



Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Maïs



Bureau de Coordination Technique du TAAT
Série de Rapports Techniques 008



Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Maïs

© Bureau de Coordination Technique du TAAT, mai 2021

Le Programme Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique (TAAT) est financé par une subvention de la Banque Africaine de Développement (BAD) et mis en œuvre par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) en étroite collaboration avec d'autres centres du Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale (CGIAR) et des institutions spécialisées telles que la Fondation Africaine pour les Technologies Agricoles (AATF), le Forum pour la Recherche Agricole en Afrique (FARA), le Centre International de Développement des Fertilisants (IFDC) et bien d'autres. Pour plus d'informations, envoyez un e-mail à i.musabyimana@cgiar.org ou plwoomer@gmail.com.

Ce rapport peut être reproduit en tout ou partie à des fins non-commerciales, à condition que le Bureau de Coordination Technique du TAAT soit cité.

Crédit photographique de la couverture: Contraste entre la petite taille de l'épi du maïs amélioré et la grande taille de l'épi de la variété tolérante à la sécheresse (à gauche), et le semoir monté sur tracteur pour l'épandage d'azote afin de mieux répondre à la demande en nutriments des cultures (à droite). Crédits photos: Centre International d'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT) et QKNOWBooks.github.io.

Citation correcte:

Bureau de Coordination Technique du TAAT, 2021. Catalogue de la boîte à outils des technologies sur le maïs. Série de Rapports Techniques 008, Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique, Bureau de Coordination Technique, IITA, Cotonou, Benin, 44 pages



Catalogue de la Boite à Outils des Technologies sur le Maïs

Un rapport du Bureau de Coordination Technique du
Programme Technologies pour la Transformation Agricole
en Afrique, mai 2021



Table des Matières

Objet et Introduction	1
Technologie 1. Variétés Tolérantes à la Sécheresse	4
Technologie 2. Variétés Résistant à l'Imazapyr pour la Gestion du Striga	7
Technologie 3. Maïs Doré Biofortifié Riche en Vitamine A	10
Technologie 4. Licence Commerciale de Semences via TEGO® et TELA®	14
Technologie 5. Services et Applications de Mécanisation Contractuelle	17
Technologie 6. Engrais Pré-Semis Mélangés et Fumure de Couverture	21
Technologie 7. Rotation Maïs-Légumineuses et Cultures Intercalaires	25
Technologie 8. Herbicides de Prélevée pour un Désherbage Efficace	28
Technologie 9. Contrôle de la Chenille Légionnaire d'Automne	32
Technologie 10. Gestion Biologique des Aflatoxines	32
TAAT, Votre Courtier Technologique de Choix	40
Conclusions	42
Sources d'Information	43
Remerciements	44

TAAT propose de devenir votre courtier des technologies agricoles de modernisation!

Objet et Introduction

Ce catalogue décrit une suite de technologies liées à la modernisation de la production de maïs en Afrique. Il repose sur les efforts combinés de la Plateforme de produits pour les solutions agricoles (ProPAS), un site Internet d'information, et du programme Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique (TAAT), un vaste programme de collaboration qui déploie des solutions agricoles à travers le continent. Ces deux activités sont basées sur l'impératif de mieux connecter les technologies éprouvées à ceux qui en ont besoin, mais chacune répond à cet objectif de manière très différente. Le maïs est l'un des produits prioritaires du TAAT en raison de son importance cruciale pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle, ainsi que pour le développement rural en général à travers

l'Afrique. Il est également ciblé en tant que culture agro-industrielle pour la transformation et le commerce sur les marchés mondiaux. Au cours de sa compilation, ProPAS a accumulé plusieurs technologies qui traitent spécifiquement de ce produit et nous les avons compilées dans une « boîte à outils des technologies » conçue pour faire progresser la compréhension et encourager l'adoption et l'investissement dans les solutions agricoles éprouvées qui font progresser cette culture. Il s'agit du quatrième de plusieurs catalogues que nous avons publié dans le cadre d'une activité conjointe ProPAS - TAAT.

À Propos de ProPAS. La plateforme de produits pour les solutions agricoles (ProPAS) fournit un mécanisme pour compiler et accéder aux innovations, aux technologies de gestion et aux produits nécessaires à la transformation agricole de l'Afrique. La plateforme offre deux voies: elle permet aux utilisateurs d'entrer leurs solutions éprouvées et prometteuses dans une base de données, puis encourage les autres à trier ses options pour révéler la suite d'opportunités pouvant aider leurs objectifs agricoles. ProPAS résulte du besoin reconnu par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) de compiler et d'accéder plus systématiquement à l'ensemble des solutions agricoles disponibles pour moderniser et transformer l'agriculture africaine. Son objectif global est d'accélérer le processus de transformation agricole en Afrique. De nombreuses solutions sont disponibles pour améliorer et moderniser les systèmes alimentaires, mais ceux qui en bénéficient le plus sont souvent ignorent des meilleures options disponibles. En outre, d'autres solutions sont en cours de recherche et de développement et sont mieux avancées grâce à une exposition et une validation plus large. Les profils de solution sont compilés et publiés d'une manière systématique qui implique la soumission par les détenteurs de technologie, l'entrée dans une plateforme conviviale et l'utilisation par une base croissante de clients. Un petit comité d'experts agricoles supervise ce processus, mais reconnaît que sa force réside dans l'accès ouvert à un marché de solutions. ProPAS est donc géré via un processus en trois phases qui implique la soumission de la solution, la gestion de la base de données et l'accès client. La base de données permet d'identifier des solutions grâce à la sélection de plusieurs champs de recherche liés à la forme, au type, à l'application des produits et aux bénéficiaires cibles d'une solution donnée, réduisant de manière séquentielle le nombre de recommandations de plateforme.

À Propos de TAAT. Le programme Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique (TAAT) est un programme dirigé par l'IITA qui a été le pionnier de nouvelles approches pour le déploiement de technologies éprouvées pour les agriculteurs africains. TAAT est né d'un effort commun de l'IITA et de la Banque Africaine de Développement (BAD), et est un élément important de la stratégie « Nourrir l'Afrique » de ce dernier. TAAT assure la dissémination de 76 technologies soigneusement sélectionnées à travers 88 interventions dans 28 pays. Il est organisé autour de 15 « Compacts » qui représentent des priorités en termes de réalisation du potentiel de l'Afrique en matière de sécurité alimentaire et de promotion de son rôle dans le commerce agricole mondial. Neuf de ces Compacts concernent des chaînes de valeur prioritaires spécifiques du riz, du blé, du maïs, du sorgho et du mil, du manioc, de la patate douce, du haricot, du poisson et du petit bétail. Les faiblesses de la production de denrées de base sont considérées comme responsables de l'insécurité alimentaire de l'Afrique, du besoin d'importation excessive de nourriture et de l'expansion non réalisée des exportations alimentaires de l'Afrique. Ensemble, ces Compacts conçoivent des interventions en collaboration avec des programmes nationaux pour introduire des technologies et des innovations de gestion conçues pour atteindre les objectifs de développement agricole. Dans de nombreux cas, ces objectifs sont atteints par la mise en

œuvre de projets résultant de prêts souverains accordés par des banques de développement, et le rôle de TAAT dans la planification et l'exécution de ces projets de prêt devient un élément essentiel de leur succès.

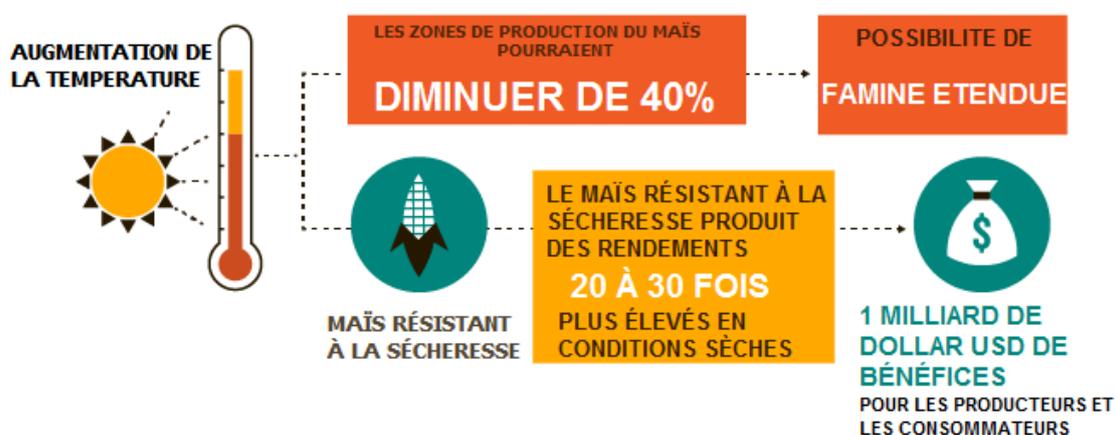
Le Top 100 des Technologies TAAT. Le Bureau de Coordination Technique du TAAT a développé une base de données des 100 meilleures technologies qui transforment l'agriculture africaine. Il est basé sur les approches des contrats de produits TAAT mais inclut également celles des programmes de recherche collaborative du CGIAR qui sont récemment décrits comme étant prêts pour le prochain utilisateur. Ces technologies se répartissent entre celles impliquant l'amélioration de la génétique et de la sélection végétale et animale (23%), celles basées sur l'utilisation d'informations numériques (3%), les intrants de production d'une efficacité prouvée (21%), les technologies de gestion des cultures et des animaux d'utilité dans les messages de vulgarisation agricole et de plaidoyer (27%) et la disponibilité d'équipements conçus de manière appropriée pour économiser la main-d'œuvre (26%). Ces technologies ont un rôle direct dans la réalisation des objectifs de développement durable des Nations Unies en ce qui concerne la productivité agricole, la sécurité alimentaire et la réduction de la faim, l'amélioration de la nutrition et des régimes alimentaires des ménages, la croissance économique, l'innovation intelligente face au climat et l'amélioration de l'équité humaine.

Le Top 10 des Technologies du Maïs. Ce catalogue présente dix technologies qui servent à moderniser la production et la transformation post-récolte du maïs en Afrique. Ces technologies comprennent: 1) des variétés de maïs tolérantes à la sécheresse pour renforcer la résilience de la production alimentaire, 2) des variétés de maïs résistantes à l'imazapyr qui résistent aux mauvaises herbes parasites du striga, 3) des variétés de maïs doré avec biofortification en provitamine A pour une meilleure nutrition, 4) des mécanismes de licences accélérés pour la multiplication commerciale de variétés de maïs hybrides, 5) des plateformes d'information offrant un accès à la passation de marchés de services agricoles mécanisés, 6) des mélanges d'engrais pré-semis et engrais azoté pour un approvisionnement équilibré en éléments nutritifs, 7) la rotation des légumineuses et cultures intercalaires avec du maïs pour améliorer la fertilité du sol et rendements, 8) les herbicides de prélevée et de post-levée qui évitent l'empiètement des mauvaises herbes dans les terres agricoles, 9) le contrôle de l'invasion de la chenille légionnaire d'automne (CLA) au moyen de pesticides systémiques appliqués sur les semences et pulvérisés sur la culture, et 10) la prévention de la contamination par les aflatoxines par des agents biologiques. Des détails sur chacune de ces dix technologies sont donnés, suivis d'une stratégie visant à inclure TAAT dans le courtage technologique.

Technologie 1. Variétés Tolérantes à la Sécheresse

Résumé. Il existe des variétés de maïs qui permettent des rendements céréaliers satisfaisants dans des conditions de sécheresse à court terme ou modérées. La sélection conventionnelle, la sélection assistée par marqueurs et la modification biotechnologique sont utilisées par les sélectionneurs locaux et internationaux pour créer des variétés de maïs tolérantes à la sécheresse et adaptées aux conditions spécifiques des zones de production. La technologie des semences est un atout précieux pour atténuer l'impact des périodes de sécheresse et des faibles précipitations qui limitent la production de plus en plus fréquemment occasionnées par le changement climatique. En plus, il a été généralement démontré que ce sorte de variété augmente la productivité, améliore la stabilité des rendements et réduit le risque d'échec total des récoltes dans les zones de production de maïs en Afrique subsaharienne. Pour plus d'informations, contactez Dr. Tahirou Abdoulaye de l'IITA par email à l'adresse t.abdoulaye@cgiar.org.

Le Maïs résistant à la sécheresse produit des **RENDEMENTS 20 à 30 FOIS PLUS ÉLEVÉS** en conditions sèches.



Source: Cooper et al. 2013

Production de maïs en Afrique dans le cadre du changement climatique futur et avantages des variétés tolérantes à la sécheresse

Description Technique. Des conditions de précipitations défavorables sont une cause importante des pertes de rendement du maïs dans les systèmes agricoles d'Afrique subsaharienne. Car plus de 90% sont pluviaux plutôt qu'irrigués la productivité du maïs est vraiment sensible aux précipitations saisonnières. Les deux principales solutions sur le marché sont le maïs tolérant à la sécheresse (DTMA) qui a une meilleure capacité à résister aux périodes d'assèchement aigu du sol, et le maïs économe en eau (WEMA) qui est adapté à la culture dans des conditions de faible apport en eau. Les sélectionneurs ont développé ces technologies de semences, de sorte qu'elles surpassent les variétés non-tolérantes courantes sous des niveaux de stress hydrique sévères à modestes qui se produisent régulièrement dans les climats secs et par intermittence dans les climats humides. Les programmes de mise à l'échelle qui ont eu lieu pour le DTMA et le WEMA dans plusieurs grandes zones de culture africaines ont généré de fortes augmentations de la production de grains de maïs et de la résilience des cultures aux périodes de sécheresse et aux faibles précipitations. Les progrès dans l'accès aux informations météorologiques et commerciales pour les agriculteurs sur le continent, ainsi que les connaissances locales, offrent des moyens puissants pour les investissements dans le maïs tolérant à la sécheresse.

Utilisation. Les variétés de maïs tolérantes à la sécheresse offrent une protection aux agriculteurs lorsque des conditions de précipitations défavorables se produisent et sont utiles dans toutes les zones de culture d'Afrique subsaharienne, car les périodes de sécheresse et les faibles précipitations se produisent largement. Les variétés de maïs économes en eau sont particulièrement développées pour les climats semi-arides et subhumides secs où les niveaux de précipitations sont chroniquement bas et les sols sableux ont une faible capacité de rétention d'humidité. En 2016, plus de deux millions d'agriculteurs en Afrique cultivaient des variétés de maïs tolérantes à la sécheresse, ce qui montre qu'il existe des niveaux élevés de confiance des clients et de demande pour la solution. L'utilisation de DTMA et de WEMA présente des opportunités majeures pour atténuer les défis de sécheresse à court et à long terme des agriculteurs africains qui surviennent en raison du changement climatique, tels que l'expansion des zones arides et l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des saisons avec de faibles précipitations. En outre, ces technologies de semences peuvent être utilisées pour cultiver du maïs dans des régions semi-arides avec moins d'eau d'irrigation, permettant aux agriculteurs et aux programmes nationaux de profiter des zones de production non-traditionnelles.

Composition. Il existe une large gamme de variétés de maïs tolérantes à la sécheresse et économes en eau disponibles pour les agriculteurs africains qui sont adaptées à des conditions de production spécifiques. Plus de 200 lignées distinctes de DTMA ont été publiées dans 13 pays subsahariens à ce jour, et plus de 120 hybrides de WEMA dans sept pays. Les DTMA comprennent à la fois les variétés hybrides qui nécessitent des semences parentales et une licence, ainsi que les variétés à pollinisation libre (OPV). Les OPVs permettent l'achat et la multiplication sans redevance à travers un plus large éventail de mécanismes, y compris la production de semences individuelle et communautaire, mais sont en général moins productifs que les hybrides commerciaux.



Performances de la variété DTMA (à gauche) et de la variété sensible à la sécheresse (à droite)

Application. Les décisions des agriculteurs d'investir dans des variétés de maïs tolérantes à la sécheresse sont idéalement guidées par des avertissements et des scénarios de probabilité tirés de la prévision des précipitations et de l'expérience locale, et diverses plateformes sont désormais disponibles qui fournissent des recommandations sur leur utilisation pour garantir des résultats positifs. Les semences des variétés DTMA et WEMA sont semées comme n'importe quelle culture de maïs en suivant la meilleure gestion des sols et des engrais prescrite pour des zones et saisons de production particulières. Il est largement démontré que des intrants et des formulations appropriés d'engrais inorganiques fournissent aux agriculteurs des rendements plus élevés à partir du maïs tolérant à la sécheresse parce que les nutriments appliqués comblent les carences des sols et permettent à la culture de répondre de manière plus productive à l'humidité disponible, mais le niveau des intrants est

mieux ajusté aux rendements cibles. Sur les terres agricoles d'une faible fertilité, en particulier les sols très dégradés et sableux communs à travers l'Afrique, l'utilisation des variétés DTMA et WEMA devrait être combinée avec la culture intercalaire de légumineuses, l'épandage de fumier et le paillage afin d'améliorer la libération des nutriments mieux synchronisée et une rétention d'eau plus complète.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les variétés DTMA et WEMA sont disponibles dans le commerce dans de nombreux pays, y compris auprès de sociétés semencières privées. La mise à l'échelle de la culture de variétés tolérantes à la sécheresse nécessite que: 1) les producteurs de semences de maïs identifient et garantissent l'accès aux variétés tolérantes à la sécheresse qui sont adaptées à d'autres conditions dans les zones de culture, 2) la sensibilisation des agriculteurs sur les avantages du maïs tolérant à la sécheresse sur la production alimentaire en termes d'atténuation des risques, et 3) créer un accès équitable et un soutien financier pour les fournisseurs locaux et les petits agriculteurs qui catalyse les investissements et les achats de semences DTMA et WEMA.

