

Flétrissement bactérien du bananier: Manuel de formation



L'Alliance de Bioversity International et du Centre international d'agriculture tropicale (CIAT) fournit des solutions basées sur la recherche qui répondent aux crises mondiales de la malnutrition, du changement climatique, de la perte de biodiversité et de la dégradation de l'environnement.

L'Alliance se concentre sur le lien entre l'agriculture, la nutrition et l'environnement. Nous travaillons avec des partenaires locaux, nationaux et multinationaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et dans les Caraïbes, ainsi qu'avec les secteurs public et privé et la société civile. Grâce à des partenariats novateurs, l'Alliance génère des données probantes et diffuse des innovations pour transformer les systèmes alimentaires et les paysages afin qu'ils préservent la planète, favorisent la prospérité et nourrissent les populations dans un contexte de crise climatique.

L'Alliance fait partie du [CGIAR](http://www.cgiar.org), un partenariat mondial de recherche pour un avenir garantissant la sécurité alimentaire, axé sur la transformation des systèmes concernant la nourriture, les terres et l'eau dans un contexte de crise climatique.

<https://alliancebioiversityciat.org>

www.cgiar.org

ISBN 978-92-9255-294-7

Flétrissement bactérien du bananier: Manuel de formation

Guy Blomme
Elizabeth Kearsley
Walter Ocimati
Nancy Kitumaini Safari



Alliance de Bioersity International et du Centre international d'agriculture tropicale (CIAT)
Siège social
Via di San Domenico, 1
00153 Rome
Italie
Site web : <https://alliancebioersityciat.org/>

BlueGreen Labs
Melsele, Belgique
Site web : <https://bluegreenlabs.org/>

ISBN 978-92-9255-294-7

Citation

Blomme G, Kearsley E, Ocimati W, Safari K. N. 2023. Flétrissement bactérien du bananier : Manuel de formation. Version 1. Bioersity International, Rome, Italie. 54 p. ISBN 978-92-9255-294-7

A propos des auteurs:

Guy Blomme, Scientifique senior, Biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture, Bioersity International, Addis-Abeba, Éthiopie.

Elizabeth Kearsley, Consultante senior, BlueGreen Labs, Melsele, Belgique.

Walter Ocimati, Scientifique, Biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture, Bioersity International, Kampala, Ouganda.

Nancy Kitumaini Safari, Consultante, Biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture, Bioersity International, Bukavu, République démocratique du Congo.

* Bioersity International fait partie de l'Alliance de Bioersity International et du Centre international d'agriculture tropicale (CIAT).

Le manuel de formation présenté dans ce document est également disponible sous la forme d'un cours en ligne, accessible à l'adresse <https://www.crophealth.org>

Crédits photo couverture et intérieur: Bioersity International, G. Blomme and N. K. Safari

Ce travail est sous licence internationale Creative Commons Attribution Non Commercial 4.0 (CC-BY-NC)
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Toute partie de ce document peut être copiée et distribuée librement et sans autorisation pour être utilisée dans le cadre de programmes de recherche et de services de santé publique. Aucune partie de ce document ne doit être copiée ou distribuée à des fins commerciales sans l'autorisation des auteurs.

© Bioersity International 2023. Certains droits réservés.

Septembre 2023

Remerciements

Ce manuel de formation a été élaboré par Bioversity International dans le cadre de l'Initiative du CGIAR sur la santé des plantes¹. Cette Initiative vise à protéger les cultures clés contre les incursions de ravageurs et les épidémies, à réduire les pertes de récoltes dues aux ravageurs et aux maladies en utilisant des approches respectueuses de l'environnement, à aider les pays ciblés à réaliser leur potentiel dans le secteur agricole et à renforcer la sécurité alimentaire, l'alimentation animale et la nutrition ainsi que les moyens de subsistance de millions de petits exploitants agricoles et de consommateurs. Les auteurs souhaitent remercier Vincent Johnson, éditeur consultant du service de rédaction scientifique de l'Alliance Bioversity-CIAT, pour son soutien éditorial, et Claudine Picq, consultante indépendante, pour son aide dans les traductions françaises.

1 <https://www.cgiar.org/initiative/plant-health>

Table des Matières

Introduction.....	1
Module 1: Qu'est-ce que le flétrissement bactérien du bananier?.....	2
L'impact du flétrissement bactérien du bananier.....	3
Agent causal.....	4
Symptômes.....	6
Modes de transmission de la maladie.....	9
Propagation locale.....	9
Propagation sur de longues distances.....	12
Gammes d'hôtes.....	13
Module 2: Mesures préventives.....	14
Ablation du bourgeon mâle.....	15
Stérilisation des outils.....	16
Matériel de plantation sain.....	18
Cultivars échappant à la maladie.....	19
Prochaines avancées dans les stratégies de prévention.....	20
Développement de cultivars résistants.....	20
Systèmes d'alerte précoce.....	21
Module 3: Mesures de lutte.....	22
Détection précoce et diagnostic précis du flétrissement bactérien.....	23
L'arrachage complet d'une touffe malade.....	25
Méthodologie.....	25
Avantages de l'ensemble des mesures de lutte CDMU.....	26
Désavantages.....	26
La coupe d'un pied unique malade.....	28
Contexte : Propagation incomplète au niveau de la touffe.....	28
Méthodologie.....	29
Avantages.....	30
Désavantages.....	31
Quel ensemble de mesures de lutte devons-nous appliquer? CDMU ou SDSR?.....	32
Étude de cas - comparaison de l'efficacité, du coût et du temps du CMDU et de la SDSR...	32
Module 4: Quels sont les risques d'erreur dans la gestion de la maladie du flétrissement bactérien du bananier?.....	36
Perception d'une efficacité partielle de la gestion de la maladie.....	37
Étude de cas - Suivi de l'apparition de tiges symptomatiques dans les fermes gérées par le SDSR.....	38
Les services de vulgarisation doivent informer les agriculteurs sur l'effort à long terme et le calendrier prévu.....	39
Réaliser une action collective.....	40
Accès difficile à l'information et à la formation.....	41
Contraintes pratiques.....	42
Références.....	43
Glossaire des termes techniques.....	44

Introduction

Le flétrissement bactérien dû à *Xanthomonas* est une maladie majeure des bananiers qui affecte les petites exploitations agricoles d'Afrique de l'Est et d'Afrique centrale. Bien que des pratiques de gestion de la maladie aient été introduites dans de vastes régions, l'éradication s'est avérée difficile. La réapparition du flétrissement bactérien du bananier dans les sites gérés et la transmission à de nouvelles régions sont des problèmes permanents, souvent liés à une mise en œuvre incomplète ou incorrecte des pratiques recommandées pour la gestion de la maladie.

Ce manuel est conçu pour fournir une vue d'ensemble de base sur le flétrissement bactérien du bananier, sa gestion et son atténuation. Le manuel se concentre sur l'apport de connaissances pratiques sur la gestion de la maladie du flétrissement bactérien du bananier qui sont directement applicables dans les conditions de terrain. Au travers de quatre modules concis, nous abordons les points suivants:

- Module 1: Quelle est la cause de la maladie du flétrissement bactérien et comment la reconnaître
- Module 2: Comment prévenir le flétrissement bactérien du bananier
- Module 3: Quelles actions entreprendre pour lutter contre le flétrissement bactérien lorsqu'il est détecté dans une exploitation
- Module 4: Gestion du flétrissement bactérien du bananier dans la pratique: éviter les pièges les plus courants

Toutes les informations fournies sont basées sur les recherches scientifiques actuelles sur le flétrissement bactérien du bananier menées par diverses organisations de recherche, y compris les universités, OneCGIAR et les Systèmes nationaux de recherche agricole (SNRA), et sont présentées de manière abordable.

Nous mettons l'accent sur les pratiques de gestion des maladies qui ont déjà donné des résultats positifs sur le terrain (réductions significatives de l'incidence du flétrissement bactérien du bananier) avec un impact à l'échelle considérée. Une attention particulière est accordée aux problèmes pratiques auxquels les petits exploitants agricoles peuvent être confrontés lors de la mise en œuvre des pratiques de gestion des maladies et comment préparer au mieux les agriculteurs.

Des vidéos de formation accompagnent chaque module, disponibles sur www.crophealth.org/.

Module 1: Qu'est-ce que le flétrissement bactérien du bananier?

Dans ce premier module, nous visons à donner une bonne compréhension de ce qu'est le flétrissement bactérien du bananier. Tout d'abord, nous présentons brièvement les régions touchées par le flétrissement bactérien et l'impact que peut avoir la maladie sur le quotidien d'un agriculteur.

Ensuite, nous examinerons de plus près :

- la bactérie responsable de la maladie
- les symptômes qu'elle provoque chez les plantes infectées
- comment la maladie se propage aux différentes plantes, à travers les champs et les régions
- les plantes affectées par le flétrissement bactérien (gamme d'hôtes)

La recherche a montré qu'une bonne compréhension de l'épidémiologie de la maladie (comportement) constitue la base pour comprendre comment et pourquoi la gestion de la maladie fonctionne et peut motiver la mise en œuvre correcte des pratiques de gestion de la maladie sur le terrain. Par exemple, une bonne compréhension de la manière dont la maladie se propage nous permettra de savoir comment empêcher cette propagation.

Nous étudierons la gestion de la maladie en profondeur dans les modules restants (Modules 2 à 4).

L'impact du flétrissement bactérien du bananier

Le flétrissement bactérien est une maladie majeure du bananier qui touche les régions productrices de bananes à travers toute l'Afrique de l'Est et centrale. Le flétrissement bactérien affecte principalement les petites exploitations de subsistance qui représentent environ 90% des systèmes de production de bananes dans cette région. La maladie entraîne la perte de la production de fruits et finalement la mort des plantes infectées. Ces pertes ont de graves répercussions sur la sécurité alimentaire et le revenu des ménages de petits exploitants pratiquant l'agriculture de subsistance. Les pertes économiques se répercutent tout au long de la chaîne de valeur de la banane, entraînant des pertes substantielles au niveau national.

Le flétrissement bactérien a été signalé à l'origine en Éthiopie comme une maladie de l'Ensete ou bananier d'Abyssinie (*Ensete ventricosum*), un parent éloigné de la banane. Les rapports officiels sur le flétrissement bactérien sur l'Ensete remontent à 1968, bien que des observations de symptômes similaires de la maladie aient été relatées dès les années 1930. En Éthiopie, la présence du flétrissement bactérien sur les bananiers a été signalée pour la première fois en 1974.

Les premières observations du flétrissement bactérien sur des bananiers en dehors de l'Éthiopie ont été enregistrées en 2001 en Ouganda et dans l'est de la République démocratique du Congo. La maladie s'est depuis propagée au reste des pays des Grands Lacs, à savoir le Rwanda, la Tanzanie, le Kenya et le Burundi (Fig. 1). Le flétrissement bactérien du bananier est largement répandu en Éthiopie, en Ouganda, au Rwanda, dans l'est de la République démocratique du Congo, dans l'ouest du Kenya, près du lac Victoria, et dans la région de Kagera, dans le nord-ouest de la Tanzanie.

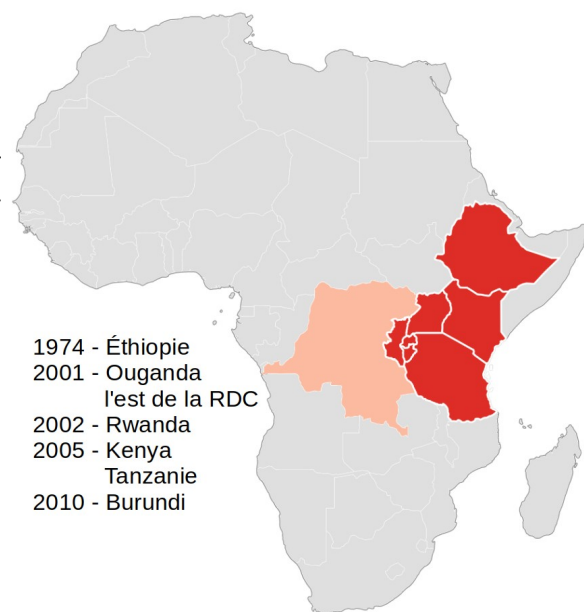


Figure 1: Pays touchés par le flétrissement bactérien du bananier et date de la première observation.

Actuellement, le flétrissement bactérien du bananier n'est pas présent en dehors de l'Afrique de l'Est et de l'Afrique centrale.

Agent causal

Le flétrissement bactérien du bananier est une maladie causée par la bactérie *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum*.

Tout au long de ce manuel, nous ferons référence à la bactérie sous le nom de *Xvm*.

Infection

La bactérie *Xvm* est un pathogène vasculaire qui pénètre dans une plante-hôte par des blessures qui exposent les tissus internes. Une fois à l'intérieur de la plante-hôte, la bactérie produit des colonies jaunes et mucoides qui obstruent les tissus vasculaires de la plante par lesquels l'eau, les nutriments et la nourriture circulent ou sont transportés.

Après l'infection (c'est-à-dire l'introduction du pathogène), **les bactéries se répandent progressivement dans la plante**. L'infection a souvent lieu au niveau de l'inflorescence de la plante (structures de floraison; voir plus loin dans ce module) par l'intermédiaire d'insectes vecteurs. À partir de ce site d'infection, des études ont montré que les bactéries mettent en moyenne 5 à 6 semaines pour atteindre le corne (= rhizome) qui se trouve dans le sol. Au cours de cette période, l'expression des symptômes peut déjà se produire après 2 à 4 semaines, les premiers symptômes étant les plus proches du site d'infection et progressant au fur et à mesure du déplacement des bactéries. Les outils de jardin peuvent également introduire la bactérie à chaque coupe effectuée, et le moment de l'expression des symptômes dépendra de l'emplacement de l'infection.



Figure 2: De gauche à droite: infection à *Xvm* au niveau de l'inflorescence mâle; propagation de *Xvm* au sein de la plante; propagation systémique incomplète.

Les bactéries *Xvm* ne se propagent cependant pas efficacement à l'intérieur et à travers les cormes ou rhizomes souterrains. Les tissus du corme agissent potentiellement comme une barrière au mouvement de ces bactéries. Ainsi, ces dernières n'atteignent pas forcément tous les rejets physiquement interconnectés d'une touffe. On parle alors **de propagation systémique incomplète des bactéries *Xvm* dans une touffe** (Fig. 2).



