque, melon

– Cultures hôtes de champignons telluriques (*Fusarium*, *Rhizoctonia*)

Ces champignons sont très répandus et opportunistes. Ils infectent plusieurs cultures à racines charnues ou à tiges souterraines.

À éviter :

<u>Pathogène</u>	<u>Cultures sensibles</u>
<i>Fusarium spp.</i>	Patate douce, manioc, maïs, haricot, pois, tomate
<i>Rhizoctonia solani</i>	Riz, carotte, betterave, légumineuses, poireau

– Cultures hôtes ou associées aux vers blancs (larves de Scarabées)

Les "vers blancs" se nourrissent de racines de nombreuses plantes.

Mesures :

- Labour profond après récolte pour exposer les larves.
- Rotation avec des légumineuses à enracinement profond (*Desmodium*, *Arachis pinto*) moins appétentes.
- Piégeage ou collecte manuelle au repiquage.

À éviter dans les sols infestés : gingembre, curcuma, patate douce, tomate, piment, aubergine, arachide, haricot

III.6. Plantes et cultures qui limitent ou détruisent les bioagresseurs du gingembre

– Plantes anti-nématodes (pièges ou nématicides naturelles)

Plante	Mode d'action	Conditions d'adaptation	Utilisation recommandée
<i>Crotalaria juncea</i> (chanvre d'Inde)	Exsude des composés toxiques pour les nématodes, bloque leur reproduction.	Tolère chaleur et humidité modérée.	Culture de 2–3 mois avant le gingembre, puis enfouissement comme engrais vert.
<i>Tagetes erecta</i> / <i>patula</i> (œillet d'Inde)	Produit des thiophènes qui tuent les nématodes et champignons.	Supporte humidité moyenne, non permanente.	En bordure ou intercalaire avec maïs ou légumineuses.

<i>Desmodium spp.</i>	Empêche la reproduction des nématodes, renforce la structure du sol.	Très adapté aux zones humides.	Couvre-sol durable, utilisé en association ou rotation.
<i>Stylosanthes guianensis</i>	Réduit la population de nématodes et améliore la fertilité.	Supporte bien les fortes pluies.	Semer après récolte, maintenir 3–6 mois avant labour.
<i>Brachiaria ruziziensis</i> / <i>Brachiaria humidicola</i>	Non-hôte et sécrète des substances inhibitrices des nématodes.	Très adaptée aux bas-fonds humides.	Pâturage temporaire ou engrais vert avant gingembre.

– Plantes insectifuges et attractrices de prédateurs (contre les vers blancs)

Plante	Effet	Application
<i>Tagetes spp.</i> (œillet d'Inde)	Répulsif pour les larves des vers blancs.	Bordures de parcelles ou interlignes.
Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)	Barrière mécanique et chimique ; héberge des ennemis naturels.	Plantation en haies stabilisatrices sur pentes.
Citronnelle (<i>Cymbopogon spp.</i>)	Effet répulsif sur les insectes du sol et améliore le drainage.	Haies en contour ou banquettes.
<i>Tithonia diversifolia</i>	Favorise les prédateurs (carabes, staphylins).	Interculture ou haies biologiques.

– Plantes à effet global “désinfectant du sol” (régénératrices)

Plante	Effet multiple	Utilisation
<i>Mucuna pruriens</i> (pois mascate)	Étouffe les adventices, stimule la microfaune bénéfique, limite les pathogènes.	En intercalaire ou après récolte.
<i>Canavalia ensiformis</i> (pois sabre)	Améliore la fertilité, réduit les champignons du sol.	Engrais vert ou couverture entre saisons.
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Nettoyage biologique du sol, limite <i>Ralstonia</i> et nématode	Rotation d'un cycle complet avant gingembre.

III.7. Scénario de gestion des bioagresseurs

5 scénarios complets et réalistes de gestion intégrée des bioagresseurs du gingembre à Beforona classés selon le niveau d'infection et l'objectif agronomique (assainissement, restauration, production). Chaque scénario associe effet sanitaire, valeur économique, et faisabilité paysanne.

– Scénario 1 : Rotation assainissante à long terme (zones fortement infectées)

Objectif : Assainir le sol saturé en pathogènes (*Ralstonia*, nématodes, champignons).