Coût de Production. Le développement de variétés de maïs tolérantes à la sécheresse et économes en eau implique une sélection avancée en laboratoire et en serre, et des tests approfondis des variétés sur le terrain. Cet effort nécessite des investissements importants de la part des éleveurs des secteurs public et privé. Les coûts associés à la multiplication de DTMA et de WEMA ne sont pas très différents de ceux des variétés et hybrides de maïs non-tolérants courants. Les fournisseurs de produits agricoles vendent actuellement ces technologies de semences résilientes à 0.8 à 1.2 dollars US par kilogramme pour les OPV et à 2.0 à 2.5 dollars US par kilogramme pour les hybrides.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Les producteurs de maïs à petite échelle et commerciaux, les sociétés semencières et les producteurs de semences communautaires devraient tous bénéficier des variétés DTMA et WEMA, en particulier dans les zones menacées de plus en plus par la sécheresse. Les preuves des principales zones de production en Afrique subsaharienne montrent que les variétés de maïs tolérantes à la sécheresse ont une récolte de céréales 20 à 35% plus importante que les types de cultures non-tolérantes dans des conditions de sécheresse sévères à modérées, respectivement. Une étude au Zimbabwe sur l'utilisation du DTMA a démontré que les rendements économiques ont augmenté en moyenne de 0.6 tonne ha⁻¹ par rapport aux variétés précédemment cultivées, et que le changement de semences de maïs a procuré un revenu supplémentaire de 240 dollars US par hectare. Cette augmentation de rendement est à peu près équivalente à la demande alimentaire des ménages pendant neuf mois, offrant un argument de poids pour adoption du point de vue de la sécurité alimentaire. Les technologies d'atténuation des risques telles que DTMA et WEMA conduisent à des niveaux de production et de revenu stables face aux chocs et offrent un dividende de réduction des risques. En réduisant les risques, les technologies semencières ont le potentiel de catalyser les investissements dans la production et technologies accompagnatrices.

Exigences de Licence. Les variétés hybrides de la DTMA et de la WEMA sont commercialisées sous licence à usage humanitaire, tandis que les variétés à pollinisation libre peuvent être multipliées et vendues par les agriculteurs. La commercialisation des semences nécessite une certification suivant les règles de conformité nationale. L'IITA, le CIMMYT et l'AATF sont responsables du développement de variétés tolérantes à la sécheresse et économes en eau qui étaient publiées sans redevance, tandis que les sociétés semencières multiplieront et distribueront les semences aux agriculteurs à un coût.

Technologie 2. Variétés Résistantes à l'Imazapyr pour la Gestion du Striga

Résumé. Le parasite striga sp., populairement connu sous le nom d'herbe sorcière, attaque le système racinaire des céréales et extrait les nutriments et l'eau des plantes hôtes. Le maïs a peu de résistance naturelle au striga, et le parasite peut réduire les rendements de 30 à 80%, entraînant un rabougrissement des plantes, une croissance tordue et des épis de petite taille. Les fabricants de semences commerciales commercialisent



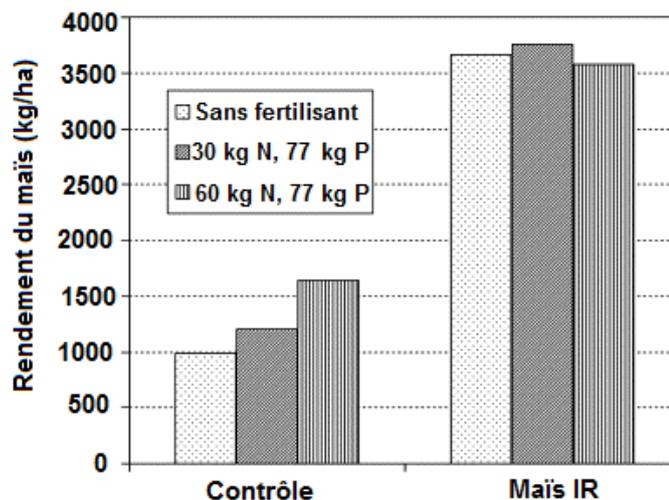
Champ avec un niveau élevé d'infestation de striga

désormais des variétés de maïs améliorées qui sont enrobé par l'imazapyr, un herbicide qui protège la culture contre le striga parasite. Il a été prouvé que l'utilisation de semences de maïs résistantes à l'imazapyr (IR) améliore les rendements en grains et réduit la dispersion du ravageur sur les terres agricoles, en particulier lorsqu'il est combiné avec d'autres technologies appropriées de contrôle du striga. Le maïs IR est traité avec de très faibles niveaux d'imazapyr (par exemple 30 à 45 g par ha) et les taux d'application sont critiques car la germination du maïs peut être affectée par le traitement des semences au fil du temps. Il s'agit d'un traitement de semences très stratégique car il place l'agent là où il est nécessaire pour tuer le striga alors qu'il tente d'envahir les jeunes racines à des stades critiques de l'établissement de la culture. Des lignées de maïs IR sont rendues disponibles dans certaines régions d'Afrique subsaharienne où la production est gravement affectée par le striga. De plus amples informations sur cette technologie sont disponibles auprès du Dr. Alpha Kamara de l'IITA par courrier électronique à a.kamara@cgiar.org.

Description Technique. Les sélectionneurs ont atteint la résistance du maïs aux herbicides imazapyr en criblant un grand nombre de variétés et en renforçant ce caractère par une sélection assistée par marqueurs. La résistance a ensuite été combinée avec d'autres caractères nécessaires, en particulier la résistance aux maladies, puis distribuée sous forme de lignées de maïs à pollinisation libre et hybride. L'enrobage des semences d'herbicide protège les racines pendant toute la saison de croissance, ayant le plus grand impact pendant les huit premières semaines après la plantation dans lesquelles les cultures de maïs peuvent pousser sans être soumises au parasitisme et aux toxines produites par le parasite. Les minuscules graines de striga en germination sont tuées par l'herbicide lorsqu'elles tentent de parasiter l'hôte, ce qui entraîne un épuisement des banques de graines résidant dans le sol. L'herbicide a une formulation non-sélective, ce qui signifie que la croissance et l'effet négatif d'autres types courants de mauvaises herbes sont également réduits par l'utilisation de maïs IR. La protection contre le parasitisme du striga augmente la productivité des grains et des tiges de maïs, ainsi que son efficacité d'utilisation des nutriments et de l'eau. L'utilisation de variétés IR a permis à des améliorations significatives de l'autosuffisance alimentaire et des rendements économiques dans la chaîne de valeur du maïs dans les principales zones de production en Afrique subsaharienne. Les fabricants de semences commercialisent en outre

des variétés de maïs qui combinent la résistance à l'imazapyr avec d'autres caractères améliorés tels que la tolérance à la sécheresse et la biofortification.

Utilisation. Cultiver des variétés de maïs IR est très avantageux sur les terres agricoles infestées de striga de millions d'agriculteurs en Afrique subsaharienne qui subissent d'importantes pertes de rendement céréalier chaque saison en raison du parasite insidieux des plantes. La technologie IR entraîne non seulement une augmentation des rendements de maïs dans les champs infestés par le striga, mais également une diminution constante du nombre de graines de striga dormantes dans le sol, entraînant des avantages à la fois immédiats et à long terme. L'utilisation du maïs IR sur des champs dégradés avec un faible état de fertilité des sols doit nécessairement être combinée avec un approvisionnement approprié en engrais inorganiques et en ressources organiques pour que l'intervention augmente la production céréalrière et la sécurité alimentaire.



Rendement en grains de la variété résistante à l'imazapyr (droite) et du maïs non traité (gauche) dans les champs infestés de striga

Composition. L'ingrédient actif des herbicides imazapyr est l'imidazoline, et est mélangé avec du sel et d'autres composés pour former une poudre qui est stable. L'imazapyr est un puissant inhibiteur d'acides aminés non-toxique pour les abeilles et la faune vivant dans le sol, particulièrement lorsqu'il est appliqué en dosage minuscule grâce à la technologie IR. Les herbicides sont appliqués sur les graines de maïs au moyen d'un agent liant tel que la gomme arabique en se vaporisant sur le matériau et en le laissant se mélanger et sécher dans un mélangeur rotatif. Notez que lorsqu'il est appliqué à des niveaux plus élevés sur les mauvaises herbes et les sols, cet herbicide a un effet à assez long terme et non-spécifique, gardant les zones pulvérisées exemptes de plantes. Un traitement des semences est breveté sous le terme StrigAway.

Application. Les semences de maïs IR sont plantées à la même façon de toutes les cultures de maïs en suivant la meilleure gestion du sol et des engrais prescrite pour des zones et des conditions de croissance particulières. L'imazapyr n'est pas toxique pour les mammifères, mais il faut veiller à porter des gants ou à se laver les mains lorsque les graines sont semées manuellement. Il est possible de mélanger l'imazapyr avec des insecticides. Pour s'assurer que l'herbicide atteint l'environnement de la graine c'est nécessaire de bien tasser la surface des sols. Les engrais inorganiques, en particulier l'azote, sont généralement appliqués après la plantation. L'infestation de striga peut être encore réduite par la pratique des cultures intercalaires ou la rotation de légumineuses alimentaires comme le soja ou le niébé, ou de légumineuses fourragères comme le desmodium à feuilles vertes, comme dans le système « Push-Pull ». Les preuves suggèrent que l'urée est un meilleur terreau pour le maïs dans les champs infestés de striga parce que le maïs peut assimiler cette forme d'azote mais pas le striga.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les variétés de maïs IR deviennent disponibles dans le commerce, mais la diffusion de cette technologie à travers l'Afrique a été plus lente que prévu compte tenu de l'ampleur du problème. Les programmes nationaux devraient encourager l'enregistrement et l'adoption de cette technologie, mais il est préférable de la déployer par le biais du secteur privé. En termes de mise à l'échelle du maïs IR enrobé d'herbicide, il y a plusieurs étapes: 1) les producteurs de semences de maïs doivent identifier les variétés et hybrides de maïs IR les mieux adaptés à leurs zones de service respectives, 2) sensibiliser les agriculteurs sur les avantages du maïs IR sur la production et le contrôle de la striga, et 3) créer un accès équitable et un soutien financier pour les fournisseurs locaux et les petits agriculteurs qui catalyse les achats de maïs IR.

Coût de Production. Les entreprises semencières doivent être prêtes à investir pour produire, traiter et commercialiser des semences de maïs IR. Les herbicides à l'imazapyr sont relativement peu coûteux, mais leur enrobage sur les semences nécessite un équipement spécialisé et une main-d'œuvre supplémentaire. Des précautions doivent être prises pour s'assurer que l'imazapyr n'entre pas en contact avec d'autres semences non-IR. Les semences de maïs IR certifiées sont plus chères qu'une variété hybride similaire qui n'a pas été traitée avec l'herbicide imazapyr, coûtant généralement 25 à 40% de plus, mais dans des conditions de terrain infestées de striga, cet investissement est récupéré plusieurs fois. Les fournisseurs d'intrants agricoles vendent actuellement des semences de variétés de maïs IR à 1.5 à 2.5 dollars US le kilo au Nigeria, au Malawi, au Kenya, en Tanzanie et en Ouganda.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité

Potentielle.

Il existe une clientèle très segmentée pour les variétés de maïs IR, y comprises des entreprises semencières et des producteurs à petite échelle et commerciale. L'hybridation pour la résistance aux herbicides attire également l'adhésion des systèmes semenciers nationaux. Par rapport aux variétés améliorées qui ne sont pas protégées par les herbicides imazapyr, des gains de rendement de 1.0 à 3.0 tonnes de grain par hectare ont été obtenus grâce à l'utilisation de maïs IR dans les pays d'Afrique orientale et australe où l'infestation par le striga est grave. À la valeur marchande commune dans ces régions, la production de maïs supplémentaire obtenue à partir de la plantation de maïs IR équivaut à 200 à 1 100 dollars US par hectare et garantira ainsi que le coût de l'intervention soit remboursé avec des bénéfices à chaque saison de croissance. La dispersion réduite du striga en plantant du maïs IR dans les principales zones de production épuisera le stock de graines de la mauvaise herbe dans les sols et diminuera avec le temps le besoin d'utiliser des herbicides et d'autres mesures de contrôle.



Variété de maïs résistante à l'imazapyr (IR) disponible dans le commerce

Exigences de Licence. Les agriculteurs n'ont pas besoin d'une licence commerciale ou environnementale pour utiliser des semences de maïs IR. La propriété intellectuelle liée au maïs IR appartient commercialement aux fabricants de semences. Une entreprise internationale a breveté et licencié avec succès la technologie d'enrobage des semences. L'IITA et le CIMMYT sont responsables du développement et de la diffusion du maïs IR.

Technologie 3. Maïs Doré Biofortifié Riche en Vitamine A

Résumé. Des variétés de maïs biofortifiées riches en vitamine A sont désormais disponibles. Le maïs est l'aliment de base préféré de plus de 300 millions de personnes en Afrique subsaharienne, pourtant les variétés les plus couramment cultivées contiennent des niveaux sous-optimaux de vitamines et de minéraux. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, cette situation contribue à la faim cachée sur le continent avec 50% des enfants entre 1.5 à 5 ans souffrant d'une carence en vitamine A. Un apport insuffisant en vitamine A est la principale cause de cécité évitable chez les enfants. Il compromet le système immunitaire et augmente le risque de décès dus à des maladies comme la rougeole, la diarrhée et les infections respiratoires.



Maïs biofortifié (centre) et variétés conventionnelles (haut/bas)

Les techniques de sélection conventionnelles ont augmenté le niveau de provitamine A dans les cultures de maïs et offrent une voie viable pour améliorer durablement la nutrition dans les communautés rurales. Les grains de maïs doré sont remplis de bêta-carotène qui lui donne une couleur orange caractéristique, et après ingestion, ces composés sont convertis en vitamine A par des enzymes selon les besoins de l'organisme. Une large gamme de variétés de maïs doré a été lancée et est commercialisée en Afrique subsaharienne. Grâce à une étroite collaboration entre les sélectionneurs, les entreprises semencières, les agriculteurs et les décideurs politiques cette technologie a été étendue avec succès dans les principales zones de production. Pour plus d'informations sur ce sujet, contactez le Dr. Abebe Menkir de l'IITA par email à l'adresse a.menkir@cgiar.org.

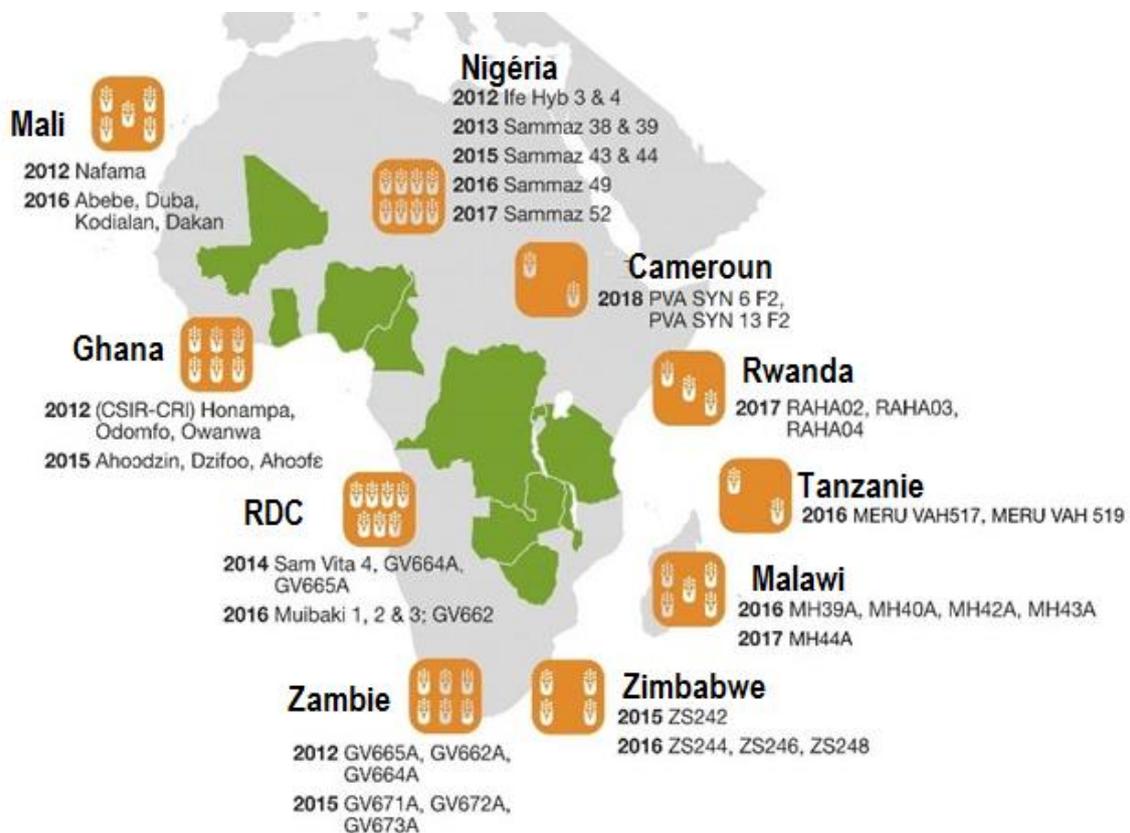
Description Technique. Les variétés de maïs doré ont d'abord été développées en utilisant des lignées d'Amérique centrale et du Sud naturellement riches en provitamine A, puis en croisant ces lignées avec des races naturelles élites et des lignées hybrides de maïs présentant des caractéristiques agronomiques améliorées telles que la résistance aux maladies et la tolérance à la sécheresse. Le bêta-carotène du maïs doré est conservée pendant le stockage et la transformation, contrairement aux variétés courantes de maïs dans lesquelles la rare provitamine A est généralement oxydée et forme des saveurs désagréables avant que la nourriture soit consommée. De nouvelles techniques de sélection permettent le développement rapide de variétés de maïs doré qui contiennent 2 à 3 fois plus de provitamine A que le matériel parental d'origine à partir duquel il a été développé, atteignant des niveaux capables de satisfaire une grande partie ou la totalité des besoins nutritionnels de cette vitamine. Les programmes de mise à l'échelle du maïs doré dans les pays d'Afrique subsaharienne sont très efficaces pour réduire la carence en vitamine A et les problèmes de santé associés chez les enfants et les adultes, et ont stimulé les chaînes de valeur du maïs à l'échelle locale et régionale en augmentant la production et la valeur du maïs en grains.