Une faible densité de bactéries *Xvm* peut parfois être détectée dans des rejets d'apparence saine sur la touffe sans provoquer (initialement) de symptômes. C'est ce qu'on appelle **une infection latente**, et les pieds asymptomatiques (c'est-à-dire d'apparence saine) peuvent continuer à développer des régimes de bananes. Dans certains cas, les infections latentes peuvent évoluer vers la maladie (Fig. 3).

Figure 3: Infection latente.

Symptômes

Le flétrissement bactérien du bananier se caractérise par les symptômes suivants (Fig. 4):

- Les feuilles d'un bananier infecté commencent à jaunir et à se flétrir. Ces feuilles ont également tendance à se casser le long du limbe au fur et à mesure que le flétrissement progresse, et la couleur passe du jaune au brun.
- Sur les plantes à fleurs, une pourriture sèche et un noircissement de la partie mâle de l'inflorescence se produisent (après une infection par un insecte vecteur).
- Les fruits mûrissent de manière inégale et prématurée. Lorsque l'on coupe le fruit, la pulpe présente des taches brunes à noires.
- Lorsque l'on fait une coupe transversale du pseudotrunc ou des gaines foliaires, un liquide jaune collant suinte du tissu vasculaire [10 à 15 minutes après avoir fait la coupe]. Ce blocage du tissu vasculaire est essentiellement à l'origine du flétrissement et de la mort de la plante.
- Une décoloration interne du pseudotrunc peut également se produire.



Figure 4: Symptômes.

Le moment de l'expression des symptômes n'est pas précis.

L'expression de ces symptômes peut se produire dès 2 à 4 semaines après l'infection initiale, bien qu'en moyenne elle se produise 6 à 7 semaines après l'infection. Il a été démontré que ce délai varie en fonction du site d'infection dans la plante et des différences entre les cultivars.

De faibles niveaux d'inoculum de la bactérie *Xvm* peuvent également provoquer des infections latentes et ces bactéries sont capables de survivre dans certaines parties de la touffe de bananier pendant plus de deux ans sans exprimer de symptômes.

Un agriculteur saura que des infections de la bactérie *Xvm* ont pénétré dans son champ seulement lorsque les symptômes de la maladie commenceront à apparaître.

Comment pouvons-nous être sûrs que nous avons affaire au flétrissement bactérien?

La détection visuelle et la reconnaissance des symptômes de la maladie sont les principaux moyens par lesquels un agriculteur peut identifier la présence de flétrissement bactérien sur son exploitation. Cependant, comment un agriculteur peut-il être certain qu'il a affaire au flétrissement bactérien et non à une autre maladie ?

Les symptômes du flétrissement bactérien peuvent parfois être confondus avec ceux d'autres maladies du bananier. Par exemple, le jaunissement et le flétrissement des feuilles est également un symptôme important de la fusariose, une maladie fongique (Fig. 5). Les feuilles symptomatiques du flétrissement bactérien ont cependant une couleur jaune plus terne, alors que celles affectées par la fusariose sont d'un jaune plus vif. Le jaunissement causé par la fusariose commence généralement au bord des feuilles les plus anciennes et progresse vers les feuilles plus jeunes, tandis que dans le cas du flétrissement bactérien, le jaunissement des feuilles est plus dû au hasard. Pour les plantes affectées par la fusariose, les feuilles extérieures jaunes se cassent souvent au niveau du pétiole et "pendent" ensuite autour du pseudotrunc. En revanche, les feuilles affectées par le flétrissement bactérien "se recroquevillent" souvent ou se cassent au niveau du limbe. Les bananiers infectés par la fusariose ne présentent pas les autres symptômes typiques du flétrissement bactérien. Le diagnostic précis du flétrissement bactérien par inspection visuelle doit être principalement basé sur la présence d'un exsudat jaune sur les surfaces coupées des pseudotrons et sur la décoloration de la pulpe du fruit.

D'autres flétrissements bactériens [tels que la maladie de Moko et la maladie du sang] peuvent provoquer des symptômes similaires à ceux du flétrissement bactérien causé par *Xanthomonas*, mais ces flétrissements ne sont actuellement pas connus en Afrique.



Figure 5: A gauche: flétrissement bactérien; à droite: fusariose.

Les technologies de soutien peuvent être utilisées sur le terrain pour vérifier la détection des maladies. Par exemple, **l'application Tumaini pour smartphone** (actuellement disponible sur Google Play Store) est capable de détecter et de distinguer les symptômes de cinq maladies différentes du bananier, dont le flétrissement bactérien ainsi que d'un ravageur. En prenant des images des symptômes de la maladie à l'aide d'un smartphone, cette application peut aider les agriculteurs à détecter avec précision le flétrissement bactérien. Nous fournirons plus d'informations sur cette application smartphone et sur la détection des maladies dans le module 3.

Modes de transmission de la maladie

La bactérie *Xvm* a besoin d'une voie de transmission pour passer d'un bananier à un autre, d'un champ à un autre ou d'une région à une autre. Nous montrons ici les mécanismes de transmission naturelle et de transmission induite par l'homme, ainsi que la propagation au niveau local et à longue distance.

Propagation locale

Insectes vecteurs

Les insectes vecteurs [par exemple les abeilles, les mouches des fruits, ...] sont le principal mode de transmission naturelle du flétrissement bactérien d'une inflorescence à l'autre. Lorsque ces insectes entrent en contact avec l'exsudat bactérien jaune qui se forme dans les plantes infectées, ils peuvent transmettre l'inoculum bactérien d'une plante infectée à une plante saine.

Les principaux endroits où les insectes entrent naturellement en contact avec l'exsudat bactérien sont les blessures fraîches formées sur **la partie mâle de l'inflorescence**. Les zones d'abscission (détachement naturel de bractées, de fleurs ou de fruits) récentes sur le rachis (pédoncule), là où les fleurs mâles et les bractées étaient attachées, forment des blessures d'où l'exsudat bactérien peut s'écouler (Fig. 6). La transmission par l'inflorescence femelle est plus rare, car les cicatrices des bractées se déshydratent plus rapidement, ce qui laisse moins de temps pour la transmission. Le nectar contient également de faibles niveaux d'inoculum.



Figure 6: A gauche: Exsudat visible sur un rachis présentant des blessures ouvertes où les fleurs mâles et les bractées sont tombées. à droite: insectes sur le bourgeon mâle.

La composition des espèces et le comportement de la population d'insectes auront un impact direct sur la fréquence des visites de ces sites d'infection et sur la distance parcourue par les insectes pour transporter les bactéries. Par exemple, les mouches des fruits ne parcourent que la distance allant jusqu'à quelques plantes voisines au cours de leur vie, alors que les guêpes et les abeilles se déplacent plus loin, ce qui accroît la distance de transmission de la maladie. En outre, les exploitations situées à des altitudes plus élevées et à des températures plus basses seront moins touchées par la transmission par les insectes, simplement en raison du nombre et de l'activité plus faibles des populations d'insectes.

Outils contaminés

L'utilisation involontaire d'outils agricoles contaminés par les bactéries *Xvm* est l'un des principaux mécanismes humains de transmission de la maladie. Les outils agricoles (tels que les houes, les couteaux ou les machettes) seront contaminés en travaillant sur des bananiers malades (Fig. 7). La lame de l'outil peut entrer en contact avec la sève ou l'exsudat bactérien du bananier infecté et porter un inoculum bactérien. La gestion successive de plantes malades et saines à l'aide d'outils contaminés entraîne une transmission directe entre les plantes d'une exploitation.

Les outils contaminés constituent également une voie de transmission entre les exploitations ; en effet, les outils sont souvent partagés au sein des communautés, voire sur de grandes distances par le biais de main-d'œuvre salariée. Les commerçants utilisent souvent leurs propres outils dans les régions où ils achètent des régimes de bananes et peuvent donc également transmettre la maladie sur de grandes distances.

Il a été démontré que la bactérie *Xvm* peut survivre sur l'acier non inoxydable et inoxydable pendant 6 et 20 jours, respectivement.



Figure 7 : Utilisation d'outils agricoles potentiellement contaminés.

Matériel de plantation infecté

L'utilisation de matériel de plantation infecté asymptomatique est le deuxième mode principal de transmission du flétrissement bactérien induit par l'homme. La plupart des agriculteurs se procurent du nouveau matériel de plantation sous forme de rejets provenant de leur propre exploitation ou d'exploitations voisines. Lors de l'utilisation de rejets ne présentant pas de symptômes, des infections latentes de flétrissement bactérien peuvent être présentes. Cela introduit un risque de transfert de matériel de plantation malade dans des champs sains.

De même, le transfert de matériel de plantation infecté asymptomatique sur de plus longues distances (par exemple lors de l'introduction de nouveaux cultivars) peut propager la maladie dans de nouvelles régions.

Autres types de propagation locale

Commerce local

La bactérie Xvm peut être disséminée par le commerce de régimes de bananes (Fig. 8). En outre, les feuilles de bananier utilisées comme matériel d'emballage pour d'autres produits peuvent également transférer l'inoculum bactérien.

Oiseaux et chauves-souris

Comme pour la transmission par les insectes, la transmission naturelle peut également se produire par l'intermédiaire d'oiseaux et de chauves-souris qui collectent du nectar et mangent des fruits, bien que cela soit généralement moins fréquent.

Animaux domestiques errants

Les animaux de ferme errants qui se nourrissent de plantes sur pied ou de débris végétaux en décomposition dans la ferme peuvent transférer un inoculum bactérien entre les plantes, bien que cela soit encore moins courant.

Sol : survie limitée

Les bactéries Xvm n'ont qu'une courte durée de survie dans le sol en l'absence de la plante hôte. Une étude expérimentale a montré des périodes de survie maximales de 90 jours dans un sol humide et de 30 jours dans un sol sec. Aucun stade de dormance des bactéries Xvm dans le sol (ou dans les débris végétaux séchés) n'a été détecté. Par conséquent, la dispersion des bactéries Xvm dans le sol n'a qu'une importance limitée.

Figure 8: Différents types de propagation locale.



Propagation sur de longues distances

La propagation sur de longues distances est généralement due à l'homme, par le biais :

- du déplacement de matériel de plantation infecté,
- du commerce des régimes de banane,
- de l'utilisation d'outils contaminés par les commerçants,
- de l'utilisation d'outils contaminés par les ouvriers embauchés.

La transmission naturelle est moins fréquente, éventuellement par l'intermédiaire de chauves-souris et d'oiseaux ayant un grand rayon de vol.

Lorsqu'une infection se produit sur un nouveau site ou dans une nouvelle région, les modes locaux de transmission de la maladie permettent à celle-ci de s'y établir.

Gammes d'hôtes

Le bananier et le bananier plantain (*Musa* spp.) ainsi que l'Ensete (*Ensete ventricosum*) sont les seuls hôtes naturels connus de la bactérie *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum*, bien que l'on ait observé que le niveau de tolérance et de sensibilité varie en fonction des cultivars.

Sensibilité à l'infection

Tous les bananiers cultivés dans les régions affectées en Afrique sont sensibles à l'agent pathogène. Les cultivars de bananiers peuvent varier dans leur sensibilité à l'infection par les insectes en raison de différences dans la morphologie des inflorescences. Nous en apprendrons plus à ce sujet dans le prochain module (section 'cultivars échappant à la maladie').

Tolérance et résistance

Une fois infectés, tous les génotypes de bananiers ne réagissent pas de la même manière, et différents cultivars peuvent être plus sensibles ou plus tolérants. Les cultivars tolérants ont la capacité de supporter les effets de la maladie sans exprimer de symptômes graves ou sans mourir. Bien que relativement peu d'études soient disponibles, certains génotypes présentent une expression et une sévérité des symptômes réduites, par exemple *Musa acuminata* subsp. *zebrina*, et Yalim appartenant à la sous-espèce *banksii*.

D'autre part, les cultivars résistants ont la capacité de prévenir ou de réduire le développement de la maladie. Une résistance à la maladie a été identifiée chez le cultivar sauvage de bananier *Musa balbisiana*, chez lequel aucun symptôme de maladie n'est exprimé.

Hôtes alternatifs à court terme

On a également constaté que les bactéries *Xvm* infectent [par inoculation artificielle] d'autres hôtes, notamment les plantes vivaces *Canna indica* et la canne à sucre, ainsi que des cultures annuelles telles que le maïs et le sorgho.

Ces espèces pourraient jouer un rôle [mineur] dans la survie à court terme et la perpétuation éventuelle des bactéries *Xvm* dans les paysages.

Module 2: Mesures préventives

La prévention du flétrissement bactérien du bananier est un aspect essentiel de la gestion de la maladie. Comme leur nom l'indique, les pratiques préventives sont des pratiques qui peuvent empêcher que des bananiers sains, des champs sains ou des régions exemptes de maladies soient infectés par la bactérie *Xvm*.

Ces pratiques doivent être appliquées par les agriculteurs qui s'occupent de champs exempts de maladie afin d'empêcher de nouvelles introductions de l'agent pathogène dans leurs champs, et par les agriculteurs qui s'occupent déjà de bananiers infectés dans leur exploitation afin d'empêcher la propagation aux autres plantes saines du champ ou aux exploitations voisines.

Dans ce module, nous présentons des pratiques dont il a été scientifiquement démontré qu'elles réduisent de manière significative le risque d'infection et de propagation. Les trois principales pratiques sont les suivantes :

- **l'élimination précoce du bourgeon mâle des plantes fleuries,**
- **la désinfection des outils de jardinage,**
- **l'utilisation de matériel de plantation sain.**

Les agriculteurs peuvent en outre opter pour **des cultivars qui échappent à la maladie**, ce qui réduit considérablement le risque d'infection par les insectes vecteurs.

Enfin, nous présenterons quelques technologies à venir pour la prévention du flétrissement bactérien du bananier :

- **développement de cultivars résistants,**
- **systèmes d'alerte précoce.**

Ablation du bourgeon mâle

Dans le module 1, nous avons appris que les insectes sont un vecteur important de propagation de la bactérie *Xvm*. Les insectes qui se déplacent entre les inflorescences de différents bananiers peuvent transférer les bactéries d'un plant infecté à un plant sain.

Le bourgeon mâle est le principal site de transmission de la maladie et d'infection pour la propagation du *Xvm* par les insectes. La bactérie *Xvm* a été isolée dans la sève et le suintement qui s'écoulent des coussins auxquels les fleurs mâles étaient attachées et dans les cicatrices faites par les bractées tombées.

L'élimination, au moment opportun, du bourgeon mâle, souvent appelée ablation du bourgeon mâle, empêche la formation du site d'infection primaire pour les insectes vecteurs et prévient ainsi la transmission du flétrissement bactérien.