Année	Culture principale	Associations possibles	Objectif agronomique	Bénéfices pour le paysan
Année 1	<i>Crotalaria juncea</i> ou <i>Raphanus sativus</i>	Maïs (intercalé)	Biofumigation et réduction des nématodes	Production de maïs + nettoyage biologique
Année 2	<i>Brachiaria humidicola</i> + <i>Desmodium spp.</i>	Arbustes (Gliricidia, Leucaena)	Régénération biologique et restauration de la structure du sol	Production fourragère, amélioration du sol
Année 3	Patate douce ou manioc	Arachide ou haricot	Valorisation économique du sol assaini	Revenu et couverture végétale
Année 4	Reprise du gingembre sur planches surélevées compostées	Haricot ou arachide (interligne)	Replantation sur sol sain	Culture principale sécurisée

– Scénario 2 : Rotation moyenne pour zones modérément infectées

Objectif : Réduire la pression pathogène tout en gardant une activité économique.

Année	Culture principale	Associations	Objectif agronomique	Bénéfices
Année 1	Maïs + haricot	—	Aération du sol, bris de monoculture	Alimentation + revenu
Année 2	<i>Tagetes erecta</i> (œillet d'Inde) + <i>Crotalaria spectabilis</i>	—	Réduction des nématodes et champignons	Amélioration du sol et floriculture possible
Année 3	Gingembre sur planches surélevées	Haricot ou pois de terre	Reprise progressive	Revenu principal

– Scénario 3 : Rotation rapide pour zones à risque faible ou latent (en continu)

Objectif : Prévenir la réinfection et maintenir la santé du sol.

Année	Culture principale	Associations	Objectif agronomique	Bénéfices
Année 1	Gingembre + haricot / soja	Haricot intercalaire	Diversité biologique et fixation d'azote	Revenu + amélioration du sol
Année 2	Arachide / niébé	—	Repos sanitaire, azote et matière organique	Autonomie alimentaire
Année 3	Gingembre (reprise)	Haricot ou arachide	Maintien de la fertilité	Production stable

– Scénario 4 : Rotation agroforestière pour bas-fonds humides

Objectif : Réhabiliter les bas-fonds engorgés et maintenir une couverture végétale permanente.

Année	Culture principale	Associations	Objectif agronomique	Bénéfices
Année 1	Riz pluvial ou <i>Brachiaria humidicola</i>	Desmodium en sous-couvert	Réduction de l'engorgement et amélioration du drainage	Riz = revenu, <i>Brachiaria</i> = fourrage
Année 2	<i>Tithonia diversifolia</i> + <i>Gliricidia sepium</i> (en bordures)	—	Régénération organique et effet antifongique	Biomasse pour compost et paillage
Année 3	Patate douce / taro sur planches	—	Reprise douce sur sol stabilisé	Alimentation et revenu
Année 4	Gingembre (planche surélevée + drainage)	Haricot intercalaire	Production durable	Reprise sécurisée

– Scénario 5 : Système mixte « production – régénération continue »

Objectif : Maintenir une production rentable tout en contrôlant les bioagresseurs.

Année	Culture principale	Associations	Objectif agronomique	Bénéfices
Année 1	Gingembre + haricot / Desmodium en interligne	—	Réduction d'humidité et fixation d'azote	Production principale + sol fertile
Année 2	Maïs + <i>Crotalaria juncea</i>	—	Assainissement et amélioration structurelle	Revenu maïs + nettoyage biologique
Année 3	Patate douce ou manioc	Haricot en bordure	Régénération organique	Revenu et alimentation
Année 4	Gingembre (avec compost enrichi)	—	Reprise en sol maîtrisé	Production stable et rentable

Chapitre IV. Perspectives de collaboration avec le FOFIFA pour la réhabilitation durable de la filière gingembre

Le diagnostic conduit à Beforona révèle une situation phytosanitaire critique, où les bioagresseurs multiples menacent la viabilité de la culture du gingembre. Face à ce constat, le FOFIFA, en tant qu'institution nationale de recherche agricole et d'appui technique, dispose d'un rôle stratégique pour accompagner les producteurs et restaurer durablement la filière. Ses interventions peuvent s'articuler autour de cinq axes majeurs, combinant recherche, innovation, transfert technologique et encadrement communautaire.

– Recherche appliquée et développement de biointrants locaux

Le FOFIFA peut mobiliser ses expertises pour :

- Dépister les bioagresseurs dans les lots de semences
- Développer des biopesticides et biofertilisants locaux à base de microorganismes bénéfiques (*Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, actinomycètes) adaptés aux sols humides de la région.
- Tester et vulgariser des préparations végétales naturelles (neem, tithonia, ail, gingembre sauvage, papayer, etc.) à effet antifongique, antibactérien ou insecticide, valorisant les ressources locales.