Utilisation. Les variétés de maïs biofortifiées en provitamine A offrent une approche rentable pour lutter contre la malnutrition dans les régions où les gens consomment du maïs, fournissant considérablement aux besoins quotidiens en vitamine A. Des variétés appropriées de maïs doré sont disponibles pour toutes les principales zones de production en Afrique subsaharienne et sont prêtes à être étendues pour lutter contre la malnutrition et augmenter les marges bénéficiaires des producteurs. Des études d'acceptabilité ont montré que les consommateurs ne s'opposent pas à la couleur et apprécient la saveur du maïs enrichi en provitamine A. Il existe une gamme de variétés de maïs doré hybride qui peuvent être multipliées par les entreprises communautaires et privées, ce qui permet une mise à l'échelle et une commercialisation rapides dans les zones de culture. Les types hybrides de maïs enrichi en provitamine A possèdent généralement d'autres caractéristiques améliorées qui les rendent adaptés aux systèmes agricoles où la production est limitée par divers défis et où d'autres variétés de maïs améliorées peuvent être difficiles à obtenir.



Procédé de sélection de variétés de maïs doré à haute teneur en bêta-carotène

Composition. Les sélectionneurs ont lancé plus de 50 variétés de maïs doré en Afrique subsaharienne qui contiennent des niveaux élevés de provitamine A, c'est-à-dire 8 à 15 parties par million, permettant un apport plus complet d'antioxydants protecteurs de la santé. Il existe des lignées spécifiques de maïs doré adaptées à la culture dans les plateaux et les plaines de moyenne altitude dans des régimes climatiques humides à semi-arides, et qui possèdent les caractéristiques souhaitées pour les conditions agricole. Ces lignées offrent des rendements similaires à ceux des hybrides non-biofortifiés. Des variétés de maïs doré qui sont tolérantes aux périodes de sécheresse et aux faibles précipitations, et résistantes aux ravageurs et aux maladies courants, ou aux agents de lutte chimique, sont développées à partir de matériel parental avec ces caractéristiques en utilisant de nouvelles techniques de sélection. Il existe de nombreux multiplicateurs et sociétés semencières privées qui commercialisent des variétés de maïs à pollinisation libre et hybrides de maïs doré dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, qui se sont avérées augmenter la suffisance alimentaire et les revenus indispensables aux agriculteurs.



Variétés disponibles de maïs biofortifié en provitamine A

Application. Les variétés de maïs doré sont cultivées selon les meilleures méthodes de plantation et la gestion des sols et des engrais prescrite pour les zones et les conditions de croissance particulières. Des intrants et des formulations appropriés d'engrais inorganiques garantissent des rendements plus élevés du maïs biofortifié. Sur les terres agricoles à faible fertilité des sols, il est recommandé d'associer le maïs doré à des légumineuses à grains par culture intercalaire ou rotation, et de combiner l'application de fumier et le paillage pour améliorer la disponibilité des nutriments et de l'eau pour la culture.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Des variétés de maïs biofortifiées avec des niveaux élevés de provitamine A sont désormais disponibles dans le commerce, le plus souvent en conjonction avec des programmes nationaux. La mise à l'échelle de cette technologie nécessite: 1) définir clairement les paramètres de qualité, les normes et les méthodes de sélection des variétés de maïs doré du point de vue de tous les acteurs des chaînes de valeur du maïs, 2) les multiplicateurs et les entreprises semencières de la région doivent produire et commercialiser des semences de haute qualité qui permettent d'obtenir un rendement en grains de maïs égal ou supérieur à celui des variétés non-biofortifiées, 3) relier les fournisseurs de semences, les producteurs de maïs, les transformateurs alimentaires et les groupes de consommateurs pour créer une demande d'aliments naturellement enrichis en nutriments, et 4) fournir un soutien financier aux fournisseurs locaux et aux petits agriculteurs qui catalyse les investissements et les achats de semences de maïs doré. Dans certains cas, un plaidoyer promotionnel peut être nécessaire pour garantir l'acceptation par le marché de cette farine de maïs aux couleurs vives.

Coût de Production. Le développement de variétés de maïs doré implique des techniques de sélection avancées en laboratoire et en criblage, ainsi que des tests approfondis sur le terrain qui nécessitent des investissements importants de la part des sélectionneurs commerciaux et non-commerciaux. Les coûts associés à la production de semences de maïs avec des niveaux élevés de carotène ne sont pas très différents d'une variété hybride commune non-biofortifiée. Les fournisseurs d'intrants agricoles vendent des semences de maïs doré aux agriculteurs des pays d'Afrique subsaharienne entre 0.8 et 1.2 dollars US le kilogramme pour les VPO. Les agriculteurs doivent co-investir dans les intrants d'engrais et les pratiques de gestion des cultures et des sols pour le maïs doré afin d'obtenir des augmentations efficaces et durables de la nutrition et des revenus.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Les variétés de maïs enrichies en provitamine A séduisent les producteurs à petite échelle et commerciaux ainsi que les entreprises de transformation des aliments et l'industrie de l'alimentation du bétail. La valeur des grains de maïs doré sur les marchés d'Afrique subsaharienne est de 10 à 20% supérieure à celle du maïs hybride blanc non-biofortifié. La culture du maïs enrichi en provitamine A offre ainsi un avantage économique substantiel par rapport aux variétés à rendement similaire et aux types non-améliorés, ce qui le rend attrayant pour les agriculteurs commerciaux et de subsistance. D'autres caractéristiques des variétés riches en provitamine A comprennent un cycle de croissance de courte durée et une tolérance à la sécheresse et aux maladies, réduisant ainsi les risques de mauvaises récoltes qui conduisent à des revenus plus stables. Les programmes de mise à l'échelle dans plusieurs pays ont montré qu'il existe un très haut degré d'acceptation et une demande généralisée de maïs enrichi en provitamine A par les ménages agricoles, les producteurs commerciaux, les transformateurs agro-alimentaires, l'industrie de l'alimentation du bétail et les consommateurs sur les marchés locaux et régionaux.

Exigences de Licence. Les variétés hybrides de maïs doré sont commercialisées sous une licence commerciale, tandis que les variétés à pollinisation libre n'attirent pas de redevance pour la multiplication par les agriculteurs mais nécessitent une certification suivant la conformité nationale pour la qualité des semences. L'IITA et le CIMMYT sont responsables du développement public des variétés de maïs doré qui sont régulièrement diffusées dans les pays d'Afrique subsaharienne.

Technologie 4. Licence Commerciale de Semences via TEGO® et TELA®

Résumé. Les variétés de maïs améliorées souvent ne parviennent pas aux agriculteurs des pays d'Afrique subsaharienne en raison des investissements limités dans le secteur de la production de semences. La Fondation pour la Technologie Agricole Africaine (AATF) a réussi à remédier à cette situation en créant une série d'entreprises publiques-privées pour la multiplication commerciale d'hybrides de maïs tolérants à la sécheresse TEGO® (conventionnel) et à haut rendement et protégés contre les insectes (transgéniques). Des entreprises dans sept pays africains produisent désormais des semences de ces variétés d'élite et approvisionnent des millions d'agriculteurs via ce mécanisme, soutenu par un modèle de licence et une formation commerciale. Ce processus de



Maïs TEGO® produit sous licence commerciale

de multiplication de semences certifiées comprend des précautions qui garantissent que des semences conformes au type avec un taux de germination élevé sont produits à partir de matériels parentaux. Les variétés de maïs hybrides attirent une valeur marchande élevée et offrent aux entreprises une excellente opportunité de générer des retours sur investissement à partir de la multiplication des semences et du développement de nouvelles lignées améliorées. Des augmentations importantes de la sécurité alimentaire et nutritionnelle et des revenus agricoles ont été réalisées dans les zones où des systèmes de semences commerciales pour le maïs TEGO® et TELA® ont été mis en place, car ces variétés produisent un rendement et une qualité de grain plus élevés que les lignées couramment cultivées sous des précipitations normales et faibles. Pour plus d'informations sur les mécanismes de licence commerciale pour la multiplication semencière du maïs, contactez le Dr. Jonga Munyaradzi de l'AATF par courrier électronique à l'adresse j.munyaradzi@aatf-africa.org.

Description Technique. Les nouvelles caractéristiques améliorées des variétés de maïs développées par les sélectionneurs et les institutions publiques ne peuvent être mises à la disposition des agriculteurs qu'en octroyant des licences libres de droits pour leur production et en les distribuant en tant que gammes de produits via des droits de transfert commercial entre les entreprises. Il s'agit d'un accord entre le titulaire de la propriété intellectuelle des variétés de maïs, ou un concessionnaire représentatif, et une personne légalement éligible de l'entreprise qui veut multiplier et commercialiser ces semences. L'AATF et ses partenaires travaillent ensemble pour créer un environnement propice à l'approbation réglementaire de nouvelles variétés avancées et à la multiplication commerciale de leurs semences par des sociétés semencières privées impliquées dans la production et le commerce de semences. Ces liens bénéficient de la facilitation par les agences gouvernementales compétentes. De 2013 à 2020, un total de 7 032 tonnes de semences hybrides tolérantes à la sécheresse TEGO® et 161 tonnes de semences hybrides TELA® ont été vendues et plantées sur environ 287 720 hectares de terres cultivées, pour produire plus d'un million de tonnes de céréales évaluées à 236 millions de dollars US, ce qui a bénéficié à environ 4.3 millions de personnes en améliorant la récolte de céréales à des fins domestiques et commerciales. À la fin de

l'année 2020, des licences de variétés ont été signées avec 38 compagnies semencières de sept pays pour commercialiser ces hybrides élites de maïs TEGO® et TELA® ainsi que pour tester de nouvelles lignées. De cette façon, le cadre juridique de la propriété intellectuelle et des droits du sélectionneur qui est intégré dans les licences commerciales de variétés garantit une entrée sûre sur le marché et des retours sur investissement attractifs pour les sélectionneurs de maïs hybride.

Utilisation. La commercialisation de la multiplication des semences de maïs hybride s'est avérée offrir une voie fiable et accélérée pour mettre sur le marché de nouvelles variétés à haut rendement dans des zones géographiquement et socialement diverses allant des terres arides cultivées aux tropiques humides, et profiter à la production à petite et grande échelle. Certains pays d'Afrique subsaharienne disposent d'une législation bien établie sur la protection des variétés végétales et de droits du sélectionneur des



Production de semences de maïs TEGO®

plantes qui offrent la possibilité d'autoriser la multiplication de semences hybrides à des entreprises semencières privées. La portée géographique de la licence varie également, le domaine le plus courant dans un accord commercial est celui d'un seul pays, mais il peut également faire partie d'un pays, ou de plusieurs pays, ou d'une région entière. Il existe plus de 120 hybrides de tolérance à la sécheresse TEGO® sélectionnés de manière conventionnelle et 5 hybrides de maïs transgénique TELA® qui conviennent à un large éventail de conditions climatiques et pédologiques en Afrique subsaharienne. Les moyens pour ces variétés d'atteindre les agriculteurs ont été améliorés grâce à la facilitation des accords de licence.

Composition. Les accords de licence variétale comportent deux parties principales, la première des clauses existantes traitant des droits et obligations spécifiques des parties. Ces clauses définissent les normes de coopération commerciale et les objectifs commerciaux, telles que l'exclusivité, le domaine territorial, l'évaluation du matériel sous licence, la protection du matériel génétique, l'enregistrement national et la protection des variétés végétales, l'effet de résiliation et de déclaration au concédant de licence. La deuxième section contient des clauses standard avec des détails sur les processus juridiques d'arbitrage, la loi pertinente, la légalité, la garantie et la force majeure qui sont généralement appliquées à de tels accords.

Application. La multiplication du maïs hybride sous licence commerciale commence à partir de semences de base qui sont fournies selon des normes de contrôle de qualité strictes établies par « Excellence Through Stewardship » qui implique une gestion du cycle de vie complet des produits de biotechnologie agricole. Une fois autorisées, les entreprises semencières peuvent multiplier la variété de maïs améliorée telle quelle et sont également capables de croiser les lignées consanguines avec leur propre variété pour développer des

hybrides résistants à la sécheresse et aux ravageurs qui sont mieux adaptés aux conditions locales spécifiques. À des fins de contrôle de la qualité et de suivi général de l'adoption, les entreprises semencières doivent rendre compte de la production et des ventes annuelles de la variété à leur propriétaire ou courtier. Dans le cas des hybrides TEGO® et TELA®, il s'agit de l'AATF. La pureté génétique des caractères du maïs hybride est testée par des analyses de laboratoire et doit être rejetée si un lot ne répond pas aux normes de qualité. Les entreprises semencières revoient leurs contrats commerciaux et leurs procédures opérationnelles en permanence pour s'assurer que les obligations et les normes sont respectées. Cette approche offre une garantie que les agriculteurs reçoivent les semences de haute qualité.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les mécanismes de licence et les cadres juridiques pour la multiplication commerciale des maïs TEGO® et TELA® sont établis dans de nombreux pays africains et sont en cours de développement dans d'autres. Les étapes pour entrer dans la production de semences pour les variétés de maïs hybrides comprennent: 1) mener des essais sur le terrain pour identifier les variétés de maïs hybrides appropriées qui répondent aux défis pertinents rencontrés par la culture dans une zone de culture spécifique, 2) développer une licence de variété commerciale avec l'entreprise ou l'institution de sélection qui stipule les obligations contractuelles et les procédures d'exploitation, 3) sélectionner une zone de terre fertile, correctement irriguée et drainant librement, et exempte de mauvaises herbes et de parasite, pour la multiplication, et 4) commercialiser les semences de maïs hybride avec les agro-commerçants locaux et organiser la production et la livraison dans les délais.

Coût de Production. L'enregistrement d'une nouvelle variété de maïs auprès des autorités réglementaires des pays entraîne un coût pour les sociétés semencières, mais dans la plupart des cas, ces frais sont déjà couverts par l'AATF dans le cadre de leurs programmes. Habituellement, aucune redevance n'est versée au propriétaire de la variété pour la production de semences sous licence commerciale de variété. Des dépenses de main-d'œuvre substantielles sont engagées pour la gestion générale des peuplements cultivés et la pollinisation du parent femelle pour produire des semences de maïs hybride. Pour certifier les semences hybrides, l'entreprise multiplicatrice doit payer pour l'assurance du contrôle de qualité de la pureté génétique par des laboratoires accrédités, mais ces coûts sont relativement faibles et dépendent du nombre de traits génétiques et de leur complexité. Tous ces facteurs sont inclus dans la facilitation TEGO® et TELA®.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. La multiplication commerciale des variétés hybrides de maïs est destinée aux entreprises privées, aux associations coopératives et aux agriculteurs individuels. Dans le cas de TEGO® et TELA®, les licences de variétés permettent aux entreprises semencières d'élargir et d'enrichir leur portefeuille de produits avec des caractéristiques recherchées, notamment la tolérance à la sécheresse et la protection contre les insectes. La certification des semences offre l'avantage d'augmenter les ventes car les agriculteurs savent ce qu'ils achètent et sont prêts à payer un prix plus élevé pour investir dans des rendements plus élevés. Au niveau macro-économique, la commercialisation du secteur des semences à travers TEGO® et TELA® augmente la compétitivité et la transparence qui à son tour accélère l'accès des agriculteurs à de nouvelles variétés améliorées. Au niveau des entreprises agricoles, l'accès aux variétés de maïs hybrides avec des traits de tolérance à la sécheresse et de résistance aux ravageurs réduit les risques et améliore les rendements, ce qui contribue à une plus grande sécurité alimentaire et des revenus pour les ménages et à des fins commerciales. Cultiver des variétés de maïs qui

résistent naturellement aux périodes de sécheresse épisodiques et aux invasions de ravageurs coûte également moins cher que les lignées communes, car elles réduisent le besoin d'irrigation déficitaire et d'application de pesticides.