L'accent mis sur le terme "opportun" est important. L'ablation du bourgeon mâle doit être effectuée peu après la formation de la dernière grappe de fruits sur le régime. Il a été démontré que le fait de retarder l'ablation, ne serait-ce que de deux semaines, augmenterait considérablement le risque de transmission.

Le bourgeon mâle doit être enlevé en le tordant à l'aide d'un bâton de bois fourchu (Fig. 9). Il convient d'éviter tout contact avec le rachis afin de ne pas contaminer le bâton de bois avec l'exsudat bactérien. Les machettes ou autres outils métalliques ne doivent pas être utilisés, car ils augmentent le risque de transmission des bactéries lors du passage d'une plante à l'autre. Un bâton en bois fourchu permet également aux agriculteurs de retirer facilement les bourgeons mâles qui sont hors de portée.



Figure 9: Insectes sur le bourgeon mâle et l'enlèvement du bourgeon mâle à l'aide d'un bâton de bois.

Stérilisation des outils

L'utilisation involontaire d'outils agricoles contaminés par des bactéries *Xvm* joue un rôle essentiel dans la propagation du flétrissement bactérien. Les outils agricoles doivent être désinfectés régulièrement pour prévenir la transmission de la maladie (voir Fig. 10).

Des méthodes de stérilisation des outils

Le nettoyage des outils à l'aide d'une solution d'**eau de Javel domestique** à 20% (hypochlorite de sodium, NaOCl, 3.5%) est très efficace pour éliminer l'inoculum de *Xvm* et donc stériliser la lame de l'outil. Bien que cette méthode soit rapide et facile à mettre en œuvre, l'eau de Javel n'est pas toujours facilement accessible dans les zones reculées ou peut être trop chère pour les ménages les plus pauvres. L'eau de Javel est également susceptible d'être falsifiée, ce qui peut nuire à son efficacité.

Les outils de jardinage peuvent également être stérilisés efficacement **en insérant la lame dans le feu**. La durée pendant laquelle la lame doit être laissée dans le feu est généralement de 20 à 40 secondes, bien que des recherches récentes montrent qu'il faut la chauffer jusqu'à une minute pour éliminer toutes les bactéries. Le chauffage répété des lames d'outils peut néanmoins les endommager. Cette détérioration des outils et le coût de leur remplacement peuvent décourager les agriculteurs de poursuivre la stérilisation des outils pour la prévention des maladies. Pendant la saison sèche, l'entretien d'un feu ouvert augmente également le risque de propagation d'un incendie incontrôlé dans la plantation.

Une autre solution consiste à **plonger la lame d'un outil dans de l'eau bouillante** pendant une minute. Cette méthode est également efficace pour stériliser les outils.



Figure 10:
Stérilisation des outils.

L'utilisation **de savon ou de détergent pour la lessive avec de l'eau froide** s'est récemment révélée être une bonne alternative à l'eau de Javel, atteignant des niveaux de stérilisation similaires. Cette méthode est facile à mettre en œuvre et présente l'avantage supplémentaire que les savons et détergents sont moins chers que l'eau de Javel et qu'ils sont généralement déjà utilisés par les ménages (même dans les régions reculées).

Entretenir un feu à proximité pour y insérer directement une lame ou pour faire bouillir de l'eau en continu peut s'avérer long et encombrant. Etant donné que la plupart des agriculteurs travaillent avec une seule machette ou un seul couteau, ils n'ont pas forcément le temps ou la patience d'appliquer ces techniques. Garder à proximité un seau contenant de l'eau de Javel diluée ou du savon/détergent peut s'avérer plus facile à utiliser et plus rapide.

Ce qui ne fonctionne pas...

D'autres méthodes, comme l'insertion de l'outil dans de la cendre chaude ou froide, l'insertion répétée et forcée des outils dans le sol, le lavage à l'eau froide, l'utilisation de plantes pour leurs propriétés antibiotiques ou l'utilisation du rayonnement solaire, se sont révélées moins efficaces et ne sont pas recommandées.

L'utilisation peu fréquente d'outils de jardinage ne garantit pas non plus une lame stérile, car il a été démontré que la bactérie *Xvm* peut survivre jusqu'à 6 et 20 jours sur de l'acier non inoxydable et de l'acier inoxydable, respectivement.

Quand et à quelle fréquence les outils doivent-ils être stérilisés?

Il est conseillé aux agriculteurs de désinfecter régulièrement les outils lors de la taille ou de la récolte sur différentes touffes.

Il est essentiel de n'utiliser que des outils propres sur des touffes de bananiers saines. Pour réduire le temps nécessaire à la stérilisation d'un outil dans les champs infectés, on peut conseiller aux agriculteurs d'effectuer d'abord le travail nécessaire sur les plantes saines, puis de couper consécutivement toutes les plantes malades. Il n'est pas nécessaire de désinfecter entre deux coupes de plantes infectées. La stérilisation des outils doit néanmoins être effectuée lors du passage d'une plante saine à la suivante, car des plantes malades asymptomatiques peuvent être présentes dans le champ.

Remarque: lorsque les agriculteurs travaillent ensemble ou font appel à de la main-d'œuvre, ils doivent veiller à ce que tous les outils provenant de l'extérieur de leur exploitation soient très bien stérilisés avant d'être utilisés.

Matériel de plantation sain

Lors de l'installation de nouveaux champs de bananiers ou du remplacement de bananiers ou de touffes infectées déracinées, il est essentiel d'utiliser du matériel de plantation sain afin d'éviter d'introduire l'inoculum de *Xvm* et de (ré)infecter un champ.

La plupart des agriculteurs utilisent des rejets ou des morceaux de rhizome provenant de leur propre champ ou d'exploitations voisines. Il y a donc un risque de transfert de matériel de plantation malade dans des champs sains. Le nouveau matériel de plantation devrait idéalement provenir de champs de bananiers exempts de maladies, ou au moins de touffes de bananiers d'apparence saine. Les bananiers sans symptômes peuvent encore être porteurs de la bactérie *Xvm* sous la forme d'infections latentes. Les rejets non symptomatiques nouvellement plantés doivent être régulièrement contrôlés pour détecter l'expression éventuelle de symptômes.

L'utilisation de rejets ne présentant pas de symptômes doit cependant être évitée lorsque l'on se déplace sur un périmètre plus large. Étant donné qu'il n'est pas possible de garantir que ces rejets sont exempts de maladie, leur transmission à de nouvelles régions où le flétrissement bactérien du bananier n'est pas présent ou répandu comporte un risque élevé d'introduction de la maladie. La sélection de matériel de plantation sain provenant de sources reconnues comme exemptes de maladies doit être prioritaire.

Remarque: Dans l'idéal, le matériel de plantation sain, qu'il se présente sous forme de plantules issues de la culture tissulaire, de plantules macropropagées ou de rejets provenant de jardins-mères sains, provient d'instances officielles certifiées (Fig. 11). Cependant, les programmes de certification des semences et du matériel de plantation de bananiers sont pratiquement inexistantes pour les bananiers d'Afrique de l'Est et d'Afrique centrale et il n'existe pas de cadre réglementé ou pratique pour les petits exploitants agricoles.

Figure 11: De gauche à droite: Plantules issues de la culture tissulaire; plantules issues de la macropropagation; jardins mères propres.



Cultivars échappant à la maladie

Plusieurs cultivars/génotypes de bananiers sont moins sensibles à la transmission de la bactérie *Xvm* par les insectes en raison de différences dans la morphologie de leurs inflorescences.

Dans le module 1, nous avons montré que certains génotypes ne forment pas de sites d'infection vulnérables pour la transmission par les insectes parce qu'ils n'ont pas d'inflorescence mâle, tandis que chez d'autres, le site d'infection n'est pas exposé parce que les fleurs mâles et les bractées sont persistantes et/ou forment des plaies sèches après l'abscission. Ces cultivars sont appelés 'cultivars échappant à la maladie' (Fig. 12).

La sélection de ces cultivars peut faire partie d'une stratégie préventive. Dans ce cas, ablation du bourgeon mâle n'est plus nécessaire. La stérilisation des outils de jardinage et l'utilisation de matériel de plantation sain sont toujours nécessaires lors de la culture de cultivars qui échappent aux maladies.

La sélection par l'agriculteur de cultivars de bananiers spécifiques ne dépendra pas seulement des caractéristiques de résistance aux maladies, mais surtout des caractéristiques de production (par exemple, le rendement, le type de fruit, ...). Cependant, même en incorporant une plus grande diversité de cultivars, l'augmentation de la présence de cultivars échappant à la maladie pourrait réduire le risque d'établissement et de propagation du flétrissement bactérien.



Figure 12: Dwarf Cavendish avec bractées et fleurs persistantes.

Prochaines avancées dans les stratégies de prévention

Développement de cultivars résistants

La recherche sur le développement de cultivars bananiers résistants au flétrissement bactérien est en cours. Le génie génétique pour la résistance a donné des résultats prometteurs, à la fois par la modification transgénique et cisgénique* des cultures.

[*transgénique: matériel génétique transféré entre deux espèces ; cisgénique : matériel génétique transféré entre génotypes d'une même espèce].

Il ne faut pas s'attendre à ce que des cultivars résistants génétiquement modifiés soient disponibles à court terme. La recherche est toujours en cours et des évaluations complètes des risques et de la sécurité sont nécessaires. En outre, la plupart des pays d'Afrique de l'Est et centrale ne disposent pas d'une base réglementaire établie concernant les cultures génétiquement modifiées, ce qui peut retarder davantage la mise en œuvre.

Le génie génétique permet de faciliter le transfert de gènes pour des caractéristiques agronomiques utiles d'une espèce à l'autre. Dans ce cas, le gène utile est lié à la résistance aux maladies, qui peut être améliorée :

- en exprimant des gènes de résistance,
- en exprimant des gènes antimicrobiens ou
- en exprimant des gènes de défense.

Sans entrer dans les détails (qui dépassent le cadre de ce manuel), l'ingénierie de l'expression de ces gènes dans un cultivar bananier permet de développer des cultivars résistants aux maladies.

Génie du génome:

L'édition du génome basée sur CRISPR/Cas9 permet de créer des altérations précises dans le génome des plantes.

Récemment, une édition robuste du génome du bananier, basée sur CRISPR/Cas9, a été établie et les premières avancées vers des manipulations ciblées du génome pour la résistance au flétrissement bactérien ont été réalisées. Les mécanismes dépassent le cadre de ce manuel.

Systèmes d'alerte précoce

Des évaluations des risques et des stratégies pour les systèmes d'alerte précoce sont en cours d'élaboration et testées sur le terrain. Si une communauté peut être informée en temps utile d'un risque accru d'introduction ou de transmission d'une maladie dans sa région, la communauté dans son ensemble peut être encouragée à mettre en œuvre des mesures préventives de manière cohérente.

L'évaluation des risques est basée sur:

- Les données actuelles sur l'incidence des maladies
- Les modèles épidémiologiques

Les modèles épidémiologiques combinent une compréhension empirique ou mécaniste de la transmission des maladies avec les données actuelles sur l'incidence des maladies et fournissent des prévisions sur le risque d'entrée, d'établissement ou de propagation des maladies dans une zone spécifique.

La disponibilité des données actuelles sur l'incidence des maladies peut constituer un goulot d'étranglement. La collecte des données se fait généralement par le biais d'une surveillance exercée par du personnel qualifié dans des régions spécifiques, mais il est difficile d'assurer un suivi détaillé à long terme sur de grandes échelles spatiales. L'utilisation d'applications de téléphonie mobile par les agriculteurs pour vérifier l'incidence des maladies dans leur exploitation pourrait grandement améliorer l'accessibilité des données actualisées sur l'incidence des maladies.

Applications de téléphonie mobile actuellement utilisées :

- Tumaini [Téléchargeable sur le Google Play Store]
- ICT4BXW [<https://www.ict4bxw.com/>]

Les données générées par les applications devraient être cartographiées et les informations sur la propagation géographique de la maladie traduites en messages d'alerte précoce à l'intention des organisations nationales de protection des végétaux (ONPV) et des utilisateurs d'applications dans les régions infestées et à proximité.

L'évaluation du risque prévue par les modèles épidémiologiques pourrait alors être communiquée aux agriculteurs par l'intermédiaire des mêmes applications de téléphonie mobile, ce qui permettrait d'avertir, efficacement et en temps utile, d'un risque accru.

État actuel de la mise en œuvre: Des applications pour smartphones sont disponibles pour la reconnaissance et le signalement des maladies. La cartographie des informations contenues dans les applications en est actuellement au stade de la validation du concept. Les systèmes d'alerte précoce liés à la plateforme de cartographie devraient être opérationnels d'ici la fin de l'année 2023.

Module 3: Mesures de lutte

Lorsque des infections de flétrissement bactérien ont été détectées dans une exploitation, des mesures de lutte contre la maladie doivent être mises en œuvre. Deux stratégies principales sont recommandées pour lutter contre le flétrissement bactérien, à savoir l'arrachage complet d'une touffe malade et la coupe d'un seul pied malade. Ces deux pratiques sont axées sur l'élimination des plantes infectées, et donc de l'inoculum bactérien *Xvm*, du champ affecté et sont associées à des mesures préventives [stérilisation des outils, l'ablation précoce du bourgeon mâle, et l'utilisation du matériel de plantation sain] afin de réduire le risque de transmission de la maladie.

Dans ce module, nous présentons l'historique et la mise en œuvre pratique des deux pratiques de lutte:

- **l'arrachage complet des touffes malades (*complete diseased mat uprooting* - CDMU)**
- **la coupe d'un seul pied malade (*single diseased stem removal* - SDSR)**

Nous discutons des avantages et des désavantages de chaque pratique, des problèmes de mise en œuvre qu'un agriculteur peut rencontrer et de la pratique la plus appropriée dans différentes situations.

Il existe d'autres méthodes d'élimination des plantes infectées. Par exemple, les touffes de bananiers infectées peuvent être détruites par injection d'herbicide. Ces méthodes ne sont généralement pas recommandées [peu respectueuses de l'environnement, susceptibles d'affecter les ruminants] et ne seront pas abordées en détail dans ce manuel.

Toutefois, nous commençons par **la détection du flétrissement bactérien dans le champ**. En effet, sans une détection précise, nous ne pouvons pas passer à une lutte efficace contre la maladie.

Détection précoce et diagnostic précis du flétrissement bactérien

La détection précoce et le diagnostic précis du flétrissement bactérien sont les premières étapes essentielles de la gestion de la maladie.