– Production et diffusion de semences saines

Les semences infectées constituent la principale source d'inoculum. Le FOFIFA peut intervenir à trois niveaux :

- Assainissement du matériel végétal : mise au point et vulgarisation de techniques d'eau chaude, de traitements biologiques ou de sélection sanitaire pour éliminer les agents pathogènes latents.
- Création de parcelles mères de semences saines : installation de zones de production protégées sur sites FOFIFA, avec suivi sanitaire et certification par le SOC.
- Appui à des groupements semenciers encadrés : accompagnement technique et contrôle qualité des producteurs multiplicateurs sous supervision FOFIFA, pour garantir des semences fiables et locales.

– Innovation agronomique et gestion durable des sols

Le FOFIFA est en mesure de concevoir et d'expérimenter des itinéraires techniques intégrés sur mesure, tenant compte des particularités de chaque zone, du niveau d'infection et des pratiques paysannes locales :

- Conception de rotations de cultures assainissantes incluant des légumineuses, des plantes de couverture et des tubercules tolérants.
- Élaboration de protocoles pour la régénération biologique des sols infectés (engrais organiques enrichis, composts bioactifs, plantes de service).

- Mise en place de parcelles de démonstration pour valider les pratiques améliorées : planches surélevées, drainage latéral, banquettes anti-ruissellement et lutte contre l'érosion.
- Études sur la dynamique hydrique et topographique des foyers pour identifier les zones à haut risque et orienter la replantation sécurisée.

– Renforcement des capacités et transfert de technologies

Afin d'assurer une appropriation durable des innovations :

- Former les techniciens, paysans relais et responsables de coopératives sur la reconnaissance des symptômes, la production de semences saines et la gestion des foyers.
- Produire des supports pédagogiques illustrés (guides pratiques, vidéos, fiches techniques, posters) adaptés au niveau des producteurs.
- Organiser des parcelles écoles pour expérimenter collectivement les bonnes pratiques et diffuser les innovations validées.
- Mettre en place un réseau local d'alerte phytosanitaire animé par les comités villageois avec appui scientifique du FOFIFA.

– Appui institutionnel à la filière

Le FOFIFA peut également jouer un rôle moteur dans la structuration et la gouvernance de la filière :

- Élaborer un plan de redressement technique de la filière fondé sur des données scientifiques et validé avec les acteurs locaux.
- Accompagner la certification participative des semences au niveau communautaire.

Par ces interventions, le FOFIFA se positionne comme acteur central de la restauration de la filière gingembre, en combinant recherche scientifique, innovation locale et encadrement technique. Cette stratégie permettra non seulement de rompre le cycle des maladies, mais aussi de réhabiliter la confiance des producteurs et des marchés, en assurant une production saine, compétitive et durable.

CONCLUSION GENERALE : LIMITE DE L'ETUDE

Bien que les résultats obtenus apportent des informations précieuses sur la situation phytosanitaire du gingembre à Beforona, certaines limites doivent être prises en considération dans leur interprétation :

- Période d'observation restreinte : la prospection et les analyses ont été réalisées sur une seule saison agricole, ce qui ne permet pas encore d'évaluer l'influence des variations climatiques interannuelles sur la dynamique des maladies.
- Nombre d'échantillons limité : les 65 échantillons analysés fournissent une base représentative, mais non exhaustive, du bassin de production ; certaines zones périphériques restent à explorer.
- Représentativité des systèmes de production : les parcelles étudiées appartiennent majoritairement à des producteurs encadrés ; les pratiques des exploitations plus traditionnelles pourraient présenter des situations phytosanitaires différentes.

Malgré ces limites, les tendances observées restent robustes et cohérentes entre zones, et constituent une base scientifique solide pour orienter les stratégies de gestion intégrée et les priorités de recherche appliquée du FOFIFA.