Exigences de Licence. Le mécanisme TEGO® et TELA® vise à rationaliser le processus d'octroi de licence pour le maïs d'élite intelligent face au climat. Dans le même temps, les entreprises semencières qui se lancent dans la multiplication de semences hybrides certifiées doivent se conformer aux réglementations nationales en matière de santé des plantes et de sécurité sanitaire des aliments qui sont en place dans différents pays africains. Le maïs TEGO® a été développé dans le cadre du programme Water Efficient Maize for Africa (WEMA) et le maïs TELA® a été développé par TELA Maize Project en partenariat avec Bayer Crop Science, CIMMYT et NARS, coordonnés par l'AATF. Tous ces initiatives avaient le but de relever les défis majeurs dans les systèmes agricoles en Afrique et, en tant que tels, représentent des Biens Publics Régionaux. La diffusion de ces lignées hybrides d'élite et le courtage de licences commerciales pour ces produits sont ensuite assurés par l'AATF.

Technologie 5. Services et Applications de Mécanisation Contractuelle

Résumé. Un nombre croissant de sociétés de services et de propriétaires privés en Afrique subsaharienne proposent des équipements agricoles mécanisés en location aux agriculteurs. Pourtant, l'utilisation contractuelle des technologies modernes est restée limitée parmi les producteurs à petite échelle car les entreprises sous-traitantes sont confrontées à des défis majeurs pour informer ces communautés de leurs services et les convaincre de leur valeur. Dans le



Moissonneuse-batteuse John Deere fait la récolte du maïs (Source: Lindsey Benne)

même temps, les services contractuels fournissent des opérations mécanisées utilisant des équipements qui sont autrement au-delà du pouvoir d'achat des agriculteurs. Les systèmes de données téléphoniques offrent des opportunités uniques pour accéder à cet équipement en permettant aux clients de prendre des décisions mieux informées et aux fournisseurs d'équipement de les joindre en tant que clients. L'une des réussites dans ce domaine est Hello Tractor, une application de partage d'équipements motorisées qui relie les propriétaires de tracteurs et les agriculteurs. Cette plateforme numérique favorise la consommation collaborative des opérations de terrain mécanisées en créant une place de marché pour les propriétaires d'équipements et les entreprises où les agriculteurs peuvent demander et payer des services via des services de messagerie et des portefeuilles mobiles, en fonction des besoins. La technologie permet à fournir de services en accord avec la demande saisonnière pour des équipements mécanisés et flux de trésorerie liés, et prend également en charge la notation de crédit pour la gestion des risques et le remboursement des prêts. Pour plus d'informations, contactez Hello Tractor à hello@hellotractor.com.

Description Technique. Les technologies de l'information et de la communication numériques permettent aux propriétaires d'équipements de suivre le mouvement et l'utilisation des actifs, d'étendre leur zone de service et de gérer les paiements de manière opportune et transparente. Pour les agriculteurs, l'information et la communication par téléphone créent un accès équitable à la mécanisation agricole qui améliore la productivité des cultures, réduit les coûts de main-d'œuvre et augmente les revenus de l'agriculture. L'application Hello Tractor intègre des outils d'analyse financière avancés qui minimisent les coûts et les risques liés à l'utilisation de tracteurs et d'autres équipements électriques dans les exploitations agricoles, ce qui augmente la confiance et les investissements modestes dans la mécanisation. Il offre aux petits agriculteurs des options plus larges pour la prestation de services au-delà des propriétaires de tracteurs les plus locaux rendant ces services plus compétitifs. La technologie des capteurs est au cœur de la collecte de renseignements sur le fonctionnement interne des tracteurs et des moissonneuses-batteuses. Hello Tractor intègre plusieurs solutions télématiques pour les véhicules commerciaux telles que le suivi GPS, la gestion du carburant, la gestion des chauffeurs, la maintenance et l'entretien, la gestion de flotte, la prévention de la fraude et la réservation des clients qui sont exploités via un tableau de bord facile à utiliser disponible via un téléphone intelligent. De cette façon, les propriétaires d'équipements peuvent ajouter de la valeur à leur entreprise et assurer la durabilité de la mécanisation agricole, deux facteurs très importants pour une généralisation à grande échelle afin de relier les communautés de petits exploitants agricoles à la mécanisation.

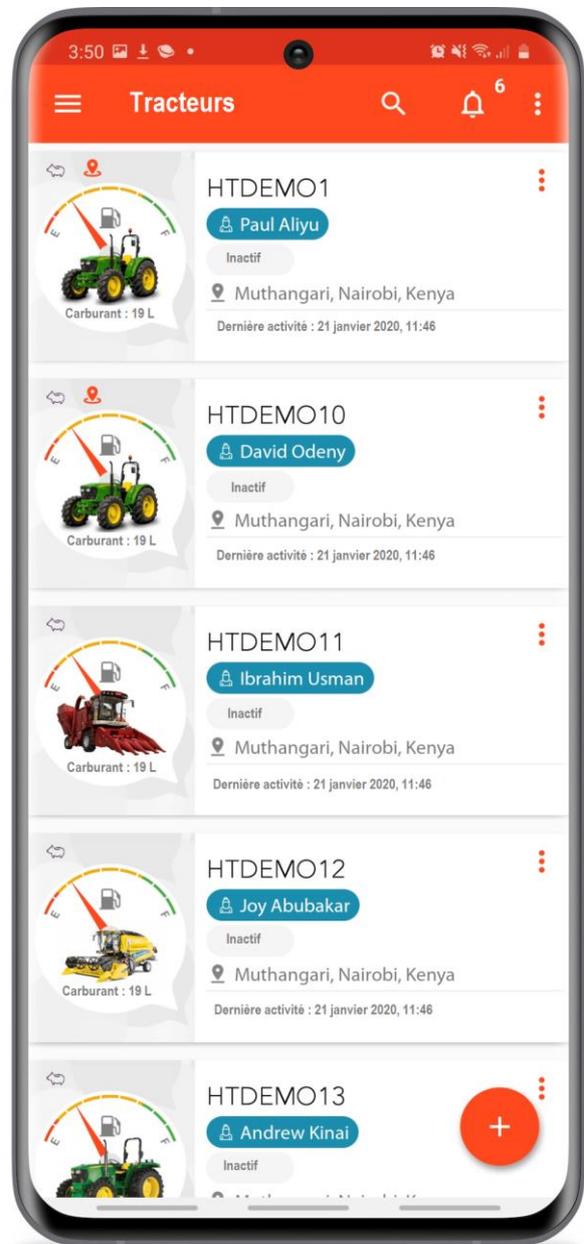


Tableau de bord de l'application Hello Tractor disponible via smartphone

Utilisation. Les applications numériques offrent des opportunités majeures pour promouvoir et gérer l'utilisation des équipements agricoles motorisés dans tous les types de systèmes de production agricole et animale, à la fois parmi les agriculteurs de petite échelle et les agro-industries commerciales. Hello Tractor, en particulier, est disponible sous forme d'application mobile et Web, et dispose d'une capacité hors ligne étendue pour les différents modules afin de permettre des opérations dans des zones rurales plus reculées. La plateforme numérique de sous-traitance de matériel agricole peut être utilisée n'importe où car elle a la capacité de

parcourir différents réseaux de télécommunications et atteint une précision GPS allant jusqu'à 2 mètres. À ce jour, plus de 3 000 concessionnaires, propriétaires de flottes et banques en Afrique subsaharienne utilisent Hello Tractor pour développer leur activité de services de mécanisation sous contrat dans les exploitations agricoles.

Composition. Les plateformes d'utilisation sous contrat de véhicules utilitaires et d'autres équipements agricoles intègrent différents systèmes de télécommunication et d'information. Les dispositifs installés sur les tracteurs pour surveiller les opérations sont de conception robuste, ont une sensibilité élevée et sont inviolables et résistants aux intempéries. Hello Tractor, comme d'autres plateformes, est basé sur Internet de manière à créer un réseau pour les objets physiques via des applications logicielles et intègre un système de paiement à l'utilisation. L'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle sont largement utilisés par les applications pour effectuer des tâches liées à l'optimisation du mouvement des équipements et à l'analyse des données de performance. Cette fonctionnalité permet aux voisins de combiner leurs besoins en équipement de manière rentable.

Application. Pour que les propriétaires d'équipements et les fournisseurs de services puissent utiliser des applications de passation de marchés numériques, ils doivent faire installer des appareils intelligents sur les machines par un technicien accrédité. Ces propriétaires offrent ensuite des services directement aux agriculteurs, ou peuvent travailler par l'intermédiaire d'agents de réservation qui regroupent la demande au sein de leur communauté, ou une combinaison des deux. Les agriculteurs qui recherchent des services de mécanisation sous contrat doivent les demander, les planifier et les prépayer via la messagerie SMS ou les applications mobiles qui les mettent en contact avec les propriétaires d'équipements ou les agents de réservation. Un opérateur formé apporte ensuite l'équipement sur le terrain et effectue la tâche après consultation avec l'agriculteur. Une fois le travail terminé, le solde des paiements est réglé via le système numérique. Les propriétaires d'équipements et les investisseurs obtiennent des rapports détaillés sur l'utilisateur et la rentabilité, ce qui permettent-elles d'améliorer les modèles commerciaux et d'accéder au financement pour de nouveaux équipements.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. L'exemple établi par Hello Tractor mérite d'être reproduit dans toute l'Afrique. Pour conclure des contrats avec des plateformes de services d'agriculture mécanisée, les étapes suivantes sont nécessaires: 1) achetez et installez des appareils intelligents pour le suivi des équipements et téléchargez l'application Hello Tractor depuis Google Play Store, 2) téléchargez les spécifications du tracteur, les opérateurs formés et les agents de réservation sur votre compte, 3) servir les agriculteurs dans la zone d'opération par le biais d'agents de réservation, et 4) suivre les mouvements et les performances des tracteurs, des opérateurs et des agents de réservation pour assurer une disponibilité maximale de la machine, des bénéfices et une fraude réduite.

Coût de Production. Les applications numériques qui aident à gérer l'utilisation contractuelle des équipements électriques agricoles peuvent être téléchargées gratuitement par les propriétaires d'équipements, les agriculteurs et les investisseurs. Outre le capital pour l'acquisition de l'équipement, les propriétaires doivent également investir dans des appareils mobiles intelligents et leur installation par des techniciens accrédités afin que les informations critiques sur ses performances puissent être régulièrement collectées. Le coût de base de la location d'un tracteur à quatre roues pour une demi-journée (4 heures) s'élève généralement à 60-70 dollars US, et les agriculteurs qui utilisent le service doivent également payer le salaire de l'opérateur formé. Les contrats de mécanisation agricole mis en place par

l'intermédiaire d'un agent de réservation entraînent une commission pour ces services qui est payée par l'agriculteur loueur.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Cette technologie est destinée aux propriétaires de tracteurs et d'équipements motorisés, aux entreprises de services agricoles et aux agriculteurs de petite échelle et commerciaux. La technologie numérique pour la mécanisation agricole sous contrat surveille la santé, le carburant et la fonctionnalité de l'équipement de manière à réduire les coûts d'exploitation et à maintenir la valeur des actifs. L'optimisation des itinéraires garantit que les tracteurs passent plus de temps sur le terrain pour gagner de l'argent et moins de temps sur la route pour se déplacer entre les sites. La numérisation de la gestion des actifs et des contrats de service aide les propriétaires d'équipements à réduire les coûts de transaction. En fin de compte, les concessionnaires d'équipement commercialisent davantage de machines à mesure que la demande de services mécanisés augmente. La surveillance des performances et des risques de l'utilisation d'équipements motorisés partagés via des applications de données mobiles améliore la transparence, ce qui permet aux agriculteurs, aux propriétaires et aux concessionnaires d'obtenir davantage de financement auprès des prêteurs. Le succès de Hello Tractor au Nigeria a montré que l'accès à la mécanisation agricole au prix le plus bas possible grâce à l'intégration de la technologie numérique permet aux petits agriculteurs d'augmenter les rendements des cultures et d'économiser sur les coûts de main-d'œuvre par rapport aux pratiques manuelles du passé.

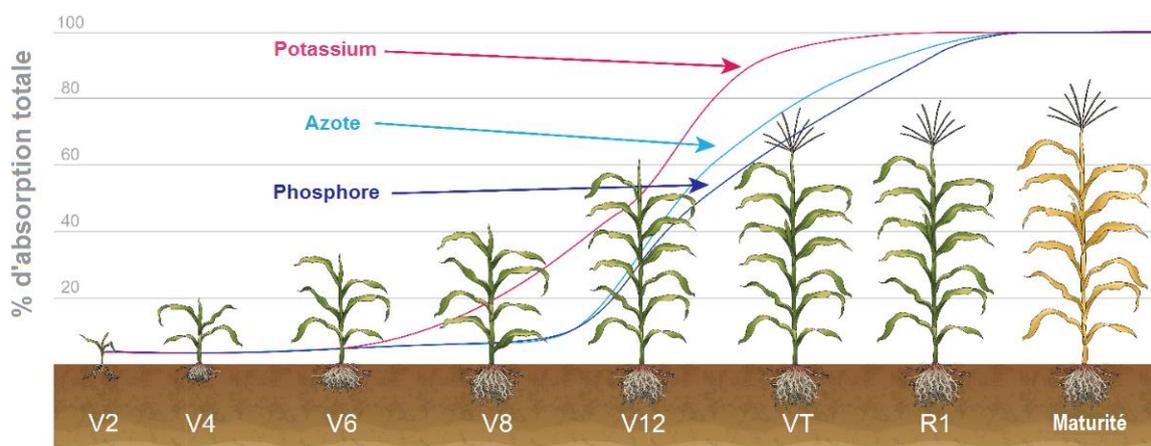


Liens entre les modules de gestion de flotte, de paiements et d'analyse commerciale au sein de l'application Hello Tractor

Exigences de licence. Les applications numériques pour l'utilisation sous contrat d'équipements électriques, telles que Hello Tractor, sont exemptes de licences commerciales et de redevances. Les capteurs et autres outils doivent être conformes aux normes d'exploitation et les réglementations environnementales peuvent nécessiter des permis d'importation, d'assemblage et de commercialisation en fonction des réglementations des différents pays. La plateforme Hello Tractor a été développée comme un Bien Public Régional pour les agriculteurs mais leurs droits de propriété intellectuelle sont détenus par la société mère.

Technologie 6. Engrais Pré-Semis Mélangés et Fumure de Couverture

Résumé. Pour que le maïs produise des rendements élevés en grains, il est nécessaire d'appliquer les bons engrais au bon taux et au bon moment en suivant les meilleures pratiques agronomiques. Les pénuries de nutriments tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) entraînent un système racinaire plus faible, un rabougrissement des cultures, une vulnérabilité aux maladies, une faible activité photosynthétique, moins d'épis, moins de grains et un remplissage incomplet des grains. De nombreux agriculteurs en Afrique subsaharienne n'utilisent pas des formulations, des dosages et des calendriers appropriés d'engrais minéraux, ce qui entraîne des rendements céréaliers réduits, une faible rentabilité et un épuisement des nutriments des sols. Des mélanges spécialisés d'engrais contenant du N, du P, du K et d'autres nutriments tels que le soufre, le magnésium et le zinc sont développés pour une application de base aux cultures de maïs en tant qu'applications de pré-semis qui se traduisent par une disponibilité équilibrée des nutriments. Les apports d'engrais N représentent l'un des investissements les plus importants pour les producteurs de maïs, et son application est compromise par la sécheresse ou des précipitations excessives, et ces extrêmes se produisent avec une fréquence croissante. Pour surmonter cette inefficacité, il est largement recommandé d'appliquer les engrais azotés en applications fractionnées, avec de la fumure de couverture spéciale plus tard dans la saison de production. Cette pratique garantit un approvisionnement adéquat en N pour les cultures tout au long du cycle de croissance et atténue les risques financiers pour les agriculteurs. Obtenez plus d'informations du Dr. Jonga Munyaradzi de l'AATF par email à j.munyaradzi@aatf-africa.org.