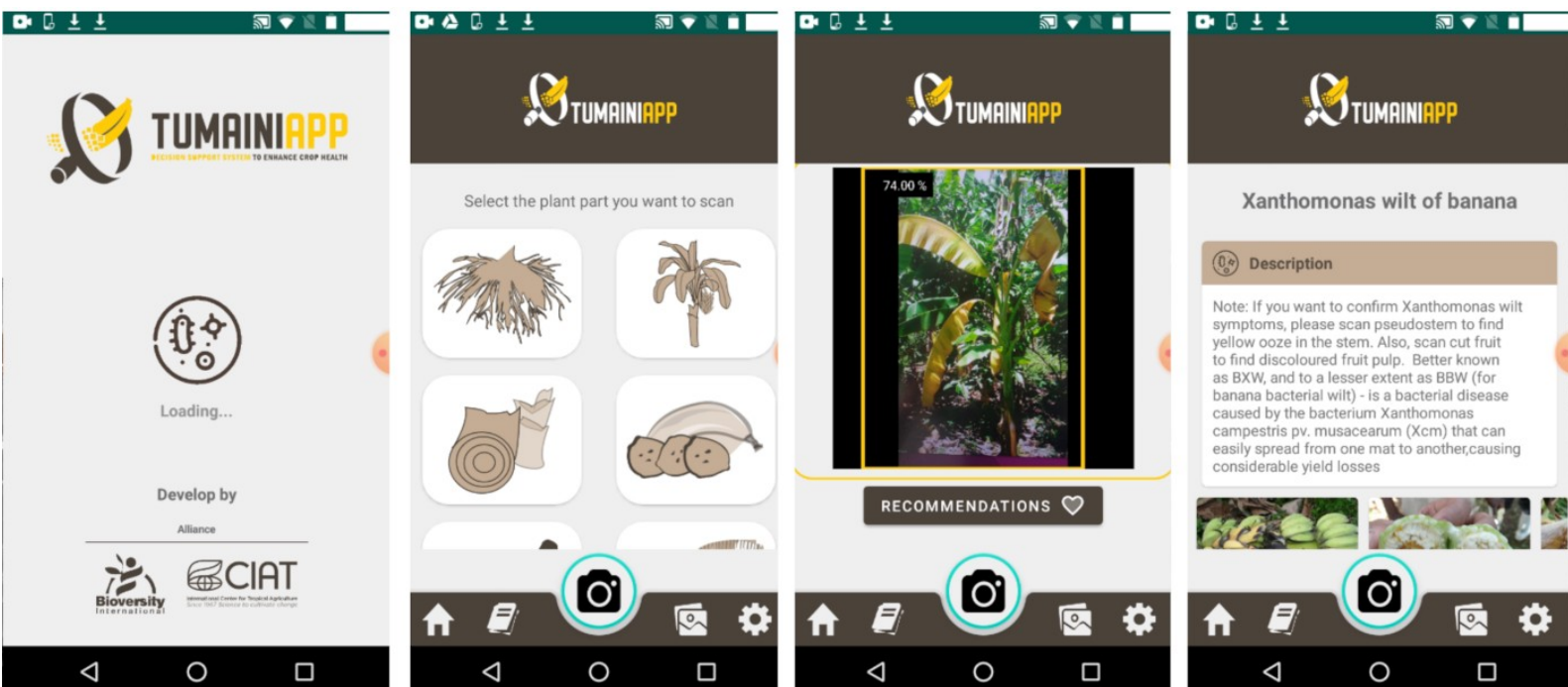
Un diagnostic précis

Un diagnostic précis permet une sélection ciblée des pratiques de lutte contre la maladie. Les symptômes peuvent être confondus avec d'autres stress biotiques ou abiotiques et une vérification minutieuse est nécessaire avant de mettre en œuvre des pratiques de lutte. L'évaluation visuelle des symptômes est le moyen le plus pratique pour les petits exploitants agricoles de diagnostiquer le flétrissement bactérien. En cas de doute sur les symptômes du flétrissement bactérien à ce stade, veuillez vous référer au module 1.

Des technologies d'appui peuvent être utilisées sur le terrain pour aider à vérifier la détection de la maladie. L'utilisation d'applications pour smartphone distribuées par les instituts de recherche du CGIAR est actuellement le moyen le plus pratique pour les agriculteurs de vérifier leur diagnostic de flétrissement bactérien sur le terrain.

L'application pour smartphone Tumaini (Fig. 13; disponible gratuitement sur Google Play Store) est capable de détecter et de distinguer les symptômes de cinq maladies du bananier, dont le flétrissement bactérien ainsi que d'un ravageur. En prenant des images des symptômes de la maladie à l'aide d'un smartphone, Tumaini peut aider les agriculteurs à détecter avec précision le flétrissement bactérien. Une démonstration de cette application est présentée dans la vidéo de formation qui l'accompagne.

Figure 13: Étapes de l'application Tumaini.



Il existe d'autres outils de diagnostic pour confirmer la présence de flétrissement bactérien (y compris des méthodes de diagnostic microbiologique, sérologique et moléculaire). Ces techniques ne sont généralement pas disponibles pour les agriculteurs en dehors des études de recherche et elles sortent du cadre de ce manuel.

Détection précoce

La détection précoce permet d'agir rapidement. La détection dès les premiers signes de nouvelles infections permet de :

- faciliter l'application des mesures de lutte (peu de plantes à contrôler),
- d'obtenir un taux de régression rapide de la maladie, et
- de réduire le risque de transmission de la maladie.

La détection précoce nécessite une surveillance rigoureuse, plante par plante, à intervalles réguliers. Des inspections hebdomadaires ou bi-hebdomadaires sur le terrain sont généralement recommandées en fonction de la date moyenne d'apparition des symptômes.

L'arrachage complet d'une touffe malade

L'arrachage complet de la touffe infectée (*Complete Diseased Mat Uprooting* - CDMU) est le programme de lutte recommandé à l'origine. Comme son nom l'indique, l'ensemble de la touffe infectée est arraché et détruit et de nouveaux bananiers sont replantés à l'aide de matériel de plantation sain.

Méthodologie

Arrachage de la touffe infectée

Lors de l'application du CDMU, l'ensemble de la touffe de bananiers doit être déracinée, y compris le rhizome et tous les pieds attachés (Fig. 14). La zone affectée doit rester nue pendant deux mois pour s'assurer qu'aucune bactérie *Xvm* n'a survécu dans le sol. Après cette période, de nouveaux rejets de bananiers peuvent être plantés en utilisant du matériel de plantation sain (comme indiqué dans le module 2 - Mesures préventives).

Élimination de la touffe infectée

La touffe infectée déracinée doit être transportée au bord du champ et laissée en décomposition sur un tas de compost. Lors du transport des débris vers le tas de compost, la touffe doit être transportée en gros morceaux, afin d'éviter toute fuite d'exsudat sur le sol. Chaque coupure supplémentaire dans un pseudotrunc ou une gaine foliaire entraînera un suintement bactérien supplémentaire qui pourrait potentiellement conduire à des infections dans le champ, s'il est par exemple transporté par des insectes ou des animaux qui broutent. Sur le site du tas de compost, les débris peuvent être coupés en plus petits morceaux afin d'accélérer la décomposition de la plante. Si les débris végétaux sont coupés, il est fortement recommandé de couvrir le tas de compost avec d'autres débris végétaux ou une petite couche de terre afin d'éviter que les insectes ou les animaux n'entrent en contact avec le suintement bactérien. Heureusement, la bactérie *Xvm* ne survit pas bien dans le matériel végétal en décomposition (généralement moins de 35 jours) et les débris végétaux en décomposition ne resteront pas longtemps une source d'infection.



Figure 14: CDMU.

[La touffe infectée déracinée peut également être enterrée dans un trou prévu à cet effet au bord du champ. Ainsi, aucun insecte ou animal brouteur ne pourra ramasser et transmettre l'exsudat bactérien. L'enfouissement demande cependant beaucoup de travail et le compostage est souvent préféré].

Mesures préventives

Toutes les mesures préventives discutées dans le module 2, y compris l'élimination précoce du bourgeon mâle, la stérilisation des outils et l'utilisation de matériel de plantation sain, restent des éléments essentiels de l'ensemble des mesures de lutte CDMU. En effet, même lorsque des infections ont été détectées dans un champ, la mise en œuvre correcte/rigoureuse des mesures préventives empêchera les touffes saines restant dans le champ d'être infectées, et évitera également la propagation aux champs voisins.

Avantages de l'ensemble des mesures de lutte CDMU

Le CDMU est une méthode très efficace pour réduire, voire éliminer l'inoculum de *Xvm*.

Désavantages

Le CDMU **demande beaucoup de travail et de temps**. L'arrachage complet des touffes infectées et l'enlèvement/destruction des débris végétaux infectés demandent beaucoup d'énergie. Il semblerait qu'une personne peut enlever au maximum deux grandes touffes en une seule journée.

La nécessité de remplacer les touffes infectées par **du nouveau matériel de plantation sain** constitue un obstacle supplémentaire. Les infections latentes potentielles dans les rejets provenant du champ de l'agriculteur ou des champs voisins nécessitent un suivi régulier.

Les pertes de production résultant du CDMU sont également élevées car les plantes saines produisant des régimes de bananes dans une touffe infectée doivent également être éliminées. En outre, le temps nécessaire de jachère après l'arrachage et avant la replantation représente une période importante pendant laquelle il n'y a pas de production. En outre, il peut falloir beaucoup de temps pour que le nouveau matériel de plantation produise effectivement des régimes et pour que le champ retrouve son niveau de production d'avant l'infection ; cela peut prendre jusqu'à 20 mois dans les sites de moyenne et haute altitude de la région d'Afrique de l'Est et centrale. Ce lent retour sur investissement entre la lutte contre la maladie et la production de touffes saines peut potentiellement être trop long pour assurer la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des petits exploitants agricoles et être perçu comme inadéquat. Des cultures annuelles peuvent être plantées sur les sites où les bananiers ont été déracinés et

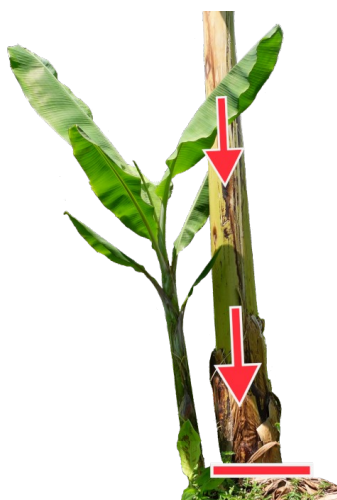
pendant les premières phases de croissance des nouveaux bananiers. Cela permet de minimiser les pertes de rendement au niveau de la parcelle.

Ces désavantages s'additionnent pour les petits exploitants et **les niveaux d'adoption** de l'ensemble des mesures de lutte du CDMU sont généralement **faibles**.

La coupe d'un pied unique malade

La coupe d'un pied unique malade (*Single Diseased Stem Removal* - SDSR) est une nouvelle méthode de lutte contre le flétrissement bactérien du bananier et est présentée comme une alternative appropriée au CDMU dans la plupart des cas. La SDSR est basé sur des résultats de recherche selon lesquels les bactéries *Xvm* n'infectent pas systématiquement tous les pieds physiquement interconnectés d'une touffe et que de faibles niveaux d'inoculum bactérien à l'intérieur d'un pied peuvent ne pas provoquer de symptômes. La coupe d'un seul pied malade sur une touffe peut ainsi permettre aux pieds sains restants de demeurer sur la touffe infectée et de produire des régimes de banane comestibles.

Contexte : Propagation incomplète au niveau de la touffe



La bactérie *Xvm* n'infecte pas systématiquement tous les plantes physiquement interconnectées d'une touffe (propagation systémique incomplète des bactéries *Xvm*, Fig. 15). Dans les touffes contenant une ou plusieurs plantes infectées, les plantes saines restantes sont capables de produire des régimes de bananes comestibles et de nouveaux rejets latéraux sains peuvent se développer. La coupe d'un seul pied malade sur une touffe infectée pourrait ainsi contrôler la maladie ; l'élimination de l'ensemble de la touffe infectée n'est donc pas nécessaire.

Figure 15 : Propagation incomplète des bactéries *Xvm*.

Néanmoins, on a observé une propagation aléatoire des plantes-mères infectées aux rejets latéraux. La densité des bactéries à l'intérieur d'un pied peut (initialement) être trop faible pour provoquer des symptômes (infection latente) et le pied asymptotique (c'est-à-dire d'apparence saine) peut continuer à développer des régimes de bananes. Il est toujours possible que la maladie se développe à partir de cette infection latente et que des symptômes apparaissent. À ce stade, le pied doit être éliminé par SDSR.

Dans le cadre d'une application rigoureuse de la SDSR, une diminution progressive de la charge bactérienne (et donc des infections latentes) jusqu'à des niveaux qui ne peuvent pas déclencher la maladie a été observée dans les générations suivantes. L'application rigoureuse de la SDSR pendant une période prolongée (voir plus loin) éliminera la maladie du champ.

Méthodologie

La coupe d'un pied unique malade

La SDSR consiste à couper les pieds visiblement malades dans une touffe au niveau du sol, au moment opportun, dès la première observation d'un symptôme, tout en permettant à tous les pieds ne présentant pas de symptômes de rester en place (Fig. 16).

Le méristème apical ou la partie en croissance active des plantes au stade végétatif doit être détruit pour empêcher la germination.

Dans l'idéal, la base exposée du pseudotrunc doit être recouverte de terre afin de réduire la disponibilité de l'exsudat bactérien exposé et le contact avec les bactéries.



Figure 16: SDSR.

Élimination du matériel végétal infecté

Les pieds infectés retirés doivent être mis en tas au bord du champ et laissés à décomposer. Les débris végétaux doivent être conservés aussi intacts que possible lorsqu'ils sont transportés vers le tas de compost, afin d'éviter toute fuite d'exsudat sur le sol. Sur le site du tas de compost, les débris peuvent être coupés en plus petits morceaux afin d'accélérer la décomposition des plantes. Si les débris végétaux sont coupés, il est fortement recommandé de couvrir le tas de compost avec d'autres débris végétaux ou une petite couche de terre afin d'éviter que les insectes ou les animaux qui broutent n'entrent en contact avec l'exsudat bactérien.

Une autre solution consiste à laisser le pied infecté arraché se décomposer sur place à côté de la touffe de bananiers. Cette méthode n'est généralement pas recommandée lorsque d'autres cultures sont pratiquées entre les touffes de bananiers ou lorsque les animaux sont libres de circuler entre les touffes.