Annexe 1. Outils d'Enquête Épidémiologique

A. Informations générales

Nom du producteur : _____
Age : _____ Sexe : F - M
Localité / Fokontany : _____
Superficie cultivée en gingembre : _____ ha
Années d'expérience en culture de gingembre : ____ ans
Cultive-t-il seul ou en groupement ? ☐ Oui ☐ Non

B. Historique culturel de la parcelle

Depuis combien d'années cette parcelle est-elle cultivée en gingembre ? ____
Quelles ont été les 3 dernières cultures successives sur cette parcelle ?
La parcelle est-elle cultivée chaque année ? ☐ Oui ☐ Non

C. Pratiques culturales

Effectuez-vous une rotation des cultures ? ☐ Oui ☐ Non, Avec quelle culture?
Source du matériel de plantation : ☐ Produit localement ☐ Acheté ☐ Échange entre producteurs ☐ Autres, à préciser
Les semences sont-elles réutilisées depuis combien de cycles ? ____
Utilisez-vous des intrants chimiques ? ☐ Oui ☐ Non, lesquels?
Utilisez-vous du compost/fumier ? ☐ Oui ☐ Non, donnez la composition et le mode de fabrication
Densité de plantation : ☐ Serrée ☐ Moyenne ☐ Éparse
Fertilisation :
- Type : ☐ Compost maison ☐ Fumier ☐ Chimique NPK ☐ Aucun
- Fréquence : _____
Irrigation :
- Source d'eau : ☐ Rivière ☐ Puits ☐ Captage pluie ☐ Aucun
- Fréquence : ☐ Quotidienne ☐ Hebdomadaire ☐ Autre : _____
Travail du sol : ☐ Manuel ☐ Motoculteur ☐ Bœufs

D. Apparition et progression des maladies

Quand les symptômes apparaissent-ils généralement ? Saison, mois d'apparition
Quel est le premier symptôme vu ?
Où apparaissent-ils d'abord ? ☐ Bordure ☐ Centre ☐ Aléatoire ☐ Zones basses ☐ Aléatoire
Les symptômes apparaissent : ☐ Lentement ☐ Rapidement ☐ Subitement
Combien de jours après plantation ? ____ jours
Avez-vous remarqué une relation avec : ☐ Pluie ☐ Sécheresse ☐ Inondation ☐ Températures élevées ☐ Mauvais drainage ☐ Insectes
Zone avec stagnation d'eau ? ☐ Oui ☐ Non
Parcelle en pente ou bas-fond ? ☐ Oui ☐ Non
Avez-vous observé des maladies similaires dans d'autres parcelles proches ? ☐ Oui ☐ Non

Les maladies se propagent-elles entre parcelles ? ☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sait pas

Période où les symptômes étaient les plus intenses : _____

Estimation de la durée d'évolution (du premier au dernier pied malade) : ____ semaines

Parcelle en pente ou bas-fond ? ☐ Oui ☐ Non

Avez-vous observé des maladies similaires dans d'autres parcelles proches ? ☐ Oui ☐ Non

Avez-vous observé une maladie cette saison ? ☐ Oui ☐ Non

E. Symptômes observés

☐ Jaunissement foliaire

☐ Nécrose de la tige

☐ Pourriture du collet

☐ Pourriture du rhizome interne

☐ Présence de moisissure blanche/rose/verte

☐ Flétrissement

☐ Autre : _____

Incidence estimée : __ % de pieds malades

Pertes estimées (en % de récolte) : __ %

F. Gestion des maladies

Arrachez-vous les plants malades ? ☐ Oui ☐ Non

Si oui où mettez vous les plants malades? ☐ Abandonnés sur place ☐ Brûlés ☐ Compostés ☐

Jetés ailleurs

Utilisez-vous des traitements ? ☐ Oui ☐ Non. Si oui, précisez : _____

Nature du traitement : ☐ Chimique ☐ Biologique ☐ Traditionnel

Produit utilisé : _____

Résultat perçu : ☐ Efficace ☐ Partiel ☐ Inefficace

Est-ce qu'il existe des variétés de gingembre ? Constatez-vous une différence entre variétés ?

☐ Oui ☐ Non. Précisez : _____

Crédits et mise en œuvre de l'étude

Cette étude a été mise en œuvre par l'équipe du FOFIFA dans le cadre du Projet BioInnovation Afrique, avec l'appui financier du GIZ.

Équipe de réalisation :

Dr. Ravelomanantsoa Santatra, Phytopathologiste - FOFIFA

Andriamampionona Tojo, Ingénieur en Santé des Cultures, FOFIFA

René de Roland Itokiana, Technicien Microbiologiste, FOFIFA

Ramaroson Minohasina, Technicien Entomologiste & expérimentation, FOFIFA

Date de finalisation du rapport :
30 septembre 2025