Besoins en N, P et K du maïs à différents stades du cycle de croissance

Description Technique. L'utilisation d'engrais simples avec une formulation déséquilibrée de N, P, K et d'autres nutriments amène les agriculteurs à appliquer des apports en nutriments sous-optimaux et irréguliers qui minent la production de maïs, entraînant souvent des retours sur investissement insatisfaisants. Cette situation décourage alors l'utilisation future de fertilisants. En revanche, les engrais de pré-semis mélangés sont faciles à préparer en combinant deux ou plusieurs engrais simples à l'aide de formules soigneusement dosées qui comblent les carences en éléments nutritifs, garantissent l'absence de gaspillage et réduisent les coûts d'application sur les terres cultivées. Les fournisseurs et fabricants d'intrants agricoles proposent des mélanges d'engrais de pré-semis spécialement conçus pour le maïs qui favorisent le développement précoce des cultures, la résilience au stress et la production

de céréales en fournissant efficacement des nutriments tout au long de la saison de production. L'application en surface de l'azote plus tard dans la saison correspond mieux à la disponibilité dans les sols au modèle de demande des cultures de maïs. Le moment optimal pour l'engrais azoté est au stade où les cultures de maïs ont 6 à 8 feuilles complètement développées.



Système rotatif utilisé dans le mélange des engrais

Il est largement démontré que les agriculteurs africains peuvent obtenir des rendements de maïs plus élevés avec des taux d'apports nutritifs inférieurs lorsqu'ils utilisent des engrais mélangés à la plantation au lieu d'engrais simples et qu'ils divisent les applications d'azote au lieu d'un apport unique. En même temps, différents sols contiennent des quantités variables de nutriments et pour maximiser l'efficacité et la rentabilité de l'application d'engrais en pré-semis et en surface il est nécessaire de tenir compte des stocks de nutriments résiduels dans les sols et des carences des cultures grâce à une inspection visuelle et à des analyses de laboratoire standard.

Utilisation. Les engrais de pré-semis avec des mélanges de nutriments spéciaux et l'application fractionnée d'azote par fumure de couverture sont recommandés pour la production de maïs dans tous les types de zones de production d'Afrique sub-saharienne, y compris les régions à climat sec, subhumide ou humide et dans les sols sablonneux, limoneux ou argileux. Ces technologies d'engrais offrent des avantages particulièrement importants pour les systèmes agricoles où de faibles quantités de nutriments minéraux sont appliquées et les terres cultivées dégradées où les disponibilités dans les sols sont très faibles et déséquilibrées. Les agriculteurs commerciaux de maïs devraient réduire les coûts des engrais et améliorer leurs marges bénéficiaires grâce à des niveaux accrus d'efficacité d'utilisation des engrais qui sont atteints par les mélanges d'engrais pré-semis et la fumure de couverture. L'utilisation d'une fertilisation équilibrée pour le maïs fonctionne bien en conjonction avec la culture intercalaire et la rotation des légumineuses puisque les apports minéraux résiduels en nutriments profitent également à la culture d'accompagnement.

Composition. Des formules spécifiques de nutriments qui répondent aux exigences du maïs peuvent être préparées en mélangeant une large gamme de types d'engrais granulaires solides comme l'urée, le nitrate de calcium et d'ammonium, le chlorure de potassium, le super phosphate simple ou triple et différents sulfates. Les micronutriments comme le zinc, le bore et le cuivre, entre autres, peuvent être ajoutés sous forme solide ou imprégnés sous forme liquide. Des types d'engrais et des installations de fabrication facilement accessibles à travers l'Afrique subsaharienne peuvent être utilisés pour préparer des mélanges appropriés de nutriments pour les cultures de maïs. Les taux d'éléments nutritifs appliqués par les mélanges d'engrais de pré-semis et l'engrais azoté sont basés sur des objectifs de rendement spécifiques et des recommandations alignées sur les conditions locales. Il n'est pas rare d'appliquer des mélanges d'engrais de pré-semis à raison de 250 à 350 kg ha⁻¹, et une couche de surface d'azote à 100 à 150 kg ha⁻¹, selon la formulation de l'engrais et les besoins du sol.

Application. Les formulations d'engrais mélangés de pré-semis spécialisés pour les cultures de maïs sont développées à l'aide d'informations sur la carence en éléments nutritifs et le déséquilibre dans des zones de production spécifiques contenues dans les cartes des sols, les conseils de vulgarisation et l'expérience agronomique passée. Un tambour rotatif sec disponible dans des tailles moyennes à grandes est utile



Perceuse montée sur tracteur pour l'épandage d'azote

pour mélanger différents engrais simples qui sont d'origine locale sous réserve de disponibilité. Il est préférable que les engrais mélangés de pré-semis soient placés au fond des poquets à la main ou l'aide du matériel de plantation, mais ils peuvent également être épandus peu de temps avant la préparation du lit et la plantation. Pour l'épandage d'azote, les engrais les plus courants sont l'urée ou le nitrate d'ammonium et de calcium, et il y a une tendance récente à l'utilisation des super granulés ou des agents à libération lente pour améliorer l'absorption. La fumure de couverture peut être effectuée à la base des plants de maïs par placement manuel et à l'aide de dresseurs latéraux, ou peut également être épandue à la main ou à l'aide de centrifugeuses. La pulvérisation foliaire de l'azote liquide peut être aussi utilisée et elle est rapide et a des pertes réduites grâce au lessivage et à la volatilisation, mais est sujet au grillage et au dommage des feuilles si elle n'est pas correctement appliquée. Le moment de l'application de la deuxième dose de l'azote dépend des disponibilités en éléments nutritifs dans les sols et des conditions de précipitations, pour les granulés secs, cela doit être fait avant un événement pluvieux pour déplacer l'azote dans le sol, ou juste avant le désherbage final pour une incorporation peu profonde dans le sol. Notez que le maïs, contrairement à de nombreuses autres cultures, est capable d'assimiler l'urée, ce qui rend cet engrais à moindre coût adapté à de divers endroits. Dans le même temps, l'urée ne peut pas être utilisée par le striga parasite, ce qui donne un avantage à la culture.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Des mélanges d'engrais spécialisés pour l'application de pré-semis avec des cultures de maïs sont disponibles dans le commerce à travers l'Afrique, mais leur composition spécifique n'est connue que des mélangeurs. Des compositions différentes, cependant, peuvent être déduites de leurs teneurs en éléments nutritifs qui les accompagnent. Un nombre de mesures doivent être prises pour étendre les technologies d'engrais améliorés: 1) identifier les formulations appropriées d'engrais mélangés sur la base des demandes équilibrées en nutriments et des conditions de fertilité du sol pour une zone de culture de maïs spécifique, 2) développer des protocoles pour mélanger différents engrais simples et emballer le mélange avec les fabricants et les fournisseurs d'intrants agricoles, 3) entrer sur le marché des courtiers pour les mélanges d'engrais de pré-semis spécialisés et la fumure de couverture d'azote à des prix abordables et surveiller les ventes, et 4) mener des démonstrations sur les champs des agriculteurs qui présentent les avantages des mélanges d'engrais et l'apport fractionné de N pour la production de maïs. Pour rester compétitifs, les mélangeurs d'engrais doivent continuer à affiner leurs formulations et leur promotion de la marque au fil du temps. Certains mélanges

d'engrais ont la tendance de sédimenter ou de couler dans des sacs, un problème qui est surmonté par la fabrication d'engrais composites en granulés.

Coût de Production. Le développement initial de mélanges d'engrais de pré-semis spécialisés pour le maïs n'est pas coûteux car il est basé sur une étude documentaire à partir d'une multitude d'informations secondaires, y compris la composition de produits similaires. Le raffinage de la formulation des mélanges est considérablement plus coûteux car cela nécessite des essais agronomiques et des analyses de plantes et de sols. La fabrication de mélanges d'engrais spécialisés attire des investissements en capital relativement importants pour les systèmes rotatifs à sec multicanaux et l'emballage automatisé. Il y a aussi le coût d'assemblage ou d'achat des engrais simples primaires à mélanger. Ces coûts sont considérablement réduits pour les entreprises d'engrais disposant d'une capacité de mélange existante et cherchant à élargir leurs gammes de produits. Des systèmes de mélange plus petits et à plus forte intensité de main-d'œuvre sont disponibles et peuvent être exploités par des groupes communautaires une fois que les formulations spécifiques sont connues. La fabrication d'engrais composites est considérablement plus chère que le simple mélange d'engrais simples car tous leurs ingrédients doivent être pulvérisés et reconstitués, mais les granulés composites ont l'avantage de libérer tous leurs nutriments de manière uniforme.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. La gestion équilibrée des éléments nutritifs pour les cultures de maïs grâce à des mélanges d'engrais de pré-semis spécialisés et la fumure de couverture d'azote convient à la fois aux producteurs de petite échelle et commerciaux. La fabrication de mélanges d'engrais appropriés relève de la responsabilité des grands et moyens fabricants d'engrais. Les engrais mélangés offrent de multiples avantages pratiques pour les applications sur les terres cultivées car ils sont constitués de mélanges homogènes qui ne coagulent pas et peuvent donc être dosés directement à partir de sacs, ce qui permet de gagner du temps et de garantir que les cultures reçoivent la bonne formule. Des essais sur le terrain en Éthiopie ont montré que l'application d'engrais mélangés avec du NPKS entraînait un rendement en grains de 0.3 à 0.5 tonne ha⁻¹ supérieur à celui des engrais NP courants. Dans la même étude, l'absorption de N et de P à partir d'engrais mélangés avec K et S ajoutés s'est avérée être respectivement 30% et 57% plus élevée que celui de l'application de NP uniquement, car des rendements plus élevés en grains et en tiges ont été obtenus avec des taux plus faibles d'engrais N et P. L'application fractionnée d'engrais azoté via la fumure de couverture augmente considérablement la rentabilité des investissements en intrants, car la pratique garantit que l'approvisionnement en éléments nutritifs est aligné sur la demande des cultures et diffuse les risques de pertes d'engrais pouvant découler des conditions météorologiques fluctuantes.

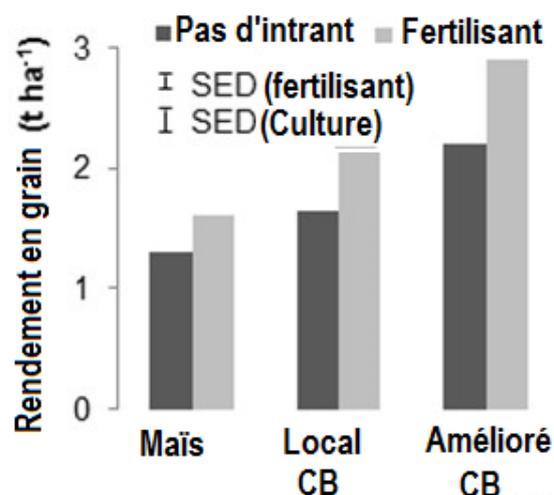
Exigences de Licence. Les formulations d'engrais mélangés de pré-semis pour les cultures de maïs peuvent être soumises à licence mais sont plus souvent protégées en tant que secrets commerciaux. Dans les cas où la composition de l'engrais est connue du public, les proportions de mélange souhaitées peuvent être facilement calculées à partir de différentes matières premières d'engrais. Les réponses à l'application et à la combinaison d'engrais sont abondamment disponibles sous forme d'informations publiées, en particulier lorsqu'elles sont effectuées par des instituts de recherche en tant que Biens Publics Régionaux. Le Centre international pour le développement des engrais (IFDC) est responsable du développement et de la diffusion de pratiques d'engrais équilibrés pour le maïs à travers l'Afrique.

Technologie 7. Rotation Maïs-Légumineuses et Cultures Intercalaires

Résumé. Cultiver du maïs et des légumineuses sur la même parcelle en même temps ou en rotation offre de multiples avantages par rapport à la culture de la céréale en monoculture continue. Les légumineuses améliorent la quantité d'azote (N) dans les sols pendant et après sa culture, ce qui peut être utilisé pour lutter contre les contraintes sur les rendements céréaliers posées par l'imitation de l'azote, un état généralisé du sol, et pour réduire les coûts des engrais minéraux. La rotation et la culture intercalaire du maïs avec les légumineuses permettent d'atteindre un niveau élevé d'efficacité d'utilisation des terres, des nutriments et de l'eau grâce à des effets synergiques entre les deux cultures différentes. Le mélange de maïs et de légumineuses réduit également le taux

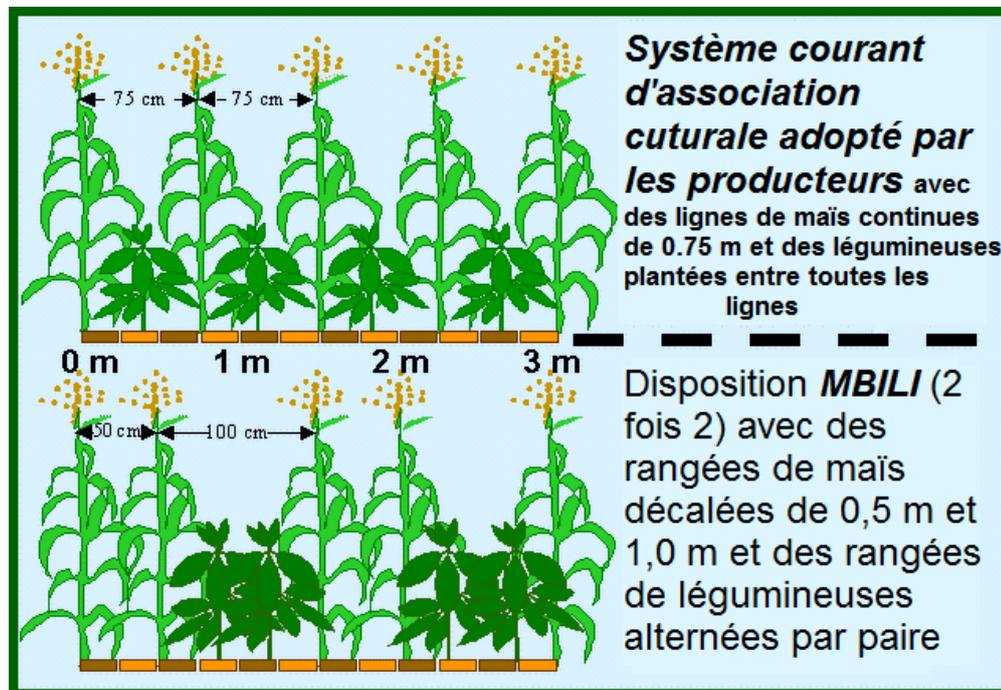
d'infestation des mauvaises herbes, des ravageurs et des maladies sur les champs des agriculteurs, ce qui profite à la productivité des deux cultures et ralentit la propagation d'organismes nuisibles à l'agriculture. Les systèmes de rotation et de culture intercalaire maïs-légumineuses sont pratiqués par un grand nombre d'agriculteurs dans les principales zones de production à travers l'Afrique subsaharienne, donnant lieu à des augmentations substantielles des rendements et des récoltes totales d'une superficie de terre. La culture d'une culture à haute teneur en glucides (maïs) et à haute teneur en protéines (légumineuses à grains) sur la même parcelle de terre se traduit par des régimes alimentaires plus nutritifs chez les communautés rurales, et atténue également le risque d'une saison de la faim lorsque l'un des les récoltes peuvent échouer à cause de la sécheresse ou des attaques de ravageurs. Pour plus d'informations sur ce sujet, contactez le Dr. Frederick Baijukya d'IITA par courrier électronique à l'adresse f.baijukya@cgiar.org.

Description Technique. Les avantages de la culture intercalaire et de la rotation sont nombreux. La fixation biologique de l'azote dans les racines des légumineuses profite à la productivité des cultures de maïs qui sont en rotation ou en association sur le même champ car une partie de l'azote assimilé est transférée entre les cultures par des processus résiduels du sol. L'application d'engrais minéraux dans les systèmes de cultures mixtes est utilisée de manière très efficace car l'une ou l'autre des cultures peut bénéficier des nutriments résiduels qui auraient pu être perdus, en partie à cause des différentes architectures racinaires du maïs et des légumineuses. La culture intercalaire de maïs et de légumineuses est particulièrement utile pour réduire l'infestation de mauvaises herbes, l'érosion des sols et le ruissellement, car la méthode de culture permet de garder plus de terres couvertes et protégées tout au long de la saison de croissance. Certaines légumineuses à grains comme le soja et le niébé sont connus pour réduire les infestations de parasites striga mauvaises herbes dans le maïs des cultures car ces cultures vont induire la germination des graines de striga mais ne sont pas infectées par elles; avec un effet direct lors des cultures intercalaires, et des bénéfiques résiduels via la rotation. Le maïs de grande taille permet de mieux réguler la température du



Gain de rendement du maïs en rotation avec haricot grimpant (CB) par rapport à la monoculture continue (Maïs)

sol grâce à l'ombrage. Les légumineuses du sous-étage utilisent mieux la lumière, l'eau et les nutriments. Par rapport aux monocultures, les cultures intercalaires donnent généralement des revenus plus importants du travail et, comme pour la rotation maïs-légumineuses, améliorent la rentabilité des engrais minéraux et des apports de matière organique. Une difficulté avec les cultures intercalaires, cependant, c'est que certaines opérations sur le terrain deviennent compliquées, notamment le désherbage mécanisé et chimique.