[Comme pour l'élimination des plantes recommandée dans les mesures de lutte CDMU, les débris végétaux peuvent également être enterrés, bien que cela demande plus de travail].

Dépistage

L'application efficace de l'ensemble des mesures de lutte SDSR nécessite une surveillance étroite du champ et l'élimination continue des nouvelles plantes présentant des symptômes. Les infections latentes et donc l'élimination incomplète de l'inoculum *Xvm* peuvent constituer un risque de réapparition des symptômes de la maladie; tout nouveau pied malade doit être éliminé immédiatement après l'apparition des symptômes.

Il est recommandé d'appliquer la SDSR à intervalles réguliers au cours de la première phase de gestion, avec un suivi au moins hebdomadaire au cours des 3 à 4 premiers mois d'application. La fréquence des contrôles sur le terrain peut être réduite lorsque la majeure partie de l'inoculum *Xvm* semble avoir été éliminée et que les nouveaux symptômes potentiels ne se manifestent que sporadiquement.

Des évaluations sur le terrain ont permis d'observer de longues périodes d'incubation du flétrissement bactérien, pouvant atteindre 24 mois, ainsi que l'apparition de petits foyers à intervalles irréguliers sur une période de plusieurs mois. Une surveillance rigoureuse à long terme est donc essentielle.

Mesures préventives

Comme pour le programme de lutte CDMU, toutes les mesures préventives abordées dans le module 2, y compris l'élimination précoce du bourgeon mâle, la stérilisation des outils et l'utilisation de matériel de plantation sain, restent des éléments essentiels des mesures de lutte SDSR. En effet, même lorsque des infections ont été détectées dans un champ, la mise en œuvre correcte/rigoureuse des mesures préventives empêchera les touffes saines restant dans le champ d'être infectées et évitera la propagation aux champs voisins. En outre, un dépistage régulier des touffes de bananiers est nécessaire pour détecter rapidement de nouvelles expressions de symptômes.

Avantages

Il a été démontré que l'application rigoureuse de la SDSR permet de réduire efficacement, voire d'éliminer l'apparition de la maladie à mesure que les touffes se rétablissent sous les effets combinés de la propagation systémique incomplète et d'infections latentes.

Cette méthode demande beaucoup moins de travail et de temps que le CDMU. L'enlèvement d'un seul pied est moins intensif que l'arrachage d'une touffe entière, et il y a moins de débris végétaux infectés à éliminer.

Les pertes de rendement sont également minimisées car les plantes saines restent disponibles sur les touffes traitées pour la production des régimes de bananes et aucune période sans production n'est nécessaire. Par conséquent, aucun nouveau matériel de plantation sain n'est nécessaire.

La SDSR peut être appliquée efficacement pour une fraction du temps et du coût du CDMU tout en maintenant la production de régimes de bananes, ce qui en fait le programme de lutte le plus attractif pour la plupart des agriculteurs.

Désavantages

L'élimination de l'inoculum de la maladie est plus lente et plus graduelle avec la méthode SDSR qu'avec l'élimination complète par CDMU. Les infections latentes peuvent se développer en plantes symptomatiques même des années après le début de la lutte par SDSR. Bien que cela ne soit pas un problème et qu'il faille continuer à appliquer la SDSR, la réapparition d'infections par le flétrissement bactérien peut être très décourageante et démotivante pour un agriculteur. L'impression que le programme de lutte ne fonctionne pas pleinement peut entraîner l'abandon de la pratique.

Quel ensemble de mesures de lutte devons-nous appliquer? CDMU ou SDSR?

Le CDMU et la SDSR se sont tous deux révélés efficaces pour réduire et éliminer l'incidence des maladies. Le choix du CDMU ou de la SDSR dépend généralement du système d'exploitation et du niveau d'apparition de la maladie.

Le CDMU est généralement recommandé pour les systèmes de production bananière plus importants, bien gérés et orientés vers le marché, qui sont en mesure d'investir dans l'éradication ciblée des maladies. L'éradication rapide du flétrissement bactérien dans ces grands champs vaut souvent la période de réduction de la production due à l'élimination de touffes entières.

La SDSR est plus appropriée et recommandée pour les systèmes de culture bananière gérés de manière moins intensive, souvent pour les petits exploitants pratiquant l'agriculture de subsistance, qui bénéficient davantage de ce traitement rentable. En outre, la SDSR est une option de lutte appropriée pour les agriculteurs qui n'ont qu'un accès limité à du matériel de plantation sain.

Le CDMU pourrait également s'avérer rentable pour les petits exploitants agricoles lorsque l'infection par XW est encore récente et que seuls quelques plants ou touffes sont touchés, ce qui laisse une ouverture pour l'éradication complète. Dans ce cas, il est conseillé d'appliquer le CDMU et la SDSR de manière complémentaire, la SDSR étant utilisée comme méthode de surveillance après l'application du CDMU.

Étude de cas - comparaison de l'efficacité, du coût et du temps du CMDU et de la SDSR

Les chercheurs ont effectué une comparaison directe entre le CMDU et la SDSR dans les exploitations de quatre sites d'étude au Rwanda, afin de se faire une idée précise des différences d'efficacité, des besoins en ressources et de l'impact sur les pertes de production.

Ainsi, dans les champs touchés par le flétrissement bactérien, les chercheurs ont surveillé l'incidence de la maladie pendant une année, au cours de laquelle le CDMU et la SDSR ont été appliqués en continu. Ils ont enregistré le temps moyen nécessaire à l'application des paquets de contrôle par touffe ou pied de bananier infecté, le coût pour l'agriculteur et la quantité de tiges productives finalement perdues.

Réduction de l'incidence de la maladie

Au début de l'expérience, l'incidence de la maladie sur les plantes infectées par le flétrissement bactérien se situait entre 3.5 et 9.4 %.

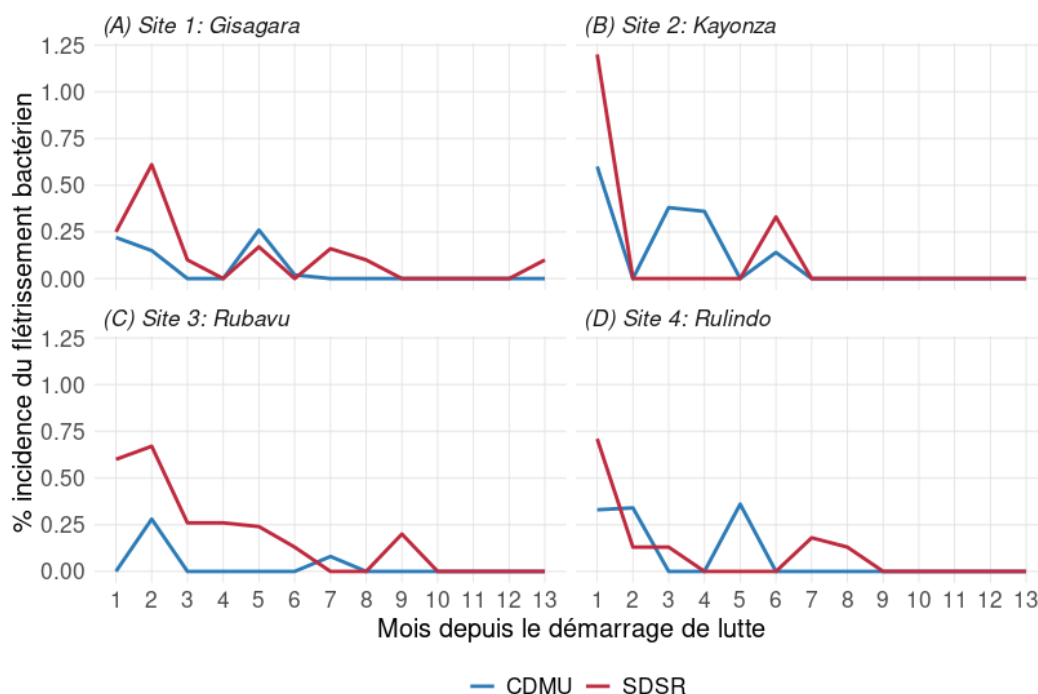


Figure 17: Evolution de l'incidence de la maladie pendant un an dans des bananeraies gérées par arrachage complet des touffes malades (CDMU) ou par élimination d'un seul pied malade (SDSR) dans quatre sites. Les graphiques montrent de faibles fluctuations (0 à 1%) de l'incidence du flétrissement bactérien un mois après le début des pratiques de lutte.

Un mois après l'enlèvement des touffes ou des pieds infectés (Fig. 17), l'incidence de la maladie a chuté de 6.2 % à 0.3 % en moyenne dans le cas du CDMU, et de 7.0 % à 0.7 % dans le cas de la SDSR.

Après le déclin initial, l'incidence du flétrissement bactérien est restée inférieure à 1% pour le CDMU et la SDSR sur tous les sites. Une gestion continue pendant les mois consécutifs a été nécessaire dans les deux cas, CDMU et SDSR, pour éliminer les plantes nouvellement symptomatiques. Ces nouveaux symptômes étaient liés à des infections latentes.

Le temps moyen écoulé jusqu'à ce qu'aucun bananier malade ne soit observé était plus court dans les champs gérés par le CDMU que dans les champs gérés par la SDSR.

- Avec le CDMU, aucune nouvelle plante symptomatique n'a été observée après 6 à 8 mois.
- Avec la SDSR, aucune nouvelle plante symptomatique n'a été observée après 7 à 10 mois sur trois des sites d'étude, tandis que sur un site, quelques nouvelles plantes symptomatiques apparaissaient encore à la fin de l'expérience.

Pertes de production

L'élimination complète des touffes infectées dans les champs gérés par le CDMU entraîne une perte plus importante, car les pieds asymptomatiques productives d'une touffe malade sont également éliminés. En revanche, en appliquant la SDSR, seules les pieds symptomatiques sont enlevés et les pieds productives asymptomatiques sur ces touffe restent. Ainsi, la perte globale de pieds productifs a été plus élevée en utilisant le CDMU, avec une moyenne de 35 % de pieds productifs perdus dans les champs, par rapport à la SDSR, avec une moyenne de 15 % de pieds perdus (Fig. 18).

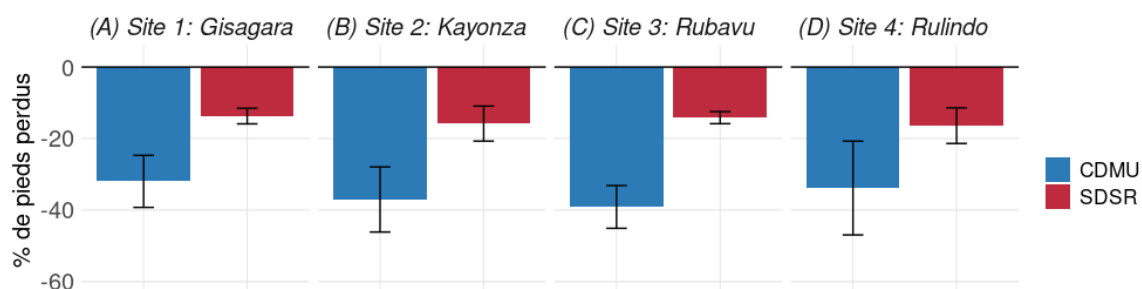


Figure 18: Pourcentage de plantes perdues à cause du flétrissement bactérien au cours des 6 premiers mois de l'étude.

Temps

L'application du CDMU a pris beaucoup plus de temps que celle de la SDSR (Fig. 19):

- La coupe d'un seul pied infecté est beaucoup plus rapide que l'arrachage d'une touffe de bananiers infectée.

- L'élimination des débris végétaux (découpage et élimination des débris sur un tas de compost) prend plus de temps pour une touffe entière, en raison de la plus grande quantité de débris.

- La replantation n'est nécessaire que lors de l'application du CDMU.

- Au total, l'enlèvement d'une touffe infectée entière, la destruction des débris et la replantation de nouveaux rejets sains ont pris en moyenne 36.5 minutes, alors que seulement 4.2 minutes ont été nécessaires pour couper et détruire un seul pied infecté.

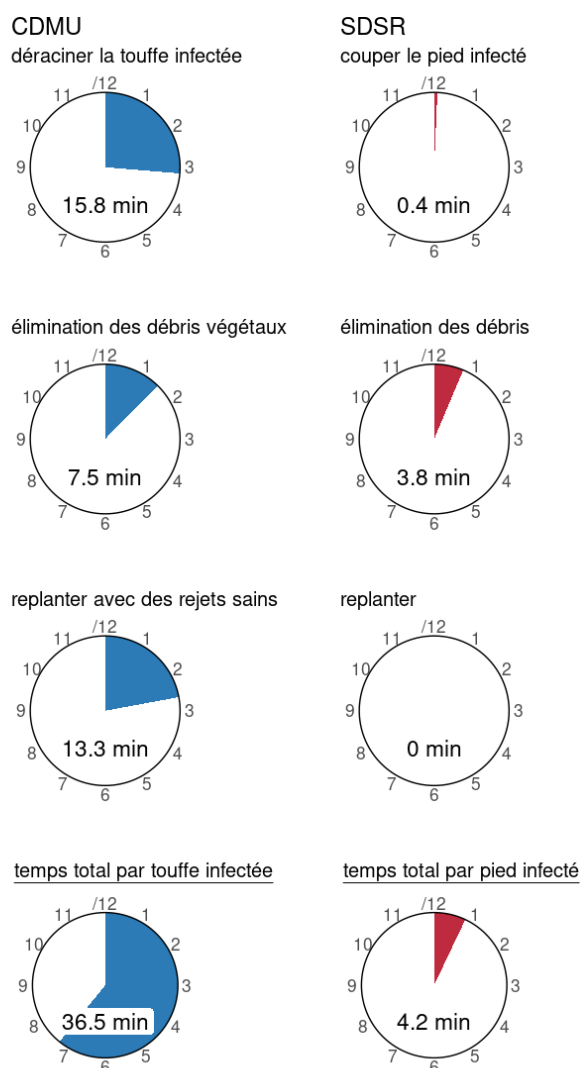


Figure 19: Temps moyen nécessaire à l'agriculteur pour les principales étapes du CDMU et de la SDSR.

Coût

Le coût total pour l'agriculteur était plus élevé lors de l'application du CDMU que lors de l'application de la SDSR (Fig. 20):

- Le coût de la main-d'œuvre est directement lié au temps nécessaire pour appliquer le lutte.

Au total, le coût de la main-d'œuvre pour enlever un touffe entière, éliminer les débris et replanter de nouveaux rejets sains était de 218.8 francs rwandais (Frw), contre 25.4 Frw pour couper et détruire un seul pied infecté.

- L'acquisition d'un nouveau matériel de plantation sain représente un coût substantiel pour l'agriculteur.

- Le coût supplémentaire de 400 Frw pour le nouveau matériel de plantation porte le coût total du CDMU à 618,8 Frw par touffe de bananiers, contre 25,4 Frw par pied avec la SDSR.

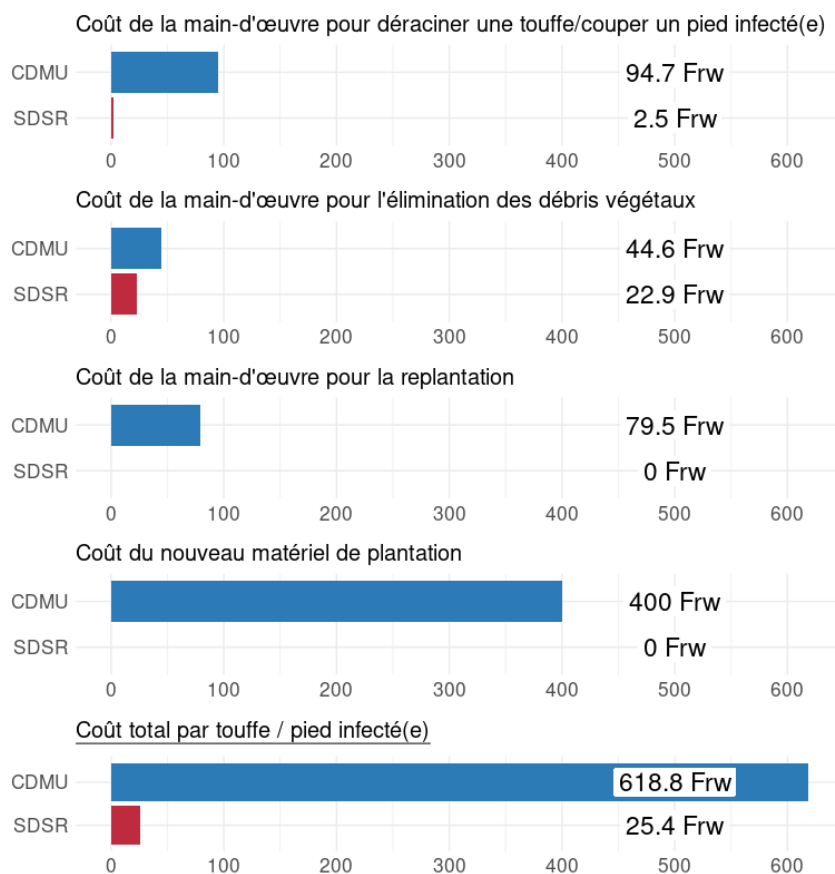


Figure 20: Coût pour l'agriculteur des principales étapes du CDMU et de la SDSR.

En outre, ce calcul des coûts ne tient pas compte des pertes de production évoquées plus haut.

Conclusion

- Le CDMU et la SDSR sont tous deux efficaces pour réduire l'incidence du flétrissement bactérien.
- La SDSR est l'option de lutte la plus facile et la moins chère, et un pourcentage plus élevé de la production est maintenu.
- Les champs gérés avec le CDMU peuvent avoir une récupération globale plus rapide.

[Cette étude de cas a été publiée dans 'Blomme et al. (2021). Comparing effectiveness, cost- and time-efficiency of control options for Xanthomonas wilt of banana under Rwandan agro-ecological conditions. European Journal of Plant Pathology 160, 487-501. DOI 10.1007/s10658-021-02258-z']

Module 4: Quels sont les risques d'erreur dans la gestion de la maladie du flétrissement bactérien du bananier?

L'application rigoureuse et correcte des pratiques préventives, combinée aux mesures de lutte CDMU et SDSR si nécessaire, permettra de contenir efficacement la maladie, d'en réduire l'incidence et la gravité et de rétablir les niveaux de production des champs. De nombreux succès ont été obtenus aux niveaux local, régional et même national.

La gestion efficace du flétrissement bactérien du bananier n'est cependant pas toujours possible. La recherche a identifié plusieurs pièges pour la mise en œuvre de la gestion de la maladie, généralement associés à l'application incomplète ou incorrecte des mesures recommandées.

Dans ce module, nous examinerons de plus près les pièges les plus courants et nous recommanderons des moyens d'y remédier.

Perception d'une efficacité partielle de la gestion de la maladie

Lors de l'utilisation des mesures de lutte SDSR, la réapparition sporadique de plantes malades en raison d'infections latentes peut être perçue comme un échec des mesures appliquées et peut être très décourageante pour les agriculteurs. En raison de cette réapparition perçue de la maladie, les agriculteurs abandonnent parfois et cessent d'appliquer les pratiques de prévention et de lutte, et la maladie peut s'installer à nouveau.

Cependant, le nombre de plantes affectées diminuera rapidement avec une application rigoureuse de SDSR, et une application à plus long terme de SDSR par l'élimination des pieds symptomatiques nouvellement apparues (liées à des infections latentes) conduira à une gestion réussie et éventuellement à l'éradication de la maladie.

Les agriculteurs doivent donc être informés à l'avance de la dynamique de la maladie avec l'application de SDSR afin d'éviter tout découragement.

Les mesures préventives, en particulier lorsqu'elles sont appliquées dans des champs sains, n'ont pas d'effet clair perceptible par l'agriculteur, car rien ne se produit (ce qui est le but, la maladie n'entre pas/ne se produit pas). Au fil du temps, certaines pratiques préventives peuvent être appliquées moins rigoureusement ou abandonnées par l'agriculteur parce qu'elles demandent beaucoup de temps et de travail, ou parce qu'elles sont considérées comme "n'étant plus nécessaires". Cela peut évidemment réduire l'efficacité globale de la gestion des maladies.

Étude de cas - Suivi de l'apparition de tiges symptomatiques dans les fermes gérées par le SDSR

Sur trois sites de terrain dans le Sud-Kivu, à l'est de la République démocratique du Congo, le SDSR a été mis en œuvre dans 30 exploitations touchées par le flétrissement bactérien (90 exploitations au total ont été étudiées), et l'incidence des plantes symptomatiques a été surveillée chaque semaine pendant un an.

Les exploitations de la région de Cikoma ont été fortement touchées par le flétrissement bactérien, avec en moyenne 45.5 % des touffes de bananiers présentant des symptômes. À Kagundu, une moyenne de 32.6 % des touffes a été affectée dans l'ensemble des exploitations. À Bukunda, l'impact du flétrissement bactérien était plus faible, avec seulement 1.4 % des touffes présentant des symptômes.

En mettant en œuvre le SDSR et en coupant toutes les pieds visiblement affectés, l'incidence de la maladie a chuté de manière drastique après la première semaine (Fig. 21).

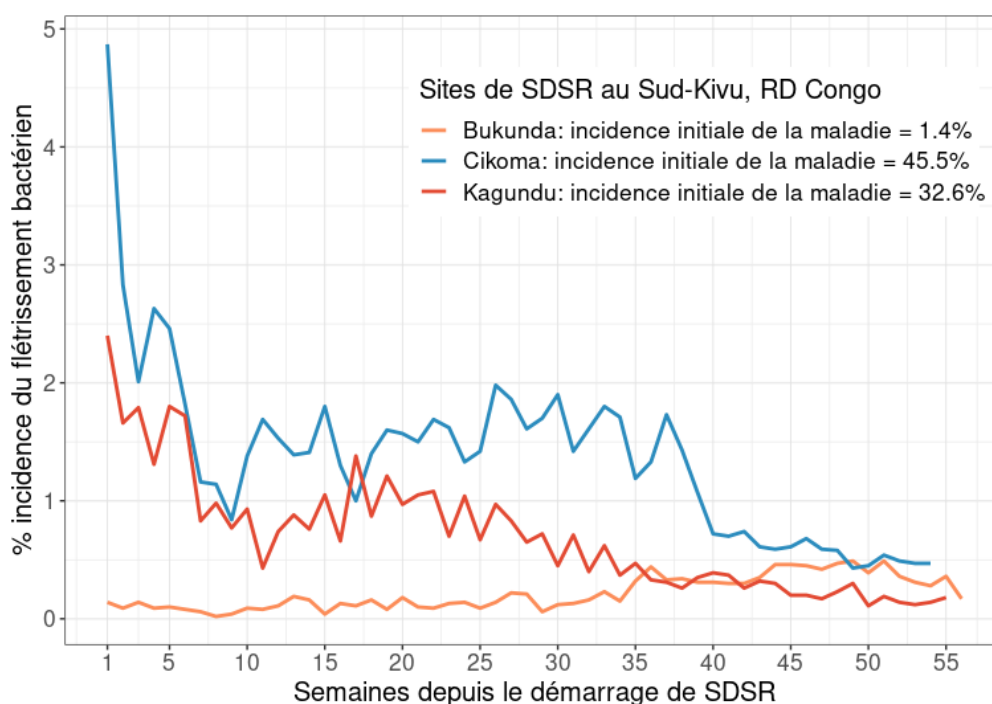


Figure 21: Evolution de l'incidence de la maladie pendant un an après l'élimination des pieds infectés sur trois sites. Les graphiques montrent les fluctuations de l'incidence une semaine après le démarrage du SDSR.

À **Cikoma**, où les exploitations ont été les plus touchées, l'incidence de la maladie a fluctué entre 1 et 2 % au cours des 9 mois (40 semaines) qui ont suivi la mise en œuvre du SDSR. Cela signifie que 1 à 2 % des touffes de bananiers des exploitations développaient encore de nouveaux symptômes chaque semaine et que les pieds nouvellement infectés devaient être coupés. Après 9 mois, l'apparition de nouvelles plantes symptomatiques a diminué et seulement 0.5 % des touffes de bananiers présentaient de nouveaux symptômes.

À **Kagundu**, seulement 0.5 à 1.5 % des touffes de bananiers ont développé de nouveaux symptômes sur une base hebdomadaire au cours des 8 premiers mois (35 semaines) de la mise en œuvre du SDSR, alors que ce chiffre est tombé à 0.2 à 0.4 % après cette période.

À **Bukunda**, les exploitations les moins touchées, très peu de nouveaux plants symptomatiques ont été enregistrés chaque semaine (seulement ~ 0.1 %). Une petite poussée peut être observée après 8 mois, lorsque 0.5 % des touffes de bananiers ont développé des symptômes. Néanmoins, en appliquant correctement le SDSR, ces chiffres ont de nouveau chuté au cours des semaines suivantes.

Conclusion: Dans les exploitations gérés par SDSR, les plantes malades peuvent réapparaître sporadiquement pendant une période plus longue, bien qu'en très petit nombre. L'étude a également mis en évidence une diminution globale de la charge bactérienne dans les générations suivantes de touffes infectés de manière latente. Ainsi, en surveillant et en appliquant régulièrement le SDSR, de moins en moins de plantes visiblement infectées apparaîtront au fil du temps, et l'apparition de nouveaux symptômes finira par cesser. En général, on peut s'attendre à un petit nombre de réapparitions au cours des deux premières années.

[Cette étude de cas a été publiée dans 'Blomme et al. (2017). A control package revolving around the removal of single diseased banana stems is effective for the restoration of *Xanthomonas wilt* infected fields. *European Journal of Plant Pathology* 149, 385-400. DOI 10.1007/s10658-017-1189-6']

Les services de vulgarisation doivent informer les agriculteurs sur l'effort à long terme et le calendrier prévu.

Les agriculteurs doivent être bien informés du fait que le SDSR pourrait devoir être appliqué sur des périodes prolongées, peut-être sur deux ans ou plus, mais que le nombre de plantes affectées diminuera rapidement après le début de l'application rigoureuse du SDSR. Il est essentiel de préciser que la réapparition hebdomadaire d'un petit nombre de plantes symptomatiques est un aspect normal de la gestion de la maladie par le SDSR, et que ce nombre diminuera avec le temps.

Les services de vulgarisation doivent insister sur le fait que la gestion du flétrissement bactérien est un projet à long terme. Dans la mesure du possible, les services de vulgarisation doivent revenir dans les communautés pour s'assurer que la gestion de la maladie qu'ils ont appliquée est efficace, ou pour aider à l'ajuster si nécessaire.

La formation des agriculteurs doit également inclure le message suivant: Le SDSR empêche le déracinement complet des touffes et évite de devoir replanter avec du matériel de plantation sain. Le SDSR empêche également une chute brutale et prolongée du rendement de l'exploitation, car la plupart des pieds d'une touffe restent debout et produisent des régimes de bananes récoltables/mangeables.

Réaliser une action collective

Tous les cultivateurs de bananiers d'une communauté doivent appliquer **des pratiques préventives**. Si, par exemple, seule la moitié des cultivateurs applique des mesures préventives, l'autre moitié des champs risque d'introduire le flétrissement bactérien dans la communauté. Une fois établie, la transmission du flétrissement bactérien au sein de la communauté est plus difficile à prévenir.

Par conséquent, et idéalement, tous les agriculteurs ayant des champs infectés dans une communauté devraient appliquer **des pratiques de lutte** (SDSR ou CDMU). Si un agriculteur n'est pas disposé à appliquer ces pratiques et à éliminer les plantes infectées, la maladie restera plus longtemps dans la communauté et le risque de transmission aux champs sains augmentera. De même, lors de l'application de la SDSR, tous les agriculteurs doivent être motivés pour appliquer la pratique pendant une période prolongée, afin de tenir compte de la présence prolongée de l'inoculum.

Il peut être difficile de parvenir à une action collective dans les communautés de petits exploitants agricoles (Fig. 22) en raison de l'importance variable des bananes pour assurer les moyens de subsistance des agriculteurs. Si la production de bananes n'est pas l'intérêt principal de l'agriculteur, celui-ci sera moins enclin à investir des efforts constants dans la gestion de la maladie.

L'aide à la vulgarisation est généralement fournie au niveau de la communauté. Les dirigeants doivent être informés des difficultés à réaliser une action collective et doivent présenter des options personnalisées en fonction des besoins des différents agriculteurs de la communauté. Par exemple, certains membres de la communauté bien formés pourraient être désignés pour surveiller plusieurs petites exploitations. Cela permettrait d'alléger la responsabilité des agriculteurs les moins investis.