Quelques configurations recommandées d'associations maïs-légumineuses

Utilisation. La culture intercalaire et la rotation conviennent à toutes les zones de culture du maïs et des légumineuses en Afrique subsaharienne, à condition que la variété et le type de cultures soient sélectionnés de manière appropriée pour les conditions dominantes. La méthode de culture mixte est particulièrement avantageuse dans les régions aux sols moins fertiles. En même temps, la culture continue du maïs en monoculture conduit à l'épuisement des éléments nutritifs du sol. Dans les systèmes de production intensive de maïs, la culture intercalaire et la rotation des légumineuses ont des avantages sur les rendements et les bénéfices à court et à long terme par la réduction de l'utilisation d'engrais et l'amélioration de la qualité de l'environnement. La culture intercalaire de maïs et de légumineuses est très efficace pour les communautés rurales où la disponibilité de la main-d'œuvre est limitée car moins de temps est consacré à la gestion des mauvaises herbes. En effet, l'amélioration de la fertilité des sols et de la nutrition des cultures réalisée dans les systèmes mixtes maïs-légumineuses contribue à renforcer la résilience climatique des systèmes alimentaires et des communautés qui en tirent des revenus.

Composition. La rotation et la culture intercalaire du maïs peuvent impliquer une large gamme de légumineuses alimentaires telles que les haricots communs, les pois d'Angole, le niébé, l'arachide et le soja, ainsi que les légumineuses cultivées pour l'alimentation animale comme le desmodium, les haricots veloutés et les haricots jack. Le type de légumineuse mélangé au maïs peut être choisi par les agriculteurs en fonction des conditions

agro-écologiques, des opportunités de commercialisation, des besoins de production et des habitudes alimentaires. Des variétés améliorées des deux cultures qui sont bien adaptées aux conditions spécifiques des zones de productions devraient être utilisées pour en tirer le maximum d'avantages.

Application. Les approches utilisées pour cultiver une rotation ou une culture intercalaire maïs-légumineuses sont les mêmes que pour la culture d'une monoculture. Pour les cultures intercalaires, les deux cultures peuvent être plantées simultanément ou en relais afin que leur croissance et leur récolte soient alignées sur les conditions et les besoins des agriculteurs. Différentes dispositions peuvent être utilisées pour les cultures intercalaires, avec du maïs et des légumineuses plantées sur des rangs alternés, en bandes de 2-3 rangs ou en brouillant les rangs de manière aléatoire. En cas de mélange avec des haricots communs, du niébé ou des pois, le maïs peut être planté à sa densité habituelle et la légumineuse entre les deux, tandis que pour les légumineuses qui nécessitent une plus grande lumière directe, l'espacement des cultures de maïs doit être élargir. Dans de nombreux cas, les cultures de légumineuses doivent être inoculées avec une souche élite de micro-organismes fixateurs d'azote pour maximiser les effets de transmission sur le maïs. Dans de nombreuses zones arides cultivées, le maïs ne doit pas être cultivé en association avec des légumineuses, mais plutôt une culture en bandes ou une rotation.

Commercialisation, Exigences de Démarrage et Coût de Production. Des informations sont disponibles concernant les approches appropriées pour combiner les cultures de maïs et de légumineuses dans différentes conditions sur les champs des agriculteurs, et les agriculteurs reconnaissent les avantages de ces pratiques. L'intensification de la culture mixte de maïs et de légumineuses nécessite: 1) éduquer les agriculteurs sur les avantages de la rotation et des cultures intercalaires maïs-légumineuses, 2) conseiller les agriculteurs sur les méthodes appropriées pour la culture mixte et les variétés à cultiver en fonction des contextes locaux, 3) mobiliser une haute qualité semences de maïs et de légumineuses, et 4) sécuriser les engrais et les inoculants de légumineuses. La culture des légumineuses est associée à des coûts de main-d'œuvre plus élevés que le maïs, ce qui fait que le mélange des deux cultures offre un moyen d'équilibrer et de réduire les besoins d'investissement. Les systèmes de culture intercalaire de maïs et de légumineuses ont généralement une densité de plantation plus élevée que les monocultures et supportent donc un coût plus élevé de semences et d'engrais par hectare pour les agriculteurs

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Les cultures intercalaires et la rotation des légumineuses avec le maïs sont attrayantes aussi bien pour les agriculteurs de petite échelle que pour les agriculteurs commerciaux. Les rendements économiques en grains du maïs sont augmentés de 0.5 à 1 tonne ha⁻¹ en culture après une rotation de légumineuses par rapport au maïs en continu. Les rendements du maïs sur les terres cultivées avec un taux d'infestation élevé de striga adventices augmentent de 90% lorsqu'ils sont plantés après une rotation de soja. Entre 30 et 70 kilogrammes d'azote par hectare sont transférés du soja au maïs lorsqu'ils sont cultivés en rotation. Les cultures mixtes maïs-légumineuses sont capables de maintenir un niveau élevé de productivité agricole pendant de nombreuses années, ce qui se traduit par une plus grande durabilité dans le temps.

Exigences de Licence. Aucune licence commerciale ou environnementale n'est nécessaire pour la culture mixte maïs-légumineuses. Le savoir-faire lié à la culture intercalaire et à la rotation du maïs avec les légumineuses est considéré comme un important Bien Public Régional avancé par l'IITA et l'AATF.

Technologie 8. Herbicides de Prélèvement pour un Désherbage Efficace

Résumé. Les mauvaises herbes constituent une menace pour les terres cultivées de maïs parce qu'elles rivalisent pour des quantités limitées d'eau et de nutriments dans les sols. L'absence de contrôle des adventices réduit ainsi les rendements et limite les retours sur investissements en intrants agricoles. Il est essentiel de maintenir le contrôle des mauvaises herbes dans les peuplements de maïs, en particulier pendant ses premiers stades



Culture de maïs envahie par les herbes hautes

d'établissement et de croissance végétative, jusqu'à 10 semaines après la plantation. Sans un contrôle efficace des mauvaises herbes, le rendement potentiel en grains du maïs est réduit d'environ 50% en moyenne, et si aucune mesure n'est prise par les agriculteurs, les pertes de rendement atteignent 80%. La plupart du maïs cultivé par les petits agriculteurs est désherbé à l'aide d'outils manuels et demande beaucoup de main-d'œuvre car il doit être répété 2 ou 3 fois pour un contrôle efficace. Cette difficulté est due en partie au fait que l'agitation des sols par le binage superficiel et le hersage favorise la germination d'autres mauvaises herbes. Les herbicides de prélevée empêchent les mauvaises herbes de se développer, ce qui permet de maintenir les champs en grande partie exempts d'elles pendant les étapes critiques de l'établissement des cultures, un effet qui se prolonge jusqu'à ce que la canopée du maïs ombrage le sol et que les mauvaises herbes soient supprimées. Cette classe d'herbicides est appliquée peu de temps avant ou au moment de la plantation du maïs et après que le sol a été labouré, ce qui empêche ensuite les semis de mauvaises herbes de s'établir, mais nécessite l'accès aux produits chimiques et à l'équipement d'application appropriés. Pour plus d'informations sur ce sujet, contactez le Dr. Jonga Munyaradzi de l'AATF par email à l'adresse j.munyaradzi@aatf-africa.org.

Description Technique. Le maïs est le plus sensible à la compétition des adventices entre les stades de levée jusqu'au moment où six feuilles sont déployées. Pendant ce temps, le système racinaire fibreux du maïs est en cours de développement et ses pousses peuvent être envahies par des plantes à croissance plus rapide. Les herbicides de prélevée offrent aux cultures cibles un avantage concurrentiel en éliminant la concurrence pour la lumière, les nutriments et l'humidité lorsqu'elles sont les plus vulnérables au début de leur croissance, accélérer ainsi le développement des racines et des pousses. Des avantages majeurs sont offerts par l'utilisation d'herbicides de prélevée par rapport à d'autres stratégies de contrôle des mauvaises herbes telles que l'élimination manuelle et mécanique ou le contrôle de post-levée des mauvaises herbes qui ont poussé à l'aide d'engrais de contact. D'une part, la solution de prélevée élimine pratiquement la dispersion des graines des mauvaises herbes qui entraîne des réductions à long terme des banques de graines de mauvaises herbes dans

le sol et des économies récurrentes sur le contrôle des mauvaises herbes au fil du temps. En général, une année de mauvais contrôle des mauvaises herbes nécessite sept ans de suppression par la lutte chimique. De plus, dans les champs où l'empiètement des mauvaises herbes est important, de multiples mesures de contrôle sont nécessaires à l'aide d'herbicides de prélevée et de post-levée tout au long de la saison de croissance, et dans de tels cas, le contrôle précoce obtenu grâce à l'approche de prélevée a montré pour augmenter l'efficacité des efforts de contrôle ultérieurs. De plus, les mauvaises herbes peuvent abriter des parasites et des maladies qui affectent le maïs.

Utilisation. L'application d'herbicides de prélevée convient à la gestion des mauvaises herbes dans toutes les zones de culture du maïs d'Afrique subsaharienne, en particulier dans les communautés d'agriculteurs où la disponibilité de la main-d'œuvre pour l'élimination manuelle est limitée. Des études à travers le continent ont montré que l'application d'herbicides de prélevée est efficace dans les champs avec un large éventail d'empiètement des mauvaises



Le désherbage manuel dans les champs de maïs est ardu et chronophage

herbes et sous des climats humides à semi-arides. Le type de mauvaises herbes dans les terres agricoles, les conditions météorologiques saisonnières et le calendrier des autres pratiques de gestion dictent la formulation exacte des agents chimiques et le moment d'application qui est nécessaire pour le désherbage en pré-émergence. En général, les graines de graminées vivaces représentent un danger particulier pour les champs de maïs. L'utilisation de la technologie de lutte chimique doit être associée à l'apport approprié d'engrais inorganiques et de ressources organiques aux terres agricoles pour que l'intervention augmente la production céréalière et la sécurité alimentaire, en particulier dans les champs dégradés à faible fertilité des sols. Les stratégies prélevées de lutte contre les mauvaises herbes se sont avérées plus efficaces que les stratégies post-levées qui sont le plus souvent utilisées par les agriculteurs d'Afrique subsaharienne, offrant ainsi un point d'entrée direct pour l'amélioration de l'agriculture. Les mauvaises herbes à feuilles larges courantes dans le maïs comprennent le bident (*Bidens pilosa*), l'herbe aux cochons (*Commelina benghalensis*), le striga (*Striga* spp), le tagète des décombres (*Tagetes minuta*), la lampourde ordinaire (*Xanthium strumarium*), la pomme-épineuse (*Datura stramonium*), l'amarante (*Amaranthus* spp.) et oxalis (*Oxalis* spp). Les mauvaises herbes graminées comprennent les sétaires (*Setaria* spp.), les chiendents (*Cynodon* spp.), les digitaires (*Digitaria* spp.), les avoines sauvages (*Avena* spp.), le souchet comestible (*Cyperus esculentus*), le souchet rond (*Cyperus rotundus*), et l'herbe de pintade (*Rottboellia cochinchinensis*). Certaines mauvaises herbes sont utiles. Elles ont des feuilles comestibles et peuvent être le premier aliment de toute saison (par exemple, l'amarante et la morelle (*Solanum*). Dans certains cas, les mauvaises herbes sont médicinales ou peuvent repousser les parasites. Il est important de se rappeler qu'une mauvaise herbe est une plante qui pousse là où on ne veut pas et dans certains cas une mauvaise herbe est une plante dont l'utilisation n'a pas encore été découverte.

Composition. Les herbicides pour les mauvaises herbes à feuilles larges (dicotylédones) sont généralement composés d'atrazine, de phénoxy (MCPA) ou de composés de terbutryne, tandis que pour les graminées adventices (monocotylédones), les herbicides les plus courants sont constitués de composés de métolachlore, d'acétochlore ou d'alachlore. De plus, des adjuvants sont ajoutés



Un fournisseur de services correctement équipé se prépare à pulvériser un herbicide de prélevée dans un champ

aux formulations préfabriquées ou aux réservoirs de pulvérisation pour améliorer l'activité herbicide ou les caractéristiques d'application, telles qu'un meilleur mélange et une meilleure manipulation, une plus grande couverture de gouttelettes, une rétention de pulvérisation et un séchage des gouttelettes, une pénétration améliorée des cuticules d'herbicide et une accumulation cellulaire qui minimisent la lixiviation des agents chimiques à travers le profil du sol. Selon les types de mauvaises herbes et le type de culture de maïs prédominants, c'est-à-dire monoculture, rotation ou culture intercalaire, l'herbicide de prélevée doit être ajusté. Certains herbicides (par exemple Dual Gold® ou S-métolachlore) affectent les plantes en fonction de la taille des graines, ce qui signifie que le contrôle du maïs et des légumineuses intercalées peut être obtenu en tuant la multitude de mauvaises herbes à petites graines dans les champs agricoles.

Application. Les herbicides concentrés simples ou mélangés sont dilués dans de l'eau pour activer les agents chimiques selon le rapport prescrit et les précautions de sécurité. Les solutions sont appliquées aux champs en utilisant des systèmes à dos avec une ou deux buses de pulvérisation, ou par des systèmes montés sur tracteur avec de nombreuses buses de pulvérisation. Différentes méthodes d'application tiennent compte de l'équipement disponible, de l'emplacement prévu, de l'efficacité sur les mauvaises herbes cibles et des besoins en main-d'œuvre, y compris les compétences de l'applicateur. Des vêtements de protection doivent être portés par les travailleurs qui appliquent les herbicides pour éviter tout contact avec des agents chimiques. Les sols doivent être humides ni trempés ni trop secs lorsque les champs sont pulvérisés, ce qui nécessite que le moment de l'application soit synchronisé avec les précipitations, soit une semaine après le travail du sol des terres cultivées et au plus tard avant que le maïs ne mesure 10 cm de haut. Les technologies de gestion du contrôle chimique des mauvaises herbes doivent être prioritaires sur les champs avec le plus haut niveau d'empiètement des mauvaises herbes et les plus difficiles à contrôler afin de maximiser les rendements, avec l'intention de réduire progressivement les banques de graines de mauvaises herbes des fermes.

Commercialisation, Exigences de Démarrage et Coût de Production. Les entreprises d'intrants agricoles commercialisent une gamme d'herbicides de prélevée qui contiennent différents agents chimiques et sont conçus pour éradiquer des types spécifiques de mauvaises herbes présentes dans les cultures de maïs. L'équipement de pulvérisation est disponible auprès des agro-commerçants dans les principales zones de production de maïs. L'adoption généralisée par les agriculteurs de cette technologie de gestion des mauvaises herbes peut être obtenue par: 1) la vulgarisation et la commercialisation des herbicides de prélevée par les revendeurs d'intrants agricoles dans les zones de culture qui conviennent aux mauvaises herbes communes, 2) la sensibilisation des agriculteurs sur les avantages de la stratégie de lutte chimique sur la production alimentaire et l'atténuation des risques, et 3) le soutien financier aux fournisseurs locaux et aux petits agriculteurs qui catalysent les investissements dans les herbicides. La pulvérisation d'herbicides de prélevée nécessite un certain investissement de la part des agriculteurs pour acheter des herbicides et accéder au matériel de pulvérisation. L'herbicide de prélevée et la main-d'œuvre pour l'application sur le terrain coûtent environ 27 dollars US par hectare.



Sous-étage bien géré et sans mauvaises herbes des plants de maïs végétatifs

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. L'utilisation d'herbicides de prélevée pour la gestion des mauvaises herbes est destinée aux producteurs de petite échelle commerciaux, les produits chimiques et les services de pulvérisation étant fournis par les fournisseurs d'intrants agricoles et les entreprises locales. Le contrôle des mauvaises herbes avec des herbicides de prélevée dans les cultures de maïs fertilisées augmente les marges brutes de 84 à 433 dollars US par hectare. Empêcher l'empiètement des mauvaises herbes sur les cultures de maïs améliore également l'appétence et le contenu nutritionnel des céréales, ce qui se traduit par une plus grande valeur pour les agriculteurs sur les marchés locaux. Les agriculteurs ne doivent jamais envisager l'utilisation de Paraquat (également connu sous le nom de Methyl Viologen) car cet herbicide précédemment recommandé est extrêmement toxique pour les humains et les animaux.

Exigences de Licence. Les pays d'Afrique subsaharienne ont mis en place des réglementations spécifiques pour la conformité et l'utilisation d'agents chimiques pour éradiquer les mauvaises herbes dans les terres cultivées qui doivent être obtenus par les entreprises d'intrants agricoles approvisionnant les marchés locaux. Le développement et la mise à l'échelle des herbicides de prélevée sont effectués principalement par des entreprises privées, souvent en collaboration avec des instituts de recherche indépendants. Il faut faire attention que des déversements d'importations de pesticides non-approuvés ne se produisent pas.

Technologie 9. Contrôle de la Chenille Légionnaire d'Automne

Résumé La chenille légionnaire d'automne (CLA) a récemment envahi l'Afrique et cause des dommages au maïs et à de nombreuses autres cultures. Les agents de lutte chimique contre la CLA sont connus pour être efficaces dans la protection des cultures de maïs, pourtant le ravageur s'est propagé à travers le continent et menace des millions d'agriculteurs dans les zones de production. Une large gamme de produits insecticides



Graves dégâts causés au maïs par la chenille légionnaire d'automne, un ravageur envahissant récent en Afrique

est commercialisée sur le continent par des fournisseurs d'intrants agricoles qui tuent les larves de CLA à l'intérieur du sol et sur la plante. Y compris le produit chimique d'enrobage de semences FORTENZA™ Duo de Syngenta, qui s'est avéré être un puissant agent de lutte contre le ravageur. L'enrobage des semences de maïs avec des insecticides protège le jeune plant de maïs des attaques de ravageurs en améliorant la survie des semences, les taux de germination et les stades de croissance initiaux après la plantation. L'utilisation d'insecticide comme traitement des semences offre plusieurs avantages par rapport aux applications foliaires car l'approche permet d'appliquer de plus petites quantités de l'agent de contrôle et est positionnée dans le sol où les œufs de la CLA sont déposés et éclos. De plus amples informations sur cette technologie sont disponibles auprès du Dr. Peter Chinwada de l'IITA par courrier électronique à l'adresse p.chinwada@cgiar.org.

Description Technique. La CLA est une des chenilles destructrices de l'espèce envahissante *Spodoptera frugiperda* et ce ravageur se propage rapidement, s'établissant à travers l'Afrique subsaharienne. Les infestations des terres agricoles par le ravageur sont causées par des œufs déposés dans le sol et sur la plante provenant de papillons adultes capables de voler et de parcourir de grandes distances. Les larves de la chenille légionnaire d'automne font des dommages considérables aux cultures de maïs à tous les stades de leur cycle de vie en mangeant le verticille (apex), les feuilles et les épis et ont entraîné une perte de rendement de 50% et un échec total de la récolte. Des insecticides comme FORTENZA™ Duo offrent une protection systémique aux cultures affectées et sont appliqués par enrobage des semences. Cette forme d'application maintient le maïs exempt de CLA pendant les tout premiers stades de la culture. D'autres approches de contrôle impliquent des pulvérisations foliaires d'autres pesticides à des stades ultérieurs du développement du maïs. L'utilisation de semences de maïs traitées avec FORTENZA™ Duo permet de réduire considérablement les infestations de chenilles légionnaires d'automne et les dommages causés au maïs. De plus, la plantation de semences de maïs traitées à l'insecticide réduit le nombre de pulvérisations sur le terrain.

Utilisation. La lutte chimique contre la chenille légionnaire d'automne convient à tous les types de zones de culture de maïs en Afrique subsaharienne et peut être envoyée dans les champs en peu de temps, ce qui en fait une bonne option pour lutter contre l'avancée rapide du ravageur et réduire les pertes de rendement à cause de celui-ci. Les programmes nationaux et les sociétés semencières au Zimbabwe et en Zambie ont réussi à distribuer 6 598 tonnes

de semences traitées au FORTENZA™ Duo à plus de 650 000 agriculteurs en deux saisons, grâce auxquelles ils ont protégé environ 264 000 hectares de terres agricoles contre les dommages causés au maïs par la CLA. Le traitement des semences peut nécessiter des pulvérisations d'insecticide de suivi pour éviter une attaque ultérieure par des larves plus grosses, car elles doivent consommer des concentrations beaucoup plus élevées de produits chimiques avant d'y succomber. Cela explique certains des dommages plus importants aux feuilles, aux verticilles et aux épis observés aux stades ultérieurs du développement du maïs.

Composition. FORTENZA™ Duo utilisé pour le traitement des semences contient deux ingrédients actifs - le cyantraniliprole et le thiaméthoxame - qui protègent le maïs contre une gamme d'insectes nuisibles. Les insecticides sont appliqués sur les graines de maïs en les mélangeant avec un agent liant comme la gomme arabique, puis en les vaporisant sur le matériau et en les laissant mélanger et sécher dans un système de mélange rotatif. Les insecticides recommandés pour une utilisation en pulvérisation foliaire plus tard dans la saison de croissance sont Ampligo® (chlorantraniliprole+lamba cyhalothrine), DenimFit® (émamectine benzoate+lufenuron) ou Neconeem® (neem), et sont généralement appliqués à des intervalles de quelques semaines ou en réponse à des dommages à la plante.



Cultures de maïs avec (à gauche) et sans (à droite) traitement de semences Fortenza™ Duo dans une ferme en Zambie

Application. Les graines enduites d'insecticide sont plantées comme n'importe quelle culture de maïs normale en suivant la meilleure gestion du sol et des engrais prescrite pour des zones et des conditions de croissance particulières. FORTENZA™ Duo est rapidement absorbé par les racines et remonte la plante en contrôlant un large éventail de parasites souterrains et aériens, y compris les larves de la chenille légionnaire d'automne. La pulvérisation foliaire de la culture avec des agents de lutte chimique à des stades de croissance ultérieurs est effectuée à l'aide de pulvérisateurs à dos ou montés sur tracteur. Les applicateurs doivent porter un équipement de protection, y compris des gants, des combinaisons et un masque facial lors de la manipulation de ces agents chimiques pour éviter tout contact avec ces substances toxiques. Malgré cet accent mis sur les pesticides, le contrôle de la CLA nécessite une approche intégrée parce qu'il n'y a pas un seul produit qui fera taire le ravageur indéfiniment. Le traitement des semences et la pulvérisation foliaire d'insecticide, ainsi que des variétés améliorées et de bonnes pratiques agronomiques font tous partie de la solution. Des apports d'engrais inorganiques doivent être appliqués pour remédier aux limitations en éléments nutritifs dans les sols afin que la culture pousse vigoureusement. Les infestations de la CLA peuvent être encore réduites par des cultures intercalaires qui repoussent et éloignent le ravageur des cultures de maïs telles que *Brachiaria* et l'herbe à touffes, et les crotalaires.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les semences de maïs enrobées de pesticides sont disponibles dans le commerce dans de nombreux pays d'Afrique et d'autres emboîtent rapidement le pas. Le traitement à l'échelle industrielle des semences avec des agents de contrôle chimique peut être intégré aux processus de production existants. La lutte contre la CLA grâce à des technologies de pesticides intelligentes peut être largement promue en suivant ces étapes: 1) les fabricants enduisent d'insecticide les semences de variétés de maïs adaptées aux conditions des zones de culture, 2) les agriculteurs sont sensibilisés aux avantages des agents de lutte chimique contre la CLA sur la production alimentaire et l'atténuation des risques, et 3) un accès équitable et un soutien financier sont créés pour les fournisseurs locaux et les agriculteurs qui catalysent les investissements et les achats de semences traitées aux insecticides et de pulvérisation foliaire.

Coût de Production. Pour traiter les semences de maïs avec FORTENZA™ Duo, la dose requise est de 6 millilitres par kilogramme de semences, avec un coût approximatif de 0.30 dollars US pour l'insecticide seul. Les agro-commerçants en Afrique Sub-Saharienne vendent des semences de maïs traitées aux insecticides entre 2.0 et 2.5 dollars US le kilogramme. L'embauche d'une main-d'œuvre qualifiée équipée de pulvérisateurs à dos pour appliquer le pesticide sur la canopée du maïs aux stades ultérieurs du développement de la culture coûte environ 25 à 30 dollars US par hectare.



Jeunes pulvérisant du maïs avec un insecticide pour lutter contre la CLA

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. L'utilisation de semences de maïs traitées aux pesticides et la pulvérisation des peuplements cultivés sont destinées à la fois aux agriculteurs de petite échelle et commerciaux. Les pays africains ont rapidement reconnu la menace que représentait la CLA pour la sécurité alimentaire et n'ont pas tardé à accélérer l'approbation réglementaire des mesures de contrôle et à fournir des incitations financières aux efforts de contrôle. L'utilisation de semences de maïs traitées aux insecticides et la pulvérisation foliaire pendant la saison de croissance garantissent des rendements en grains plus élevés et évitent que la récolte ne soit complètement perdue lorsque les terres agricoles sont attaquées par les ravageurs de la CLA. La protection des cultures par des applications d'insecticides garantit que les investissements des agriculteurs ne sont pas perdus et augmente leur rentabilité dans les zones de culture infestées par la chenille légionnaire d'automne.

Exigences de Licence. Les agro-commerçants peuvent avoir besoin d'une licence phytosanitaire et de sécurité des produits pour distribuer des insecticides. La propriété intellectuelle liée à la composition des agents de contrôle chimique est détenue commercialement.

Technologie 10. Gestion Biologique des Aflatoxines

Résumé. Les espèces fongiques communes du sol *Aspergillus flavus* infestent les cultures et les aliments des agriculteurs, produisant un poison cancérigène hautement toxique appelé « aflatoxine ». Il existe une contamination généralisée et sévère par les aflatoxines des principales cultures de base, des aliments pour les animaux et des aliments transformés à travers



Épis de maïs (à gauche) et grains (à droite) affectés par des champignons produisant de l'aflatoxine dangereuse

l'Afrique en raison de conditions météorologiques favorables, de la présence de souches fongiques extrêmement puissantes et de pratiques de manipulation et de stockage après une récolte de qualité inférieure. En Afrique, l'aflatoxine est présente dans le maïs, l'arachide, le manioc, le sorgho et le riz, entre autres. Lorsque les aliments contaminés sont consommés par les humains ou le bétail, l'aflatoxine s'accumule à l'intérieur du corps et cause des dommages importants aux organes et au sang. Cette toxine provoque le cancer du foie, affaiblit les gens contre d'autres maladies et retarde la croissance des enfants. Les animaux comme les vaches, les porcs et les poulets tombent également malades à cause de ce poison, et leur lait, leur viande et leurs œufs peuvent être contaminés à des niveaux élevés d'aflatoxine. La pandémie silencieuse d'aflatoxine en Afrique a des impacts économiques massifs en rendant les aliments impropres à la consommation ou au commerce, en privant les humains de la santé, et en retardant et en tuant les animaux de ferme. Il existe des technologies de lutte biologique contre l'aflatoxine qui utilisent des concurrents naturels plutôt que des produits chimiques industriels, et ont été adoptées de manière sûre et efficace sur des grandes superficies au cours de la dernière décennie. Aflasafe® est un produit fabriqué en Afrique qui réduit considérablement les niveaux d'aflatoxine dans les aliments, et est peu coûteux et rentable, disponible et facile à utiliser. Pour plus d'informations sur cette technologie, contactez le Dr. Charity Mutegi de l'IITA par courrier électronique à l'adresse c.mutegi@cgiar.org.

Description Technique. Les aflatoxines sont extrêmement cancérigènes et constituent une grave menace pour la santé en Afrique, mais qui peut être combattue avec une nouvelle technologie passionnante. Les aflatoxines sont des poisons produits par des espèces fongiques qui demeurent dans le sol et les plantes, et qui peuvent proliférer dans les aliments mal stockés, y compris le maïs. Les graines brutes contaminées entre alors dans l'approvisionnement alimentaire général et, lorsqu'il est utilisé comme aliment pour les volailles et bétails, peut également passer dans les produits d'origine animale tels que les œufs et le lait. L'exposition à l'aflatoxine est associée au retard de croissance chez les enfants, aux lésions hépatiques, au cancer et à d'autres troubles. Les technologies de bio-contrôle de l'aflatoxine, telles que Aflasafe®, utilisent des types inoffensifs du champignon *Aspergillus flavus* qui ne produisent pas et ne peuvent pas produire la toxine. Ces types « atoxiques » occupent le sol et les cultures où ils rivalisent avec leurs homologues toxiques, empêchant les

plus dangereux de contaminer les approvisionnements alimentaires. Les produits Aflasafe® sont sophistiqués en ce sens qu'ils combinent quatre souches différentes d'*Aspergillus*, ayant ainsi de multiples acteurs avec des forces différentes pour lutter ensemble. Les souches particulières d'Aflasafe® sont originaires des pays africains et très courantes dans l'environnement, ce qui signifie que l'équilibre des écosystèmes microbiens n'est pas perturbé. Les souches atoxiques sont enduits sur le grain de sorgho ordinaire pour transférer ces agents de lutte biologique innovants dans les champs des agriculteurs où ils sont diffusés avant le début de la phase de fructification des cultures. Aflasafe® arrête la contamination des aliments jusqu'au point où ils atteignent les consommateurs puisqu'ils sont transportés avec les céréales pendant la récolte, le transport et le stockage. Les technologies de lutte biologique contre l'aflatoxine fonctionnent mieux en combinaison avec d'autres pratiques post-récolte telles qu'un séchage et un stockage appropriés, mais fonctionnent également dans de mauvaises conditions telles que un stockage humide dans des greniers des agriculteurs.



Produit Aflasafe® avec son colorant bleu sur un support de sorgho

Utilisation. La prévention de la contamination des aliments par l'aflatoxine par l'introduction de concurrents naturels de souches vénéneuses est adaptée à tous les types de zones de production en Afrique subsaharienne. Étant donné que l'approche d'Aflasafe® et d'autres produits biologiques pour la gestion des aflatoxines est basée sur l'utilisation de souches fongiques atoxiques naturellement présentes dans les agro-écologies, la technologie est bien adaptée aux conditions locales, notamment la chaleur et la sécheresse. Les produits Aflasafe® contiennent un mélange spécial de souches fongiques qui sont collectées et testées sur plusieurs années dans divers pays, et seules les souches qui détruisent fortement les homologues toxiques sont inclus. L'application de produits de lutte biologique sur les champs des agriculteurs est sensible aux conditions météorologiques, mais même en cas de sécheresse, les spores des champignons atoxiques restent viables et prennent effet plus tard lorsque les conditions de croissance deviennent plus favorables.

Composition. Les ingrédients actifs d'Aflasafe® sont des souches du champignon *Aspergillus flavus* qui ne produisent pas d'aflatoxine. Des combinaisons de quatre souches sont soigneusement adaptées à chaque pays en examinant des milliers de candidats obtenus dans les milieux locaux. Chaque souche est soumise à des tests approfondis sur le terrain pour s'assurer qu'elle est physiquement incapable de produire de l'aflatoxine. Pour Aflasafe®, les grains de sorgho sont utilisés comme porteurs des spores de ces agents de lutte biologique après que les grains ont été tués par torréfaction dans un tunnel thermique. Ce traitement

thermique garantit que le porteur de sorgho ne peut pas germer dans les champs des agriculteurs et devenir une culture indésirable. Une petite quantité d'amidon de maïs est mélangée aux spores pour s'assurer qu'elles adhèrent à la surface du grain porteur en nombre suffisant. Le grain de sorgho agit comme un substrat initial (source de nourriture) pour les champignons atoxiques une fois qu'ils sont appliqués au champ et deviennent activés. Un colorant bleu est également ajouté pour distinguer le produit Aflasafe® des autres sorghos destinés à l'alimentation humaine ou animale. Des supports moins chers que les grains de sorgho, tels que les déchets de pelure de manioc, sont également testés comme supports alternatifs pour l'agent de lutte biologique.



Traitement du champ de maïs pour éviter la contamination par les aflatoxines

Application. Les produits Aflasafe® doivent être épandus dans les champs de cultures 2-3 semaines avant le début de la floraison, ce qui peut être effectué en répandant des poignées sur la surface du sol, ou en utilisant des essoreuses ou des dresseuses latérales montées sur tracteur. Les agriculteurs doivent appliquer Aflasafe® à leurs cultures tôt afin que les souches vénéneuses indigènes ne puissent pas obtenir un avantage concurrentiel. Les agriculteurs doivent être en mesure d'anticiper la floraison pour qu'Aflasafe® soit utilisé le plus efficacement possible. Il est donc important qu'ils surveillent attentivement la croissance des cultures. L'application des produits de lutte biologique doit coïncider avec les précipitations et les conditions de sol humide pour bien s'établir. L'utilisation d'Aflasafe® est très efficace en conjonction avec des programmes de banque de céréales où les agriculteurs mettent en place leurs propres associations de commercialisation pour inspecter, mettre en vrac, stocker et commercialiser le maïs ou l'arachide. Cette stratégie leur permet de vendre leurs produits aux meilleurs prix à des acheteurs et transformateurs alimentaires, tels que les meuniers, mais aussi de mieux contrôler la qualité de leur approvisionnement alimentaire local et de vendre ces aliments sûrs à des prix raisonnables pendant les pénuries de grains de céréales.

Commercialisation et Exigences de Démarrage. Les produits Aflasafe® sont actuellement fabriqués et commercialisés au Burkina Faso, au Ghana, au Kenya, au Malawi, au Mozambique, au Nigeria, au Sénégal, en Tanzanie, en Gambie, en Ouganda et en Zambie. D'autres pays sont en train d'identifier et d'enregistrer les agents de lutte biologique et de construire des installations de production. Les étapes suivantes doivent être prises pour disséminer les stratégies de gestion des aflatoxines parmi les agriculteurs: 1) enregistrer les agents de lutte biologique auprès des autorités nationales et les soutenir tout au long du processus d'évaluation sanitaire, 2) élaborer des plans pour déployer la stratégie de lutte en fonction des conditions locales spécifiques et des conseils des experts, 3) élaborer des accords juridiques de transfert de technologie avec des partenaires qui entrent dans la production d'Aflasafe®, 4) soutenir le démarrage de la fabrication, de la distribution et de la commercialisation par les entreprises et les organisations, et 5) former sur l'assurance qualité et sur l'établissement de contrôles de sécurité. De toute évidence, le soutien du secteur public est nécessaire pour lancer son processus, mais il peut alors être géré par des entreprises de biotechnologie du secteur privé.