Figure 22: Actions de lutte au niveau communautaire.

Accès difficile à l'information et à la formation

Les services de vulgarisation n'atteignent pas tous les petits cultivateurs de bananes et le niveau de partage des connaissances peut varier en fonction du mode de communication.

Les activités menées en personne par les services de vulgarisation sont généralement les plus efficaces, telles que:

- les campagnes de sensibilisation,
- les écoles d'agriculture de terrain, et
- les actions communautaires.

La diffusion d'informations à la télévision et à la radio permet d'atteindre un large public, mais présente l'inconvénient d'être à sens unique (l'agriculteur ne peut pas poser de questions).

Les services de vulgarisation à visite unique et la radiodiffusion peuvent laisser l'agriculteur avec des questions et les informations de suivi sont difficiles à obtenir.

Ces dernières années, **des approches participatives** ont été développées pour initier un flux d'informations à double sens. Par exemple:

- Le travailleur du savoir communautaire: Les dirigeants locaux sont formés en tant que travailleurs du savoir communautaire et agissent comme des intermédiaires entre les agriculteurs locaux et les experts externes. À l'aide d'applications de téléphonie mobile, ils peuvent fournir aux agriculteurs un accès direct à des informations agricoles par l'intermédiaire d'un centre d'appel agricole et collecter simultanément des données et des enquêtes sur les infestations locales du flétrissement bactérien et les problèmes de gestion pour les chercheurs.
- L'application pour smartphone Tumaini: les agriculteurs peuvent accéder à des informations actualisées sur la gestion des maladies tout en contribuant à la collecte de données. Bien qu'ils aient un grand potentiel, les petits exploitants agricoles ont encore un accès limité aux smartphones, et la mise en œuvre effective des outils de vulgarisation numérique peut prendre du temps.

Contraintes pratiques

Facilité d'utilisation des pratiques recommandées

Les mesures de prévention et de lutte recommandées ont été mises à jour ces dernières années afin d'améliorer la facilité d'utilisation pour l'agriculteur. Ce sujet a été abordé tout au long des modules 2 et 3. Par exemple, la stérilisation des outils initialement recommandée par le feu, et bien qu'efficace, peut être réalisée plus facilement en lavant la lame avec de l'eau et du savon. De même, la SDSR a considérablement amélioré la facilité d'utilisation de l'élimination des plantes infectées par rapport au CDMU.

Les recherches en cours sur la gestion de la maladie du flétrissement bactérien tiennent compte des besoins des agriculteurs et continueront à mettre à jour les mesures si nécessaire.

Disponibilité limitée des ressources

Les pratiques de gestion des maladies sont souvent difficiles à mettre en œuvre en raison :

- d'une forte demande de main-d'œuvre,
- du temps nécessaire et
- du coût de l'ensemble des mesures.

Les agriculteurs sont connus pour prendre des raccourcis dans la gestion du flétrissement bactérien. La surveillance à long terme du champ, qui prend beaucoup de temps ainsi que la perception d'une diminution de la nécessité d'appliquer des mesures de gestion du flétrissement bactérien une fois que les chiffres initiaux de l'incidence ont chuté, conduisent les agriculteurs à abandonner l'application minutieuse des pratiques de gestion.

La principale voie à suivre est de continuer à motiver les agriculteurs par des efforts de vulgarisation et de mettre en avant les pratiques les plus commodes et les plus rentables en termes de coût et de temps. Tout comme pour la facilité d'utilisation, les recherches en cours sur la gestion de la maladie du flétrissement bactérien tiennent compte des besoins des agriculteurs et continueront à actualiser les mesures existantes en cas de besoin.

Difficultés à combiner les pratiques de lutte contre les maladies avec les activités générales de l'exploitation

La lutte contre le flétrissement bactérien peut interférer avec le calendrier d'autres pratiques de gestion agricole.

Dans les exploitations où les bananiers sont associés à des cultures annuelles, la coupe régulière des plantes malades (SDSR) pendant les saisons de culture annuelle peut endommager ces cultures. Les besoins des ménages déterminent généralement les pratiques prioritaires. Bien que l'élimination des plantes doive être retardée, l'application rigoureuse de mesures préventives peut réduire le risque global.

Références

Ce manuel est basé sur le chapitre du livre :

Blomme, G., Kearsley, E., Ocimati, W. (2023). Xanthomonas wilt of banana. In : Drenth, A. et Kema, G.H.J. (ed.), *Achieving sustainable cultivation of bananas, Volume 3 : Diseases and pests*. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, ISBN : 978 1 78676 981 7, <https://dx.doi.org/10.19103/AS.2022.0108.10>

Des références pertinentes pour tous les sujets abordés peuvent être trouvées dans ce document.

Glossaire des termes techniques

Terme	Explication
Abiotique	Non-vivant. Les stress abiotiques peuvent inclure des pratiques culturales inappropriées ou des conditions environnementales défavorables telles que des carences en nutriments, une sécheresse et une phytotoxicité des pesticides (par opposition aux stress biotiques).
Ablation du bourgeon mâle	Élimination du bourgeon mâle - à l'aide d'un bâton de bois fourchu - dès que la dernière main du régime de fruits s'est formée.
Abscission	Perte de feuilles ou d'autres parties de la plante résultant d'une faiblesse physique dans une couche spécifique de cellules (la couche d'abscission) qui se développe à la base de la structure.
Action collective	Action entreprise conjointement par un groupe de personnes et dont le but est d'améliorer leur condition et d'atteindre un objectif commun.
Agent causal	Organisme ou agent qui provoque et gère une maladie ou une blessure.
Antibiotique	Composé chimique produit par un micro-organisme qui inhibe la croissance d'autres organismes vivants ou les tue.
Antimicrobien	Destructeur ou inhibiteur de la croissance des micro-organismes, en particulier des micro-organismes pathogènes.
Application pour smartphone	Application logicielle développée spécifiquement pour être utilisée sur de petits appareils informatiques sans fil, tels que les smartphones et les tablettes.
Arrachage complet des touffes de bananiers malades (<i>Complete Diseased Mat Uprooting</i> - CDMU)	Ensemble de mesures de gestion des maladies pour lutter contre le flétrissement dû à <i>Xanthomonas</i> . Il s'agit d'arracher les touffes entières de bananiers (le rhizome et les tiges attachées) présentant des symptômes de flétrissement dû à <i>Xanthomonas</i> . Le manuel (guide) recommande également des mesures préventives.
Asymptomatique	Qui contient l'agent pathogène, mais ne présente pas de symptômes visibles.
Atténuation	Se préparer à une menace, en l'occurrence une maladie, et en atténuer les effets.
Bactérie	Organisme unicellulaire microscopique dépourvu de noyau. Certaines bactéries sont à l'origine de maladies chez les animaux ou les végétaux.
Biotique	Relatif à la vie, comme les maladies causées par des organismes vivants (par opposition à abiotique).
Botanique	Qui concerne les plantes ou des parties de plantes.
Bourgeon (bourgeon mâle)	Petite protubérance sur la tige d'une plante vasculaire qui se développera plus tard en une fleur, une feuille ou une pousse. Le bourgeon mâle d'un bananier contient des grappes de fleurs mâles et des bractées, situées à l'extrémité du rachis.
Bractée	Feuille réduite associée à une fleur ou à une inflorescence ; feuille modifiée à l'aisselle de laquelle naît une fleur.
Certification / Semences ou plantes certifiées	Semences, tubercules ou jeunes plants certifiés par une autorité reconnue comme étant exempts d'un agent pathogène ou d'un parasite déterminé, ou comme contenant moins d'un nombre minimum d'agents pathogènes ou d'autres parasites spécifiques.
Charge bactérienne	Synonyme de densité d'inoculum ; mesure du nombre de propagules d'un organisme pathogène par unité de surface ou de volume. Quantité de bactéries et d'exsudat dans un bananier ou une touffe de bananiers.
Cicatrices de bractées	Cicatrice laissée sur le rachis après l'abscission de la bractée.

Terme	Explication
Colonie	Croissance d'un micro-organisme en masse, en particulier sous forme de culture pure.
Contaminés (outils contaminés)	Contenant des micro-organismes indésirables ou infectieux.
Contrôle (suivi, gestion)	Collecte et enregistrement minutieux d'informations sur l'abondance, le développement et la croissance d'organismes (généralement des ravageurs ou des cultures) ou d'autres facteurs (par exemple, les dommages causés aux cultures), souvent à l'aide de procédures très spécifiques et généralement sur une base régulière pendant une certaine période de temps.
Corne	Le rhizome est communément appelé corne, mais le terme botanique correct est rhizome. Voir 'Rhizome'.
CRISPR-Cas9	Le <i>Clustered regularly interspaced short palindromic repeat</i> (CRISPR) est une nouvelle technologie d'édition de gènes qui permet de créer des perturbations génétiques ciblées dans un ou plusieurs gènes (par CRISPR multiplexé). Cas9 (ou CRISPR-associé à la protéine 9) est une enzyme qui, avec les séquences CRISPR, constitue la base d'une technologie connue sous le nom de CRISPR-Cas9, qui peut être utilisée pour modifier les gènes à l'intérieur des organismes.
Croissance végétative	Croissance des feuilles, des racines et des tiges. Ne comprend pas la croissance des structures reproductives (par exemple, les fleurs et les fruits).
Cultivar	Plante cultivée que l'on a sélectionnée selon certaines caractéristiques souhaitées et qui, une fois multipliée, conserve ces caractéristiques. Parfois utilisé comme synonyme de variété.
Cultivars qui échappent aux maladies	En ce qui concerne uniquement les infections du bananier par <i>Xanthomonas</i> , les cultivars échappant à la maladie sont des cultivars qui sont moins sujets à la transmission de la bactérie <i>Xvm</i> et à l'infection par les insectes, parce qu'ils ne forment pas de sites d'infection importants sur leur inflorescence (normalement liés aux sites d'abscission de la bractée et de la fleur). Ces cultivars ont des fleurs et des bractées persistantes ou ne forment pas de plaies ouvertes lorsqu'une bractée ou une fleur tombe. Ces cultivars peuvent encore être infectés par d'autres voies de transmission, notamment par des outils contaminés. Il ne faut pas confondre les expressions "échapper à la maladie" et "résister à la maladie".
Culture génétiquement modifiée	Culture dont le patrimoine génétique a été modifié à l'aide de techniques de génie génétique.
Culture intercalaire	Culture simultanée de deux ou plusieurs cultures sur la même surface de terre.
Débris (débris végétaux)	Fragments de plantes mortes détachés.
Déclin (déclin de la maladie)	Diminution de la présence de la maladie.
Densité d'inoculum	Mesure du nombre de propagules d'un organisme pathogène par unité de surface ou de volume. Quantité de bactéries et d'exsudat dans un bananier ou une touffe de bananiers.
Désinfecter	Éliminer un agent pathogène des tissus végétaux infectés. Voir Stérilisation.
Diagnose	Détermination et identification d'une maladie.
Diagnostic	Se rapporte à une caractéristique distinctive importante pour l'identification d'une maladie ou d'un autre état.
Durée de vie	Durée de vie d'un organisme.
Echelle spatiale	Application spécifique du terme échelle pour décrire la taille d'un espace (donc spatial), ou l'étendue d'un phénomène (dans ce cas, la présence d'une maladie) ou d'un processus (par exemple, la transmission d'une maladie).

Terme	Explication
Écoles d'agriculture de terrain	Les écoles d'agriculture de terrain pratiquent traditionnellement une approche d'éducation des adultes qui aide les agriculteurs à apprendre dans un cadre informel au sein de leur propre environnement. Il s'agit d'une méthode participative d'apprentissage, de développement et de diffusion des technologies basée sur les principes de l'apprentissage des adultes, tels que l'apprentissage par l'expérience, dans le cadre duquel les technologies sont démontrées et testées dans les exploitations agricoles.
Elimination d'une seule tige malade (Single diseased stem removal - SDR)	Ensemble de mesures de gestion des maladies pour lutter contre le flétrissement dû à <i>Xanthomonas</i> . Il consiste à couper au niveau du sol toute tige de bananier présentant des symptômes de flétrissement dû à <i>Xanthomonas</i> . Le programme recommande également des mesures préventives.
Empirique	S'appuyant sur ou découlant de l'observation ou de l'expérience.
Endiguement (endiguement de la maladie)	Action de contrôler ou de limiter la transmission d'une maladie.
Ensete (<i>Ensete ventricosum</i>)	Plante herbacée, vivace, monocarpique, appartenant à la famille des bananiers (Musaceae). L'ensete ressemble au bananier, bien qu'il ne soit pas cultivé pour ses fruits, mais pour son corme souterrain et la base de son pseudo-tronc, qui sont principalement transformés en produits alimentaires amylicés.
Epidémiologie	Etude des facteurs influençant l'apparition, le développement et la propagation des maladies infectieuses ; étude des maladies dans les populations.
Eradication	Gestion des maladies des plantes par l'élimination de l'agent pathogène une fois que celui-ci est établi ou par l'élimination des plantes qui portent l'agent pathogène.
Espèces	Tout type de vie subordonné à un genre mais supérieur à une race ; un groupe d'individus étroitement apparentés et de même ascendance, se ressemblant par certaines caractéristiques héréditaires de structure et de comportement et par une relative stabilité dans la nature ; les individus d'une espèce se croisent généralement librement et se maintiennent ainsi que leurs caractéristiques dans la nature.
Evaluation des risques	En ce qui concerne la transmission des maladies : Processus global d'identification de tous les risques susceptibles de conduire à l'établissement et à la propagation d'une maladie.
Expression (expression des symptômes)	Présence visuelle de symptômes de la maladie.
Exsudat (exsudat bactérien)	Exsudat contenant des colonies bactériennes.
Flétrissement	Affaissement des feuilles et des tiges dû au manque d'eau (alimentation en eau inadéquate ou transpiration excessive) ; maladie vasculaire qui interrompt l'absorption normale de l'eau.
Foyer d'infection	Site sur ou à l'intérieur d'une plante hôte où l'infection peut se produire.
Fusariose du bananier	Maladie fongique mortelle du bananier causée par le champignon <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. cubense.
Gaine foliaire	Partie basale de la feuille de bananier qui forme le pseudo-tronc.
Gamme d'hôtes	Gamme de plantes sur lesquelles un organisme, en particulier un pathogène ou un ravageur, se nourrit.
Gène	Unité d'un organisme contrôlant les caractéristiques héréditaires ; les gènes sont organisés sur des chromosomes.
Génie génétique	Transfert de gènes spécifiques entre organismes à l'aide d'enzymes et de techniques de laboratoire plutôt que l'hybridation biologique.
Génome	Information génétique complète d'un organisme ou d'un virus.

Terme	Explication
Génotype	Constitution génétique d'un individu ou d'un groupe ; classe ou groupe d'individus partageant un patrimoine génétique spécifique.
Gravité (gravité de la maladie)	Proportion de tissus végétaux malades par rapport à la quantité totale de tissus.
Herbicide	Pesticide pour la végétation indésirable (mauvaises herbes).
Hôte (plante-hôte)	Plante qui fournit de la nourriture à un agent pathogène ou à un ravageur.
Hôte alternatif	Plante autre que l'hôte principal qu'un pathogène ou un ravageur peut coloniser. Les hôtes alternatifs ne sont pas nécessaires à l'achèvement du cycle de développement du pathogène ou du ravageur.
Incidence (incidence de la maladie)	Nombre de plantes affectées par une maladie au sein d'une population.
Infection	Pénétration et établissement d'un agent pathogène dans une plante-hôte.
Infection latente	Infection qui ne s'accompagne pas de symptômes visibles.
Inflorescence	Fleur ou grappe de fleurs.
Inoculation	Dépôt d'un inoculum dans un foyer d'infection ; introduction d'un agent pathogène dans un tissu sain.
Inoculum	Agent pathogène ou ses parties, capable de provoquer une infection lorsqu'il est transféré dans un endroit favorable.
Insecte	Membre de la classe des hexapodes (embranchement des arthropodes) possédant trois séries de membres attachés à un segment central du corps.
Jardins maternels	Champ de touffes de bananiers ou de bananiers plantain sains, dont les pousses latérales/rejets sont régulièrement récoltés.
Latent	Présent mais non exprimé ou visible, par exemple une infection asymptomatique par un agent pathogène.
Limbe (limbe de la feuille)	La partie plate et photosynthétique de la feuille.
Maladie	Condition infectieuse (par exemple, causée par une bactérie, un champignon ou un virus pathogène) qui nuit à la fonction ou à la performance d'un organisme. Dans le cas des cultures, la maladie réduit la valeur économique d'une plante.
Maladie fongique	Maladie causée par un champignon. Un champignon est un organisme eucaryote généralement filamenteux (formant un mycélium) et hétérotrophe, dont les parois cellulaires sont composées de chitine et qui se reproduit par spores sexuées et/ou asexuées.
Matériel de plantation sain	En ce qui concerne les bananiers, le matériel de plantation désigne le type de matériel végétal utilisé pour établir une bananeraie ou remplacer un bananier. Les principaux types de matériel de plantation conventionnel sont les rejets et les morceaux de corne. Les plantules issues de la culture de tissu sont utilisées presque exclusivement dans les systèmes de production commerciale. Le matériel de plantation propre désigne tout matériel de plantation sain.
Mécanisme (Modèles mécaniques)	Modèle basé sur les lois fondamentales des sciences naturelles, y compris les principes physiques et biochimiques.
Méristème	Tissu végétal caractérisé par une division cellulaire fréquente, produisant des cellules qui se différencient en tissus spécialisés.
Méristème apical	Le méristème est un ensemble de cellules situées à un point de croissance d'une plante et capables de se diviser. Le méristème apical est le méristème situé à l'apex (extrémité) d'une racine ou d'une pousse responsable de l'augmentation de la longueur.

Terme	Explication
Méthode de diagnostic microbiologique	Méthodes de détection basées sur la culture, qui reposent sur l'isolement, la culture et l'identification de l'agent pathogène.
Méthode de diagnostic moléculaire	Ensemble de techniques utilisées pour analyser les marqueurs biologiques du génome et du protéome, et la manière dont les cellules expriment leurs gènes sous forme de protéines.
Méthode de diagnostic sérologique	Identification et diagnostic d'une maladie sur la base de la découverte de marqueurs sérologiques, d'anticorps ou de substances analogues à des anticorps spécifiques de cette maladie.
Modification cisgénique des cultures	Méthode de génie génétique. Les cultures cisgéniques possèdent du matériel génétique qui a été transféré à partir de la même espèce.
Modification transgénique des plantes	Méthode de génie génétique. Les cultures transgéniques possèdent du matériel génétique transféré d'une autre espèce.
Morphologie	Branche de la biologie qui traite de la forme et de la structure des organismes sans tenir compte de leur fonction.
Mucoïde	Apparenté à du mucus.
Nectar	Liquide riche en sucre sécrété par de nombreuses plantes à partir de structures spécialisées, souvent situées à l'intérieur des fleurs, où il sert à attirer les pollinisateurs tels que certains insectes et oiseaux.
Organisations nationales de protection des végétaux (ONPV)	Service officiel mis en place par un gouvernement pour remplir les fonctions spécifiées par la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV).
Parasite	Tout organisme qui endommage les plantes ou les produits végétaux.
Pathogène	Organisme responsable d'une maladie.
Pathogène vasculaire	Pathogène colonisant le xylème des plantes et perturbant l'absorption normale de l'eau et des minéraux, entraînant ainsi le flétrissement et le jaunissement du feuillage.
Pédoncule	En botanique, le pédoncule est la tige qui soutient l'inflorescence. Pourtant, dans les descripteurs du bananier, le pédoncule ne désigne que la tige située entre la couronne de la feuille et la première main du fruit, alors que la tige qui supporte les fleurs femelles et mâles est appelée rachis.
Pérenne	Qui se produit année après année ; une plante qui survit pendant plusieurs années (par opposition à annuelle, bisannuelle).
Période d'incubation	Temps écoulé entre la pénétration d'un agent pathogène dans une plante-hôte et la première apparition des symptômes de la maladie ; temps pendant lequel les micro-organismes inoculés sur un milieu sont autorisés à se développer.
Persistant (bractées et fleurs persistantes)	Qui existe ou reste dans le même état pendant longtemps ; qui dure. Bractées et fleurs qui ne se détachent pas facilement.
Pétiole	Le pédoncule reliant le limbe à la gaine de la feuille [ou pseudo-tronc].
Petit exploitant	Agriculteur gérant une petite exploitation fonctionnant selon un modèle d'agriculture à petite échelle.
Plantules dérivées de cultures de tissus	Méthode in vitro de multiplication de cellules saines à partir de tissus végétaux. La procédure de base consiste à isoler le méristème apical et à l'inciter à former des pousses.

Terme	Explication
Plantules dérivées de macro-propagation	Nouvelles plantules cultivées sur des cornes ou des morceaux de cornes préparés et enfouis dans un substrat (par opposition à la propagation par culture de tissus utilisant des techniques in vitro). Les plantules issues de la macropropagation et récoltées sont d'abord plantées dans des sacs en plastique et durcies [sous une construction ombragée] avant d'être plantées sur le terrain.
Pousse latérale	Voir 'Rejet'.
Pratiques de contrôle (lutte)	Pratiques de gestion des maladies visant à réduire l'incidence de la maladie et, à terme, à l'éradiquer.
Pratiques préventives	Pratiques de gestion des maladies visant à ralentir, entraver ou prévenir la transmission et l'apparition de la maladie.
Propagation	Voir 'Transmission'.
Propagation systémique incomplète	Systémique signifie "capable de se déplacer dans une plante ou un autre organisme, généralement par l'intermédiaire du système vasculaire". La bactérie <i>Xvm</i> n'est cependant capable de se déplacer facilement qu'à travers une seule tige dans une touffe de bananiers (la tige sur laquelle l'infection initiale s'est produite) et ne peut pas se déplacer facilement à travers le rhizome vers d'autres rejets appartenant à la même plante. La propagation à travers la touffe de bananiers est donc qualifiée d'"incomplète".
Pseudo-tronc (pseudo-tronc de bananier)	Partie du bananier qui ressemble à un tronc. Elle est formée par les gaines des feuilles qui se chevauchent et se serrent les unes contre les autres. Le pseudo-tronc continue de croître en hauteur au fur et à mesure que les feuilles émergent et se déroulent l'une après l'autre ; il atteint sa hauteur maximale lorsque la "vraie" tige, qui s'est développée à l'intérieur du pseudo-tronc, émerge [sous forme d'inflorescence] au sommet de la plante.
Pulpe (pulpe de fruit)	Partie molle et succulente d'un fruit.
pv.	Abréviation de pathovar ; subdivision d'une espèce bactérienne pathogène pour les plantes, définie par la gamme d'hôtes ; pathovar pour les bactéries équivalent à forma specialis pour les champignons.
Rachis	Axe principal allongé d'une inflorescence. Dans les descripteurs des bananiers, le rachis correspond au pédoncule mâle supportant les fleurs mâles dans le bourgeon mâle.
Rayonnement solaire	Terme général désignant le rayonnement électromagnétique émis par le soleil.
Réceptacle	Structure du tissu du xylème conduisant l'eau et présentant des ouvertures aux extrémités.
Régime (de bananes)	Terme descriptif qui englobe l'ensemble des fruits.
Rejet	Pousse latérale qui se développe à partir du rhizome [ou du corne] et qui émerge généralement près de la plante-mère.
Résistant /résistance	Capacité inhérente d'une plante hôte à prévenir ou à réduire le développement d'une maladie.
Rhizome	Synonyme de corne de bananier. Tige souterraine qui produit des pousses latérales ou des rejets.
Ruminant	Tout mammifère à sabots (y compris les bovins, les cerfs et les moutons) qui rumine.
Saison sèche	Période saisonnière de faibles précipitations.
Sans symptôme	Voir 'Asymptomatique'.
Section transversale	Coupe d'un objet (ici la tige ou le pseudo-tronc du bananier) à angle droit par rapport à un axe.

Terme	Explication
Sensible / sensibilité	Sujet à développer des symptômes de maladie lorsqu'il est infecté par un agent pathogène particulier (par opposition à résistant).
Service de vulgarisation	Ensemble des organisations qui soutiennent les personnes engagées dans des activités agricoles et facilitent la résolution des problèmes, l'accès aux informations, aux compétences et aux technologies afin d'améliorer leurs moyens de subsistance et leur bien-être.
Site d'abscission	Emplacement de l'abscission d'une feuille ou d'une partie de la plante sur la plante. Au départ, une blessure est visible et évolue vers une cicatrice.
sp.	Abréviation pour une seule espèce.
spp.	Abréviation pour espèces multiples.
Stade dormant	État d'arrêt temporaire de la croissance et de réduction du métabolisme d'un organisme, généralement induit par des facteurs internes ou des conditions environnementales comme mécanisme de survie.
Stérilisation	Destruction totale d'organismes vivants par divers moyens, notamment la chaleur, les produits chimiques ou l'irradiation.
Subsistance (petites exploitations de subsistance)	Agriculture qui répond aux besoins de base de l'agriculteur sans surplus à commercialiser.
subsp.	Abréviation de sous-espèce. Sous-population d'une espèce, définie sur la base de plus d'un caractère (morphologique pour de nombreux organismes) qui distingue les membres de la sous-population des autres membres de cette espèce.
Symptôme	Expression extérieure ou changement d'apparence indiquant qu'un organisme n'est pas en bonne santé. Chez les plantes, les symptômes comprennent la chlorose, la nécrose et le flétrissement.
Système d'alerte précoce	Système ou procédure conçu pour avertir d'un problème potentiel ou imminent, en l'occurrence le risque de transmission ou de propagation d'une maladie.
Systémique	Capable de se déplacer dans une plante ou un autre organisme, généralement par l'intermédiaire du système vasculaire.
Tige (tige de bananier)	La "vraie" tige (par opposition au pseudo-tronc) se développe à l'intérieur du pseudo-tronc à la fin de la phase de croissance végétative et fournit un support aux dernières feuilles émergentes et à l'inflorescence. La tige se subdivise en trois parties : le rhizome ou corme souterrain, la tige aérienne et le pédoncule.
Tissu vasculaire	Tissu permettant la circulation des fluides et des nutriments dans les plantes vascularisées. Il existe deux types de tissus vasculaires : le xylème, qui fait remonter l'eau et les nutriments depuis les racines, et le phloème, qui distribue les produits de la photosynthèse depuis les feuilles vers les autres parties de la plante.
Tolérant / tolérance	Capacité d'une plante-hôte à supporter les effets d'une maladie sans mourir ou subir de graves dommages ou une perte de récolte.
Touffe (touffe de bananiers)	Touffe est le terme horticole spécifique au bananier qui désigne l'ensemble formé par le rhizome, la tige fructifère (ou les tiges, car plusieurs tiges peuvent fructifier en même temps) et les rejets.
Transmission (transmission de maladies)	Déplacement d'un agent pathogène vers une nouvelle plante hôte.

Terme	Explication
Travailleurs communautaires de la connaissance (<i>Community Knowledge Workers</i>)	Les Travailleurs communautaires de la connaissance sont des leaders locaux qui diffusent et collectent des informations au sein de leurs communautés de façon active. Ils ont été désignés par diverses organisations travaillant avec les communautés d'agriculteurs et ont été formés aux techniques de collecte de données et de diffusion d'informations à l'aide d'applications de téléphonie mobile. Ces activités incluent la réalisation d'enquêtes numériques, la diffusion d'informations concernant la météo, le marché et l'agriculture obtenues par SMS, ainsi que l'accès direct des agriculteurs à des informations agricoles par l'intermédiaire d'un centre d'appel agricole.
Vecteur (insecte vecteur)	Organisme qui transporte et transmet un agent pathogène à un hôte.
Voie de transmission	Manière dont un agent pathogène est déplacé vers une nouvelle plante hôte.
<i>Xanthomonas vasicola</i> pv. <i>musacearum</i>	Bactérie qui provoque le flétrissement du bananier par <i>Xanthomonas</i> .
<i>Xvm</i>	Abréviation de <i>Xanthomonas vasicola</i> pv. <i>musacearum</i> .
Xylème	Tissu vasculaire qui transporte les nutriments et l'eau des racines vers le haut de la plante.

Le cours complet en ligne est disponible à www.crophealth.org

Liste des vidéos de formation :

Module 1 : Impact

Module 1 : Agent causal

Module 1 : Symptômes

Module 1 : Propagation

Module 2 : Élimination des bourgeons mâles

Module 2 : Stérilisation des outils

Module 2 : Matériel de plantation propre

Module 3 : Détection de la maladie

Module 3 : Déracinement complet du tapis malade

Module 3 : Enlèvement d'une seule tige malade

Module 4 : Action collective

Module 4 : Soutien et formation de la vulgarisation

Module 4 : Contraintes pratiques