Équipement requis pour produire Aflasafe® à l'échelle commerciale

Coût de Production. Les machines nécessaires à la production d'Aflasafe®, telles que le nettoyeur et le torrificateur pour les porteurs de sorgho, le traiteur de semences et l'équipement d'emballage, sont disponibles en vente libre dans toute l'Afrique. Pour une production à grande échelle, un inoculum sec de démarrage pour les souches atoxiques est pratique et peut être utilisé pour le stockage et la manipulation. Ce qui évite le besoin d'un laboratoire stérile pour multiplier les agents et économise considérablement sur les coûts. La production de ces spores peut devenir une entreprise distincte. L'achat et l'installation d'équipements et la construction d'une usine de production d'Aflasafe® au Kenya d'une capacité de 10 tonnes par jour ont coûté 1.2 million de dollars US pour la construction. Les

investissements pour la fabrication et la distribution sont généralement réalisés par les secteurs public et privé. La tâche d'appliquer Aflasafe® sur les champs des agriculteurs est rapide et facile avec une superficie d'un hectare prenant une heure à traiter par quatre personnes. Au dosage requis de 10 kg ha⁻¹, le produit Aflasafe® coûte entre 12 et 20 dollars US, qui devrait être appliqué par les agriculteurs une fois par saison de culture. Les avantages de la protection contre l'aflatoxine sont mieux soutenus par des prix plus élevés pour des produits plus sûrs.

Segmentation de la Clientèle et Rentabilité Potentielle. Les technologies de lutte biologique contre l'aflatoxine sont destinées aux producteurs de petite échelle et commerciaux de maïs. La stratégie est très rentable car le produit est relativement bon marché et génère des retours sur investissement importants. Une enquête menée auprès de petits producteurs de maïs au Nigeria qui utilisaient Aflasafe® a révélé qu'ils gagnaient en moyenne 318 dollars US par an, ce qui a augmenté leur revenu net de 16%. La prévention de la contamination des aliments par le contrôle biologique des aflatoxines permet également aux récoltes africaines d'être vendues sur les marchés internationaux de grande valeur et améliore la production locale pour les éleveurs de bétail et de volaille en garantissant des aliments plus sains. Des études de marché ont démontré que les producteurs de volaille sont prêts à payer une prime de 4% à 20% de plus pour les aliments traités à l'Aflasafe® car c'est bon pour leur entreprise. Parmi les autres avantages de la gestion de l'aflatoxine, citons la réduction de l'incidence des maladies chroniques et du cancer évitables qui mettent à rude épreuve les systèmes de santé et font perdre des revenus aux ménages.

Exigences de Licence. Les fabricants de technologies de lutte biologique contre l'aflatoxine doivent obtenir l'autorisation d'utiliser des souches atoxiques certifiées, puis se conformer aux réglementations nationales concernant la production et la distribution d'agents microbiens. Les agriculteurs n'ont pas besoin de permis pour appliquer Aflasafe® dans leurs champs. Les souches atoxiques d'*Aspergillus flavus* utilisées dans le contrôle biologique ne sont jamais protégées par le droit d'auteur, mais restent les ressources génétiques et la propriété des nations où elles sont découvertes afin qu'elles puissent être utilisées pour un maximum de bien. La plateforme d'incubation d'entreprises de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) est responsable du développement et de la diffusion d'Aflasafe® à travers l'Afrique subsaharienne.

TAAT, Votre Courtier Technologique de Choix

TAAT offre ses services pour l'avancement de l'agriculture modernisée. Il propose un large éventail de technologies nécessaires telles que représentées dans ce catalogue et les regroupe à travers un processus de co-conception en solutions gagnantes. Il reconnaît que l'agriculture modernisée est destinée à être le principal moteur de la croissance économique dans les zones de production de manioc en Afrique. Le changement vise non seulement à assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle, mais aussi à répondre à l'augmentation du commerce et à l'amélioration de la qualité de l'environnement, permettant aux efforts de collaboration de mieux combiner les intérêts mondiaux, nationaux et communautaires. TAAT opère à partir d'une perspective unique pour mobiliser des solutions innovantes grâce à un meilleur partenariat qui comprend un courtage technologique honnête et un développement des compétences efficace et évolutif par le biais de cinq mécanismes clés.

- ☑ **Compréhension unique:** Une expertise est offerte dans les domaines de la caractérisation des systèmes agricoles, de l'identification des problèmes et de la priorisation des investissements.
- ☑ **Solutions innovantes:** Un leadership est fourni en matière de courtage technologique et de regroupement de solutions sur la base d'un portefeuille dynamique de technologies candidates.
- ☑ **Un meilleur partenariat:** Une assistance est offerte pour une meilleure co-conception et la gestion de projets favorisant la transformation de l'agriculture.
- ☑ **Approches reproductibles:** Une assistance est disponible pour faire progresser les compétences en courtage technologique et en gestion de projet grâce à une formation personnalisée des formateurs.
- ☑ **Courtage honnête:** une capacité indépendante d'évaluation d'impact et d'apprentissage constructif est obtenue grâce à un suivi - évaluation standardisé.

Ces mécanismes de partenariat s'appliquent aux technologies présentées dans ce catalogue comme suit:

1. **Variétés améliorées de maïs.** Les dernières variétés améliorées de maïs en termes de tolérance à la sécheresse, de lutte contre le striga parasite et de biofortification nutritive sont fournies par TAAT aux autorités nationales pour les essais et l'approbation, et lors de la vulgarisation, une assistance est fournie pour la conception de systèmes semenciers qui accélèrent la production de semences et la distribution aux agriculteurs. Alternativement, la distribution d'urgence de semences importées directement aux agriculteurs peut être organisée pour lutter contre les pénuries alimentaires du projet. *Ces services sont organisés par la TAAT et l'IITA avec son partenaire, la Fondation pour la technologie agricole africaine (AATF).*
2. **Licences commerciales accélérées pour les variétés améliorées et les hybrides.** Partenaire du Compact Maïs de TAAT, l'AATF exploite un mécanisme qui accélère et soutient l'octroi de licences de variétés et d'hybrides de maïs améliorés aux producteurs de semences commerciales. Les mécanismes TEGO® et TELA® sont non seulement extrêmement utiles à ceux qui ont l'intention d'autoriser et de produire ces variétés de maïs améliorées, mais ils servent de modèle à d'autres pour la distribution des variétés

améliorées d'autres cultures, en particulier celles offrant une résilience environnementale aux variations climatiques. *Ces services sont organisés par TAAT via son partenaire AATF.*

3. **Améliorer les cultures agricoles à base de maïs.** Bien que ce catalogue présente plusieurs technologies clés liées à la culture du maïs, il ne se veut pas un manuel du producteur. En même temps, il reconnaît que les agriculteurs modernes s'intéressent non seulement à la production de produits uniques tels que le maïs, mais plutôt à la mise en place de systèmes de culture à haut rendement et rentables. Pour cette raison, ce catalogue comprend des services de mécanisation, des stratégies d'engrais, une production intégrée de céréales et de légumineuses et la gestion des mauvaises herbes et des insectes nuisibles. Toutes ces technologies sont destinées à traverser les entreprises agricoles individuelles et à aider les agriculteurs africains à moderniser leurs systèmes dans leur ensemble. *Permettre à TAAT et à son expertise de partenariat dans la gestion des sols et de l'eau de l'Institut International de Gestion de l'Eau (IMWI) et du Centre International de Développement des Engrais (IFDC) d'aider à la conception de systèmes de culture plus robustes, mieux à même de surmonter les variations climatiques liées aux combinaisons de chaleur, de sécheresse, d'inondations, etc. ravageurs et agents pathogènes en évolution rapide.*
4. **Perspective des systèmes alimentaires.** L'agriculture, l'alimentation, la nutrition et la santé publique s'unifient dans la perspective commune des systèmes alimentaires après avoir été fragmentées en disciplines individuelles pendant de nombreuses années. TAAT propose des technologies liées aux aliments enrichis sur le plan nutritionnel, exigeant que les cultures biofortifiées soient introduites de manière multidisciplinaire pour atteindre les effets escomptés. Permettez à TAAT d'aider à développer une perspective de systèmes alimentaires plus avancés et de fournir les cultures biofortifiées et les technologies de gestion associées nécessaires pour obtenir des cultures, des animaux et des personnes plus sains. *En effet, TAAT et tous ses partenaires détiennent une expertise dans les systèmes alimentaires et se sont engagés à transformer l'agriculture du point de vue de l'alimentation, de la nutrition et de la santé.*

Soyez assuré que TAAT est prêt à établir des partenariats avec des investisseurs dans le développement, des projets nationaux et les acteurs du secteur privé en fonction de la demande; toujours dans un esprit de participation à la co-conception et à la mise en œuvre collaborative de solutions qui font avancer la modernisation de l'agriculture africaine.



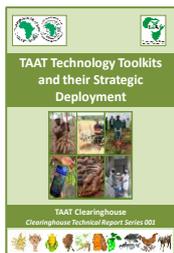
Conclusions

Ce catalogue offre une grande variété d'options pour moderniser la production de maïs en Afrique. Il identifie des variétés à haut rendement qui résistent à la sécheresse et aux ravageurs perniciose, et des moyens d'améliorer la valeur nutritionnelle de cette céréale de base. Il offre de meilleures options pour la production à grande échelle de semences de maïs améliorées grâce aux mécanismes existants d'octroi de licences commerciales, et l'accès à l'équipement agricole mécanisé grâce à des plateformes pour établir des contrats entre les propriétaires, les courtiers et les agriculteurs. Le catalogue améliore la gestion des engrais et des éléments nutritifs du sol dans la culture du maïs en proposant des intrants minéraux équilibrés en pré-semis et en surface ainsi que des cultures mixtes avec des légumineuses pour augmenter les stocks d'azote souterrains dans les sols des terres cultivées. Le catalogue améliore aussi la gestion des mauvaises herbes en signalant les avantages des herbicides spécifiques à appliquer pendant les premières étapes du cycle de production du maïs. Il fournit également des informations sur la mise en œuvre technico-économique des stratégies de lutte contre la légionnaire d'automne par enrobage des semences et pulvérisation d'agents chimiques. Il dispose également d'une biotechnologie qui empêche les contaminants d'aflatoxine d'intégrer les systèmes alimentaires. Le grain de maïs est un aliment humain important, mais il peut également être transformé en farine de haute qualité et éventuellement en amidon à partir duquel une grande variété de produits peut être fabriquée. En outre, les tiges de maïs sont largement utilisées comme fourrage pour le bétail et sont importantes pour le paillage et le maintien du carbone du sol. Les technologies présentées dans cette boîte à outils offrent aux communautés productrices de maïs en Afrique les moyens d'accéder à la chaîne de valeur et au marché mondial, ce qui augmente les revenus des petits agriculteurs et des entreprises agroalimentaires commerciales.

Ce catalogue a été préparé en pensant à une variété d'utilisateurs, qu'ils soient producteurs, agents de développement agricole ou investisseurs du secteur privé. Les agriculteurs peuvent utiliser bon nombre de ces éléments du catalogue comme directives de production. Ceux du secteur public peuvent utiliser le catalogue dans son ensemble et concevoir des projets agricoles impliquant le maïs autour de sa boîte à outils de technologies de modernisation. Les membres du secteur privé, y compris les producteurs de semences, les fabricants d'intrants, les transformateurs et les investisseurs bénéficient également du contenu de ce catalogue. En effet, le Bureau de Coordination Technique du Programme des Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique souhaite recevoir des commentaires sur son contenu.



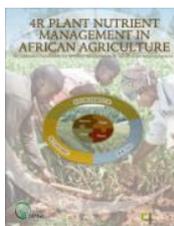
Sources d'Information



TAAT Clearinghouse. 2018. **TAAT Technology Toolkits and their Strategic Deployment**. Clearinghouse Technical Report Series 001, Technologies for African Agricultural Transformation, Clearinghouse Office, Cotonou, Benin. 18 pp.



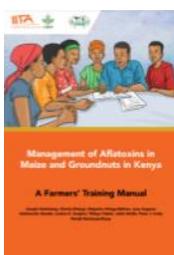
MacRobert, J, Setimela, P, Gethi, J, and Worku Regasa, M. 2019 (updated version). **Maize hybrid seed production manual**. CIMMYT, Mexico City, Mexico. 26 pp.



Zingore, S, Njoroge, S, Chikowo, R, Kihara, J, Nziguheba, G, and Nyamangara, J. 2014. **4R Plant Nutrient Management in African Agriculture. And extension handbook for fertilizer management in smallholder farming systems**. IFDC, Nairobi, Kenya. 90pp.



Baijukya, F, Wairegi, L, Giller, K, Zingore, S, Chikowo, R, and Mapfumo, P. 2016. **Maize-legume cropping guide**. Africa Soil Health Consortium, Nairobi, Kenya. 88pp.



Atehnkeng, J, Mutegi, C, Ortega-Beltran, A, Augusto, J, Akande, A, Senghor, L, Falade, T, Akello, J, Cotty, P, and Bandyopadhyay, R. 2018. **Management of Aflatoxins in Maize and Groundnuts in Kenya: A Farmers' Training Manual**. IITA, Nairobi, Kenya. 25pp.



FAO and CABI. 2019. **Fall Armyworm Field Handbook: Identification and Management, First Edition**. FAO, Rome, Italy. 36pp.

Remerciements

Ce catalogue de boîtes à outils technologiques TAAT résulte d'un mélange unique de deux efforts parallèles, le Programme « Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique » (TAAT) et la Plateforme de Produits pour les Solutions Agricoles (ProPAS). Dries Roobroeck et Paul L. Woomer du Bureau de Coordination Technique du TAAT ont compilé ce catalogue. Jonga Munyaradzi de l'AATF est le responsable du Compact Maïs de TAAT, et avec son équipe ils font progresser les technologies présentées dans ce catalogue à travers l'Afrique. Caroline Akinyi et Phaniel Ayuka ont aidé à la construction du site Internet ProPAS (voir <http://propas.iita.org/>) et leurs efforts ont été supervisés par Bernard Vanlauwe, Tonny Omwansa et Olatunbosun Obileye de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA). Le Bureau de Coordination Technique du TAAT est financé par la Fondation Bill et Melinda Gates et le programme TAAT élargi, y compris son Compact Maïs, est soutenu par le Fonds africain de développement de la Banque Africaine de Développement. Pour plus d'informations sur le programme TAAT, veuillez visiter son site Web à l'adresse <https://www.iita.org/technologies-for-african-agricultural-transformation-taat/>.

Technologies pour la Transformation Agricole en Afrique (TAAT) et son Bureau de Coordination Technique

L'objectif de développement de TAAT est d'élargir rapidement l'accès des petits agriculteurs aux technologies agricoles à haut rendement qui améliorent leur production alimentaire, assurent la sécurité alimentaire et augmentent les revenus ruraux. Cet objectif est atteint en fournissant des biens publics régionaux pour une mise à l'échelle rapide des technologies agricoles dans des zones agro-écologiques similaires. Ce résultat est obtenu grâce à trois mécanismes principaux: 1) la création d'un environnement propice à l'adoption de la technologie par les agriculteurs, 2) la facilitation de la fourniture efficace de ces technologies aux agriculteurs grâce à une infrastructure régionale de livraison de technologie structurée et 3) l'augmentation de la production et la productivité agricoles grâce à des interventions stratégiques comprenant des variétés de cultures et des races animales améliorées, accompagnés de bonnes pratiques de gestion et campagnes vigoureuses de sensibilisation des agriculteurs au niveau des pays membres régionaux (PMR). Les rôles importants des politiques saines, de l'autonomisation des femmes et des jeunes, du renforcement des systèmes de vulgarisation et de l'engagement avec le secteur privé sont implicites dans cette stratégie. Le Bureau de Coordination Technique est l'organe au sein de TAAT qui décide quelles technologies doivent être diffusées. En outre, il est chargé de guider le déploiement de technologies agricoles éprouvées à l'échelle d'une manière commercialement durable grâce à l'établissement de partenariats qui donnent accès à l'expertise requise pour concevoir, mettre en œuvre et suivre l'avancement des campagnes de diffusion des technologies. De cette façon, le Bureau de Coordination Technique est essentiellement une plate-forme d'incubation de transformation agricole, visant à faciliter les partenariats et à renforcer les programmes nationaux de développement agricole pour atteindre des millions d'agriculteurs avec des technologies agricoles appropriées

Dr. Innocent Musabyimana, Chef du Bureau de Coordination Technique du TAAT

Photo de couverture arrière: Semences de maïs pour la multiplication de TEGO® sous licence commerciale (gauche), et femmes appliquant Aflasafe® pour éviter la contamination des cultures de maïs (droite). Crédits photos: Fondation Africaine pour la Technologie Agricole (AATF) et Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA).



Catalogue de la Boîte à Outils des Technologies sur le Maïs



En collaboration avec

